



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

2023
ГОДОВОЙ ОТЧЕТ



ОИЯИ

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

2023
ГОДОВОЙ ОТЧЕТ

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

ISBN 978-5-9530-0616-3

© Объединенный институт ядерных исследований, 2024

ГОСУДАРСТВА-ЧЛЕНЫ ОИЯИ



ГОСУДАРСТВА-ЧЛЕНЫ ОИЯИ

Азербайджанская Республика
Республика Армения
Республика Белоруссия
Республика Болгария
Социалистическая Республика Вьетнам

Грузия
Арабская Республика Египет
Республика Казахстан
Корейская Народно-Демократическая Республика
Республика Куба

Республика Молдова
Монголия
Российская Федерация
Румыния
Словацкая Республика
Республика Узбекистан

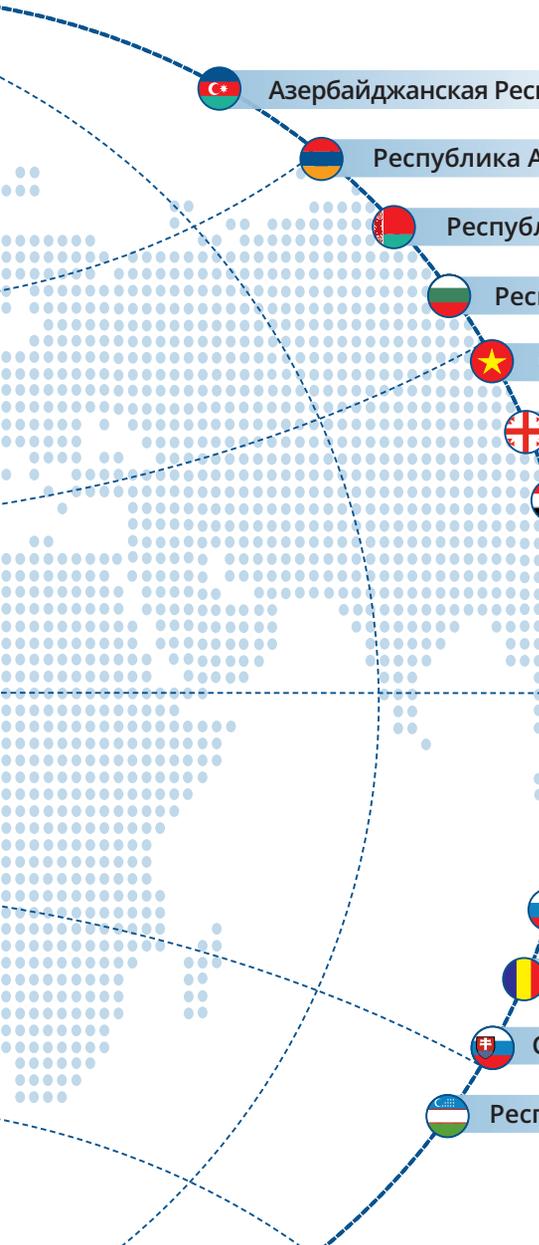
ГОСУДАРСТВА, С КОТОРЫМИ ЗАКЛЮЧЕНЫ СОГЛАШЕНИЯ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ НА ПРАВИТЕЛЬСТВЕННОМ УРОВНЕ

Венгрия
Федеративная Республика Германия
Итальянская Республика
Республика Сербия
Южно-Африканская Республика



РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ОИЯИ

- 
-  Азербайджанская Республика – А. М. Гашимов
 -  Республика Армения – С. С. Айоцян
 -  Республика Белоруссия – С. В. Шлычков
 -  Республика Болгария – Ц. Бачийски
 -  Социалистическая Республика Вьетнам – Чан Туан Ань
 -  Грузия – А. Хведелидзе
 -  Арабская Республика Египет – М. Сакр
 -  Республика Казахстан – С. К. Сахиев
 -  Коре́йская Народно-Демократи́ческая Респу́блика – не назначен
 -  Республика Куба – Г. Вальвин Салас
 -  Республика Молдова – В. В. Урсаки
 -  Монголия – С. Даваа
 -  Российская Федерация – В. Н. Фальков
 -  Румыния – Ф.-Д. Бузату
 -  Словацкая Республика – Ф. Шимковиц
 -  Республика Узбекистан – Б. С. Юлдашев

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

- Н. Аламанос –
Французская Республика
- А. Апраамян –
Соединенные Штаты Америки
- Ц. Баатар –
Монголия
- Бом Хун Ли –
Республика Корея
- К. Борча –
Румыния
- Н. Буртебаев –
Республика Казахстан
- Ван Ифан –
Китайская Народная Республика
- З. Вилакази –
Южно-Африканская Республика
- В. В. Воеводин –
Российская Федерация
- Р. Гранада –
Аргентинская Республика
- С. Н. Калмыков –
Российская Федерация
- С. Я. Килин –
Республика Белоруссия
- М. В. Ковальчук –
Российская Федерация
- Г. Лаврелашвили –
Грузия
- Ле Хонг Кхьем –
Социалистическая Республика Вьетнам
- Ли Цзяньган –
Китайская Народная Республика
- П. В. Логачев –
Российская Федерация
- С. А. Максименко –
Республика Белоруссия
- В. А. Матвеев –
Российская Федерация
- Ш. Нагиев –
Азербайджанская Республика

- Д. Л. Надь –
Венгрия
- А. Нерсисян –
Республика Армения
- Н. Нешкович –
Республика Сербия
- И. Падрон Диас –
Республика Куба
- Ю. Палий –
Республика Молдова
- Д. Перес Менесес –
Федеративная Республика Бразилия
- Р. Рашков –
Республика Болгария
- И. И. Садилов –
Республика Узбекистан
- А. М. Сергеев –
Российская Федерация
- М. Спиро –
Французская Республика
- Ч. Стоянов –
Республика Болгария
- Г. Стратан –
Румыния
- Г. В. Трубников –
Российская Федерация
- Р. Ценов –
Республика Болгария
- И. Церруя –
Государство Израиль
- Чан Ти Тхань –
Социалистическая Республика Вьетнам
- А. М. Четто Крамис –
Мексиканские Соединенные Штаты
- Чжао Хунвэй –
Китайская Народная Республика
- А. Эль-хаг Али –
Арабская Республика Египет
- Б. С. Юлдашев –
Республика Узбекистан

ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ КОМИТЕТЫ

ПКК по физике частиц

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

ПКК по ядерной физике

Председатель – В. В. Несвижевский
Ученый секретарь – Н. К. Скобелев

ПКК по физике конденсированных сред

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

СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова



Директор Д. И. Казаков

Исследования:

- взаимодействий и свойств симметрии элементарных частиц, структуры теории поля и ее приложений
- свойств экзотических ядер и ядерных систем, низкоэнергетической и релятивистской ядерной динамики, ядерной астрофизики
- математических моделей сложных систем, комплексных материалов и наноструктур
- интегрируемых систем, суперсимметрии, квантовой гравитации, теории струн

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина



И. о. директора А. В. Бутенко

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
- прикладные, на комплексе NICA с использованием инфраструктуры ARIADNA

Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Дзелепова



Директор Е. А. Якушев

Исследования:

- физики нейтрино и редких процессов
- сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий
- ядерной спектроскопии
- методов ускорения заряженных частиц
- прикладные и радиобиологические

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова



Директор С. И. Сидорчук

Исследования:

- синтез сверхтяжелых элементов
- свойств тяжелых и сверхтяжелых элементов, механизмов ядерных реакций с тяжелыми ионами
- реакций на пучках радиоактивных ядер, структуры ядер на границах нуклонной стабильности
- взаимодействия тяжелых ионов с конденсированными средами
- методов ускорения тяжелых ионов

ДИРЕКЦИЯ

Директор **Г. В. Трубников**
Научный руководитель **В. А. Матвеев**
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 нейтронной физики им. И. М. Франка

Директор **Е. В. Лычагин**

Исследования:

- ядерных реакций под действием нейтронов
- фундаментальных свойств нейтрона
- структуры и динамики функциональных материалов
- наноматериалов для накопителей энергии
- материалов методами рассеяния нейтронов, нейтронно-активационного анализа, нейтронной радиографии и комплементарными методами
- динамических характеристик импульсного реактора ИБР-2 и перспективного нейтронного источника



Лаборатория информационных технологий им. М. Г. Мещерякова

Директор **С. В. Шматов**

Исследования:

- по обеспечению развития и функционирования сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ
- оптимальных возможностей использования международных компьютерных сетей и информационных систем
- по интеграции разнородных вычислительных ресурсов
- современных средств вычислительной физики, создание и развитие стандартного математического обеспечения
- по цифровизации научной и административной деятельности ОИЯИ



Лаборатория радиационной биологии

Директор **А. Н. Бугай**

Исследования:

- по молекулярной радиобиологии
- по радиационной генетике и цитогенетике
- по медицинской радиобиологии
- по радиационной физиологии и нейрорадиобиологии
- по радиационной биофизике и математическому моделированию
- по астробиологии



Учебно-научный центр

Директор **Д. В. Каманин**

Направления деятельности:

- образовательная программа для студентов старших курсов вузов, подготовка квалификационных работ
- проведение международных студенческих практик и школ
- распространение современных научных знаний
- проведение научных школ для учителей физики
- профориентационная работа со школьниками
- повышение квалификации ИТР Института

Общеинститутские службы

- Общеинститутские научные и информационные отделы
- Административно-хозяйственные подразделения
- Производственные подразделения

ВВЕДЕНИЕ



2023 год стал для большого интернационального коллектива Института годом успешного завершения Семилетней программы 2017–2023 гг. Несмотря на сложные обстоятельства, связанные с резким ухудшением геополитической ситуации, ОИЯИ добился впечатляющих результатов как в развитии крупной исследовательской инфраструктуры, так и в научных исследованиях на благо стран-участниц Института.

Важным итогом года стало утверждение Комитетом полномочных представителей ОИЯИ нового Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. План содержит масштабную многодисциплинарную программу научных исследований, отвечающую задачам развития науки и технологий в государствах-членах Института, нацеленную на приумножение интеллектуального потенциала Института, а также на укрепление

ОИЯИ как одной из крупнейших в мире международных научных организаций.

В 2023 г. был получен ряд важнейших научных результатов по широкому спектру направлений фундаментальных и прикладных исследований.

Результаты исследований ученых Лаборатории теоретической физики, опубликованные в двух монографиях и более чем 400 статьях в ведущих научных журналах и материалах международных конференций, направлены на решение наиболее интересных и актуальных проблем современной теоретической и математической физики, значительная часть которых тесно связана с программой экспериментальных исследований Института.

Продолжались активные работы в рамках мегапроекта NICA. В 2023 г. практически завершены общестроительные работы. Запущен в эксплуатацию инжекционный комплекс коллайдера, включающий в себя криогенный источник и линейный ускоритель тяжелых ионов, синхротроны бустер и нуклотрон. Завершено производство и криогенные испытания модулей магнитной системы коллайдера. Подготовлены к вводу в эксплуатацию система электроснабжения коллайдера и новая криогенная компрессорная станция. Начата реализация образовательной программы по обучению персонала для ввода в эксплуатацию и дальнейшей работы обслуживания комплекса NICA.

В ходе рекордного по длительности сеанса в эксперименте BM@N началась физическая программа, в которой набралось более полумиллиарда событий. Впервые весь комплекс компьютерной инфраструктуры ОИЯИ был задействован для хранения и реконструкции экспериментальных данных этого эксперимента. В результате реконструкции данных эксперимента BM@N, в частности, получены статистически значимые сигналы Λ^- и Ξ^- -гиперонов и K -мезонов для дальнейшего физического анализа. Стартовала программа прикладных исследований ARIADNA на NICA на основе станций СОЧИ, СИМБО и ИСКРА.

Производство всех компонентов детектора MPD первой стадии идет практически по плану, с минимальными задержками. Коллаборация SPD разработала обновленный технический

проект детектора SPD, детальное рассмотрение которого проведет новый международный экспертный комитет (Detector Advisory Committee, DAC), сформированный в декабре 2023 г.

На фабрике сверхтяжелых элементов впервые в мире выполнены эксперименты по синтезу изотопов дармштадтия в реакциях слияния $^{48}\text{Ca} + ^{232}\text{Th}$ и $^{40}\text{Ar} + ^{238}\text{U}$, а также изотопов ^{116}Lv в реакции $^{54}\text{Cr} + ^{238}\text{U}$. Впервые получен изотоп ^{273}Ds в реакции холодного и горячего синтеза. Открыто пять новых сверхтяжелых нуклидов: ^{288}Lv , $^{275,276}\text{Ds}$, ^{272}Hs и ^{268}Sg . Выполненные исследования имеют принципиальное значение для постановки экспериментов по синтезу новых элементов Периодической таблицы Д. И. Менделеева. Модернизация У-400М близка к завершающей стадии. Закончен первый этап работ по монтажу нового ускорителя ДЦ-140 для прикладных исследований. В 2023 г. были выполнены все подготовительные работы, включая бурение и заливку 763 буронабивных свай, и в декабре осуществлена заливка бетона в фундамент нового экспериментального корпуса ускорительного комплекса У-400Р.

В ходе байкальской экспедиции 2023 г. коллаборация Baikal-GVD установила два новых кластера оптических модулей. Таким образом, эффективный объем глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD достиг 0,6 км³, благодаря чему детектор остается крупнейшим нейтринным телескопом в Северном полушарии.

Следует также отметить успешное участие Института в работе коллабораций в ЦЕРН (Женева), в частности в эксперименте NA64 (SPS), а также высокий уровень активности ОИЯИ в выполнении своих обязательств по программе второго этапа модернизации детекторов ATLAS, CMS и ALICE на LHC.

Своевременно выполнены работы по техническому обслуживанию исследовательского реактора ИБР-2, которые позволят продолжить штатную эксплуатацию реактора в 2024 г. Получил существенное развитие комплекс спектрометров Лаборатории нейтронной физики, в частности, детектор обратного рассеяния с широкой апертурой (BSD-A) для фурье-дифрактометра высокого разрешения, детектор малоуглового рассеяния нейтронов (SANSARA) и спектрометр неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии (BJN).

В числе важных итогов года — стабильная работа и дальнейшее развитие Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ, включая суперкомпьютер «Говорун», производительность которого значительно возросла. GPU-компонент суперкомпьютера был расширен пятью новыми серверами с восемью графическими процессорами каждый для решения задач машинного и глубокого обучения. Распределенная платформа DIRAC очень интенсивно использовалась для поддержки экспериментов NICA MPD, BM@N и SPD, а также ней-

тринного телескопа Baikal-GVD. Велась работа по расширению функционала «Цифровой экосистемы ОИЯИ».

Радиобиологи ОИЯИ разработали принципиально новый метод усиления биологической эффективности пучков протонов медицинского назначения с помощью препарата АраЦ. Показано, что введение АраЦ усиливает противоопухолевое действие протонного излучения. Выполнен анализ формирования хромосомных aberrаций в клетках карциномы и нормальных лимфоцитах крови человека при облучении гамма-квантами и протонами.

Яркие результаты получены учеными Института в области прикладных исследований, связанных с науками о жизни и физикой конденсированных сред, на основе разработанной в ОИЯИ межлабораторной программы исследований. Так, с использованием нейтронно-активационного анализа и масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой были выполнены уникальные экологические исследования донных отложений Нила и бассейнов Средиземного и Красного морей для Арабской Республики Египет.

В 2023 г. была завершена работа по созданию новой архитектуры Проблемно-тематического плана ОИЯИ, дающей прозрачное представление о структуре и ресурсном обеспечении научных проектов Института.

В сфере международного сотрудничества произошли знаковые события. Подписан протокол об укреплении сотрудничества в области фундаментальных научных исследований между Китайской академией наук, ОИЯИ и профильными министерствами КНР и РФ. Сформирован координационный комитет, отобраны 18 проектов для поэтапной совместной реализации. Подписано соглашение с Советом по науке и технологиям Мексики, поддержаны четыре совместных научных проекта.

Развивается сотрудничество с Индией, Бразилией, Пакистаном и Арабским агентством по атомной энергии, в штаб-квартире которого, в Тунисе, был открыт Инфоцентр ОИЯИ. Сделаны шаги по развитию и укреплению международного сотрудничества с Арменией, Вьетнамом, Египтом, Казахстаном, Кубой, Сербией и ЮАР.

Институт принял всестороннее участие в проведении объявленного ООН международного Года фундаментальных наук, а также активно включился в Десятилетие науки и технологий в стране местопребывания ОИЯИ.

Для Института высококвалифицированные кадры — это главное условие для достижения значительных научных результатов. Успешно работали диссертационные советы ОИЯИ, в 2023 г. было защищено 29 диссертаций.

В мае 2023 г. филиал МГУ в Дубне, образованный по инициативе ОИЯИ и МГУ, прошел сертификацию и получил право в рамках общей лицензии МГУ на осуществление образовательной деятельности по программам магистратуры

«Физика элементарных частиц» и «Фундаментальная и прикладная ядерная физика». Также согласована магистерская программа «Методы и технологии обработки данных в гетерогенных вычислительных средах».

Расширяются образовательные программы Института, вводятся новые форматы сотрудничества и привлечения молодежи. Сотрудниками ОИЯИ был подготовлен новый учебно-методический комплект для изучения физики на углубленном уровне «Физика 7–9. Инженеры будущего». Для каждого класса подготовлены учебник, задачник, тетрадь-тренажер, методическое пособие для учителя, а также различные электронные образовательные ресурсы. Учебники прошли все необходимые экспертизы и приказом Министерства просвещения включены в Федеральный перечень учебников для российской школы.

Произошел ряд позитивных преобразований в социальной инфраструктуре. Была синхронизирована деятельность финансовых служб Института и хозрасчетных подразделений. Отремонтированы помещения Учебно-научного центра и Дома физкультуры ОИЯИ. Утвержден план развития дома отдыха «Ратмино». Проведена модернизация главной электрической подстанции на площадке ЛФВЭ, питающей в том числе комплекс NICA, полным ходом идет реконструкция подстанции ГПП-2 на площадке ЛЯП.

Еще один крупный инфраструктурный проект — ремонт пешеходно-велосипедного и автомобильного контрольно-пропускных пунктов на площадке ЛЯП, где уже заработала современная и комфортабельная пешеходная проходная.

В конце мая произошло жизненно важное событие для наукограда Дубна — в медсанчасти №9 ФМБА России при поддержке ОИЯИ появился передовой сосудистый центр, в котором к настоящему времени проведено уже более 400 операций. Благодаря участию ОИЯИ открыты отделение гемодиализа, центр медицинской реабилитации, «умная палата» и др.

Выполняя Семилетний план развития, Институт неуклонно наращивал свой потенциал, вкладывал ресурсы в строительство новых установок. На этом пути наши ученые, инженеры и специалисты смогли добиться блестящих результатов, делая максимум для достижения стоящих перед нами целей, благодаря чему Институту удалось сохранить положение устойчивого развития, обеспечив себе роль одного из лидеров на мировом научном ландшафте, всей своей деятельностью подтверждая принцип — «Наука сближает народы».

Все это дает нам право уверенно смотреть в будущее. Семилетка 2024–2030 гг. открывает первую страницу с ожиданием новых свершений на переднем крае науки.



Г. В. ТРУБНИКОВ,
директор
Объединенного института
ядерных исследований

JOINT INSTITUTE
FOR NUCLEAR RESEARCH

Session of the Committee of Plenipotentiaries

10-11 November 2023
Almaty, Kazakhstan



РУКОВОДЯЩИЕ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ПРАВИТЕЛЬСТВ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ОИЯИ

СЕССИЯ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ, 24 марта 2023 г.

Очередная сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 24 марта в Дубне под председательством полномочного представителя Правительства Грузии А. Хведелидзе.

Заслушав доклад директора Института Г. В. Трубникова, КПП принял к сведению информацию дирекции Института о рекомендациях 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ, исполнении текущего Семилетнего плана развития ОИЯИ, вкладе стран-участниц в осуществление крупных проектов Института, новых полученных научных и научно-технических результатах и наиболее важных событиях, относящихся к научно-образовательной деятельности и международному сотрудничеству ОИЯИ.

КПП с удовлетворением отметил:

— успешное завершение 4-го технологического цикла ускорительного комплекса NICA, ставшего самым продолжительным в истории ЛФВЭ (более 3400 ч), успешный ввод в эксплуатацию цепи инжекции, включая совместную работу всех ее элементов, оптимизацию динамики пучка, работу электронного охлаждения, тестирование станции СОЧИ с тяжелыми ионами, калибровку новой системы диагностики и модернизацию вакуумной системы в линии выведенного пучка;

— успех Института в обеспечении длительной стабильной работы ускорительного комплекса эксперимента BM@N впервые в полной конфигурации, регистрацию более 550 млн событий с пучком Хе, что позволило начать физический анализ полученных данных;

— успешную работу коллаборации MPD и коллектива ЛФВЭ по созданию всех компонентов детектора MPD, необходимых для технологического запуска в 2023 г., включая криогенику, системы управления и питания, подсистемы детектора и другое оборудование;

— успешное участие Института в работе коллабораций в ЦЕРН и высокий уровень готовности ОИЯИ к выполнению своих обязательств по программе второго этапа модернизации детекторов ATLAS, CMS и ALICE на LHC в ЦЕРН;

— прогресс в разработке глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD для наблюдения естественных потоков нейтрино и регистрацию 24 событий, указывающих на наличие потока изотропных нейтрино астрофизической природы;

— успешное продолжение экспериментов на фабрике сверхтяжелых элементов с использованием сепаратора ГНС-2, в частности, по синтезу новых изотопов дармштадтия и сиборгия, а также продолжение подготовки экспериментов по изучению химических свойств элементов 114 (Fl) и 112 (Cn) на сепараторе ГНС-3 (GRAND), запланированных на второе полугодие 2023 г.;

— информацию о ходе выполнения плана работ по подготовке продолжения штатной эксплуатации исследовательского реактора ИБР-2, обратив внимание на необходимость возобновления в возможно короткие сроки международной пользовательской программы экспериментов на ИБР-2 с расчетом, что Российская Федерация, как страна местопребывания ОИЯИ, окажет необходимую поддержку;

— дальнейшее 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;

— успешное развитие МИВК ОИЯИ, включая проведенную в 2022 г. модернизацию суперкомпьютера «Говорун», в результате которой его производительность достигла 1,1 ПФлопс, а общая емкость иерархического хранилища выросла до 8,6 ПБ. По производительности Tier-1 ОИЯИ в 2022 г. занял первое место в мире среди других центров Tier-1 для эксперимента CMS. С использованием распределенной платформы DIRAC выполняется программа сеансов массового моделирования данных эксперимента MPD: более 1,283 млрд событий смоделированы, 440 млн событий реконструированы, общий объем полученных данных превышает 1,3 ПБ;



Дубна, 26 марта. Торжественное собрание, посвященное 67-летию ОИЯИ, в Доме культуры «Мир»



— значительный прогресс в создании платформы «Цифровая экосистема ОИЯИ» (JINR Digital EcoSystem) по интеграции сервисов для поддержки научной, административной и финансово-экономической деятельности, а также обслуживания инженерной и IT-инфраструктуры Института. КПП поддержал активное внедрение платформы.

КПП приветствовал подписание Совместной декларации о намерениях в отношении сотрудничества в области фундаментальных и инновационно-прикладных научных исследований между Национальным советом по науке и технологиям — СОНАНСУТ (Мексика) и ОИЯИ в феврале 2023 г. и Протокола между Министерством науки и высшего образования РФ, Министерством науки и технологий КНР, ОИЯИ и Китайской академией наук об укреплении сотрудничества в области фундаментальных научных исследований на правительственном уровне в марте 2023 г.

Заслушав и обсудив доклад руководителя Департамента бюджетной и экономической политики Института Н. В. Калинина «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2022 г. и о проекте уточненного бюджета ОИЯИ на 2023 г.», КПП утвердил сводную итоговую корректировку расходов бюджета ОИЯИ на 2022 г., уточненный бюджет ОИЯИ на 2023 г. по доходам в сумме 203 485,9 тыс. долларов США и расходам в сумме 274 998,5 тыс. долларов США с учетом положительного входящего сальдо в объеме 49 021,9 тыс. долларов США; одобрил новую структуру бюджета ОИЯИ для планирования бюджета, начиная с 2024 г.

По докладу председателя Финансового комитета А. В. Омельчука «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 22 марта 2023 г.» КПП поручил дирекции Института и рабочей группе при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ доработать проект нового правила нижних пределов взносов государств-членов, учитывающего долю расходов на персонал в бюджете ОИЯИ, а также обеспечение расходов на развитие Института, и представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета ОИЯИ и утверждения на сессии КПП правительств государств-членов ОИЯИ в ноябре 2023 г.

КПП утвердил ориентировочные взносы и шкалы взносов государств-членов на 2024, 2025, 2026 гг. без учета долей государств, вышедших из состава ОИЯИ (Республика Польша, Украина, Чешская Республика) и государств с приостановленным членством (Корейская Народно-Демократическая Республика, Словацкая Республика).

КПП определил ориентировочные размеры бюджета ОИЯИ на 2024 г. по доходам в сумме 215,9 млн долларов США и расходам в сумме 269,2 млн долларов США, на 2025 г. по доходам в сумме 227,3 млн долларов США и расходам в сумме 269,9 млн долларов США, на 2026 г. по доходам в сумме 239,3 млн долларов США и расходам в сумме 274,7 млн долларов США.

КПП одобрил предложение дирекции Института по снижению эксплуатационных расходов ОИЯИ и передаче городскому округу Дубна части внешних инженерных сетей, расположенных вне площадок ОИЯИ.

Комитет утвердил порядок практической реализации постановления КПП ОИЯИ о приостановлении прав, привилегий и обязательств Словацкой Республики в ОИЯИ.

Приняв к сведению информацию, представленную дирекцией Института, по выбору аудиторской организации для проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2022 г. по специальному заданию, КПП утвердил план аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ и ООО АК «Корсаков и Партнеры» аудитором ОИЯИ за 2022 г., уполномочив ее провести аудиторскую проверку финансовой деятельности Института за указанный период.

По докладу директора Института Г. В. Трубникова «О проекте Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.» КПП принял к сведению мнение Ученого совета ОИЯИ о том, что представленное обновление проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ с учетом рекомендаций 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ содержит амбициозную международную научную программу, полностью соответствующую Стратегическому плану долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г. и далее.

КПП поддержал рекомендацию 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ об организации совместной рабочей группы, в состав которой войдут представители всех трех программно-консультативных комитетов ОИЯИ, для окончательной экспертизы научной программы плана и поручил дирекции ОИЯИ учесть замечания этой рабочей группы при подготовке окончательной редакции плана для утверждения в ноябре 2023 г.

КПП согласился с ежегодным, не менее 5 %, увеличением суммы взносов государств-членов для финансового обеспечения Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.

СЕССИЯ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ, 10 ноября 2023 г.

Очередная сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 10 ноября в Алматы (Республика Казахстан) под председательством полно-

мочного представителя Правительства Грузии А. Хведелидзе.

Заслушав и обсудив доклад директора Института Г. В. Трубникова «Об итогах выполнения Се-





милетного плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. О Семилетнем плане развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.», КПП отметил впечатляющие результаты в 2017–2023 гг. как в развитии крупной исследовательской инфраструктуры Института, так и в научных исследованиях, несмотря на сложные условия работы, связанные с ограничениями COVID-19, и резкое ухудшение геополитической ситуации, значительный вклад ОИЯИ в международное сотрудничество, особенно в ЦЕРН, неуклонный рост кадрового потенциала Института. КПП приветствовал успешное развитие ОИЯИ как международной межправительственной научной организации, устанавливающей новые интеграционные связи с широким кругом стран разных регионов мира, а также создание и постоянное развитие международных экспериментальных коллабораций.

КПП с удовлетворением одобрил ход выполнения текущего плана исследований и развития ОИЯИ:

— впервые в ОИЯИ успешное использование всей интегрированной на платформе DIRAC вычислительной инфраструктуры для полной реконструкции исходных экспериментальных данных, полученных в ходе длительной стабильной работы ускорительного комплекса эксперимента BM@N в полной конфигурации с регистрацией более 550 млн событий с пучком Хе;

— успешную работу коллаборации MPD и коллектива ЛФВЭ по созданию всех компонентов детектора MPD;

— развитие коллаборации ARIADNA, программа прикладных исследований которой была запущена на комплексе NICA в начале 2023 г., подготовку серии публикаций на основе результатов экспериментов;

— успешное участие Института в работе коллабораций в ЦЕРН, в частности в эксперименте NA64, а также высокий уровень активности ОИЯИ в выполнении своих обязательств по программе второго этапа модернизации детекторов ATLAS, CMS и ALICE на LHC в ЦЕРН;

— прогресс в разработке глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD, установку в 2023 г. 576 оптических модулей и двух донных кабельных линий, а также приближение эффективного объема к значению 0,6 км³, что обеспечило телескопу Baikal-GVD статус крупнейшего нейтринного телескопа в Северном полушарии;

— успешное продолжение экспериментов на фабрике сверхтяжелых элементов, в частности открытие нового изотопа ²⁸⁸Lv;

— ход работ по созданию ускорительного комплекса DRIBs-III с приближением модернизации У-400М к финальной стадии, завершение первого этапа строительных работ по ДЦ-140, а также планомерное осуществление строительных работ в новом экспериментальном зале У-400Р;

— успешное выполнение плана работ по подготовке продолжения нормальной штатной эксплуатации реактора ИБР-2;

— дальнейшее активное развитие фундаментальных и прикладных направлений исследований, связанных с науками о жизни и физикой конденсированных сред, на основе разработки межлабораторной программы исследований на базе ЛРБ;

— успешную работу ЛТФ и интересные результаты в области физики элементарных частиц, ядерной физики, физики конденсированных сред, а также современной математической физики;

— успешное развитие МИВК ОИЯИ, в том числе расширение суперкомпьютера «Говорун», использование распределенной платформы DIRAC для поддержки коллабораций экспериментов NICA MPD, BM@N и SPD, а также нейтринного телескопа Baikal-GVD;

— успешное развитие платформы «Цифровая экосистема ОИЯИ» (JINR Digital EcoSystem) по интеграции существующих и перспективных сервисов для поддержки научной, административной и финансово-экономической деятельности, а также обслуживания инженерной и ИТ-инфраструктуры Института.

КПП принял к сведению информацию о решении концерна «STRABAG SE» (Австрийская Республика) ограничить деятельность дочерней и подконтрольной организации АО «ШТРАБАГ» на территории Российской Федерации и одобрил усилия дирекции ОИЯИ, направленные на смену генерального подрядчика по реализации проекта «Размещение тяжелоионного коллайдера NICA на площадке ЛФВЭ ОИЯИ в городе Дубне с частичной реконструкцией здания № 1». КПП поручил дирекции осуществить поиск нового генерального подрядчика и подписание договора с ним, уделив особое внимание при согласовании условий договора с новым генеральным подрядчиком обеспечению возможности завершения строительства в 2024 г.

КПП поддержал усилия дирекции Института по разработке программы развития инфраструктуры наукоградов (Дубна и ОИЯИ в качестве пилотного проекта).

Отметив взаимную ценность продолжающегося несколько десятилетий сотрудничества ОИЯИ–ЦЕРН, за время которого совместными усилиями с участием ученых государств-членов ОИЯИ создавалась уникальная научная инфраструктура ЦЕРН, КПП выразил уверенность в том, что достигнутый статус сотрудничества будет продолжен после января 2025 г. и ученые стран-участниц ОИЯИ смогут эффективно участвовать в научных исследованиях на создаваемой инфраструктуре международных коллабораций, в которую они вложили значительные интеллектуальные и материальные ресурсы.

Принимая во внимание внешние риски приостановки некоторых международных соглашений для ОИЯИ, КПП поручил дирекции Института проработать сценарии возможного перераспределения ресурсов для обеспечения эффективно-

го участия Института и сотрудников с аффилиацией ОИЯИ в перспективных международных коллаборациях по приоритетным направлениям Семилетнего плана развития.

КПП утвердил представленный Семилетний план развития ОИЯИ на 2024–2030 гг., одобренный Ученым советом и Финансовым комитетом ОИЯИ.

КПП утвердил Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2024 г.

Заслушав доклад руководителя Департамента бюджетной и экономической политики Института Н. В. Калинина «О проекте бюджета ОИЯИ на 2024 г., об ориентировочных взносах государств-членов ОИЯИ на 2025, 2026, 2027 гг.», КПП утвердил бюджет ОИЯИ в соответствии с новой структурой расходов на 2024 г. по доходам в сумме 214 124,5 тыс. долларов США и расходам в сумме 253 672,8 тыс. долларов США с итоговым отрицательным сальдо в размере 39 548,3 тыс. долларов США.

КПП разрешил директору Института в 2024 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 утвердил взносы и шкалу взносов государств-членов ОИЯИ на 2024 г., а также ориентировочные взносы государств-членов на 2025 и 2026 гг.

КПП утвердил бюджет на 2024 г. по созданию и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA за счет целевых средств Российской Федерации, выделенных в соответствии с Соглашением между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ, в сумме 1 993 342,0 тыс. рублей.

КПП одобрил сводную корректировку бюджета ОИЯИ на 2023 г. за 9 месяцев.

КПП разрешил директору ОИЯИ проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы работников Института с учетом возможно-

стей бюджета ОИЯИ на 2024 г., в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2023–2026 гг.

Заслушав доклад председателя Финансового комитета А. В. Омельчука «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 9 ноября 2023 г.», КПП поручил дирекции Института и рабочей группе при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ проработать механизм квотирования специалистов государств-членов, предусмотренный Уставом ОИЯИ, и вопрос практического применения правила нижних пределов взносов и представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и сессии КПП в ноябре 2024 г.

КПП поручил дирекции Института доработать предложения по изменению Правил процедуры Финансового комитета, Правил процедуры КПП ОИЯИ и представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и утверждения на сессии КПП в марте 2024 г.

КПП утвердил аудиторское заключение по итогам проведения аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ и бухгалтерский отчет Института за 2022 г.

КПП включил представителей Республики Армения и Арабской Республики Египет в состав рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ.

Заслушав доклад главного ученого секретаря Института С. Н. Неделько «О рекомендациях 134-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2023 г.)», КПП утвердил рекомендации 133-й и 134-й сессий Ученого совета ОИЯИ.

Заслушав доклад директора Института Г. В. Трубникова «Об изменении в составе Ученого совета ОИЯИ», КПП избрал членом Ученого совета ОИЯИ З. Вилакази (Университет Wits, Йоханнесбург, Южно-Африканская Республика) на срок полномочий действующего состава Ученого совета.

Заслушав доклад главного ученого секретаря Института С. Н. Неделько «О внесении изменений в Положение о порядке присуждения ежегодных премий ОИЯИ», КПП утвердил измененный текст положения.

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

133-я СЕССИЯ УЧЕНОГО СОВЕТА, 16–17 февраля 2023 г.

16–17 февраля состоялась 133-я сессия Ученого совета ОИЯИ под председательством директора Института Г. В. Трубникова и заместителя председателя Президиума Национальной академии наук Белоруссии С. Я. Килина.

Ученый совет принял следующую резолюцию.

Общие положения

Приняв к сведению доклад директора ОИЯИ Г. В. Трубникова, Ученый совет выразил сожаление по поводу выхода Республики Польша, Украины и Чешской Республики из состава государств-членов ОИЯИ с 1 января 2023 г., а также большие надежды на то, что геополитический кризис в Восточной Европе вскоре найдет мирное решение, что позволит этим государствам восстановить членство в ОИЯИ.

Ученый совет приветствовал участие в этой сессии национальной делегации Мексиканских Соединенных Штатов во главе с послом Мексиканских Соединенных Штатов в РФ Э. Вильегасом Мехиасом.

Ученый совет с интересом заслушал доклад «Расширение сотрудничества между Мексикой и ОИЯИ: некоторые области, потенциально представляющие интерес», представленный президентом Мексиканского физического общества А. М. Четто Крамис.

Ученый совет приветствовал подписание Совместной декларации о намерениях в отношении сотрудничества в области фундаментальных и инновационно-прикладных научных исследований между Национальным советом по науке и технологиям — CONACYT (Мексика) и Объединенным институтом ядерных исследований — ОИЯИ и выразил надежду на расширение участия мексиканских исследователей в деятельности ОИЯИ и укрепление сотрудничества с мексиканским исследовательским сообществом в целом.

Ученый совет одобрил практические меры, предпринимаемые дирекцией ОИЯИ по укреплению сотрудничества с научными организациями и университетами Китая на основе партнер-

ства, координируемого на правительственном уровне.

Ученый совет с удовлетворением отметил ход выполнения текущего плана исследований и развития научной инфраструктуры ОИЯИ и весомый вклад Института в достижения международных коллабораций:

— успешное завершение 4-го технологического цикла ускорительного комплекса NICA, ставшего самым продолжительным в истории ЛФВЭ (более 3400 ч), успешный ввод в эксплуатацию цепи инжекции, включая совместную работу всех ее элементов, оптимизацию динамики пучка, работу электронного охлаждения, тестирование станции СОЧИ с тяжелыми ионами, калибровку новой системы диагностики и модернизацию вакуумной системы в линии выведенного пучка;

— длительную стабильную работу ускорительного комплекса эксперимента BM@N впервые в полной конфигурации, в результате чего было зарегистрировано около 507 млн событий с пучком Хе при кинетической энергии 3,8 А ГэВ и 48 млн событий при энергии 3 А ГэВ, а также начало физического анализа полученных данных;

— ход производства магнитов и их установку в туннеле коллайдера NICA, завершение монтажа всех диполей в арках туннеля коллайдера, тестовую сборку системы электронного охлаждения коллайдера, выполненную в октябре 2022 г. в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера (Новосибирск), и транспортировку некоторых деталей в ОИЯИ;

— работы коллаборации MPD и коллектива ЛФВЭ по созданию детектора MPD, а также ход изготовления всех компонентов детектора, необходимых для технологического запуска в 2023 г., включая криогенику, системы управления и питания, подсистемы детектора и другое оборудование;

— презентацию доклада о техническом проекте SPD на заседании ПКК по физике частиц в январе 2023 г. и текущие разработки и испытания прототипов детектора;



— успешный ход работ и высокий уровень готовности ОИЯИ к выполнению своих обязательств по программе второго этапа модернизации детекторов ATLAS, CMS и ALICE на LHC в ЦЕРН;

— прогресс в разработке нейтринного телескопа Baikal-GVD для наблюдения естественных потоков нейтрино и регистрацию 24 событий — кандидатов в нейтрино высоких энергий, указывающих на наблюдаемый поток астрофизических нейтрино в обсерватории IceCube в Южном полушарии. Указание на наличие потока изотропных нейтрино астрофизической природы основано на данных телескопа Baikal-GVD на статистически значимом уровне с учетом систематики $3,05\sigma$;

— успешное продолжение экспериментов на фабрике сверхтяжелых элементов с использованием сепаратора ГНС-2, в частности, по синтезу новых изотопов дармштадтия ^{276}Ds , хассия ^{272}Hs и сиборгия ^{268}Sg в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{232}\text{Th}$, а также продолжение подготовки экспериментов по изучению химических свойств элементов 114 (Fl) и 112 (Cn) на сепараторе ГНС-3 (GRAND), запланированных на второе полугодие 2023 г. Предыдущие эксперименты были проведены в декабре 2022 г.;

— выполнение плана работ на реакторе ИБР-2 по замене теплообменников на новые и по подготовке полного пакета документации для лицензирования, а также важный прогресс в разработке спектрометров ИБР-2;

— дальнейшее 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;

— успешное развитие МИВК ОИЯИ, включая проведенную в 2022 г. модернизацию суперкомпьютера «Говорун» и успешную работу центра Tier-1 для коллабораций CMS и NICA-MPD;

— значительный прогресс в создании платформы «Цифровая экосистема ОИЯИ» (JINR Digital EcoSystem) по интеграции существующих и планируемых сервисов для поддержки научной, административной и социальной деятельности, а также обслуживания инженерной и IT-инфраструктуры Института.

О проекте Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.

Заслушав доклад об обновлении проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг., представленный директором ОИЯИ Г.В.Трубниковым, Ученый совет согласился с мнением дирекции ОИЯИ о том, что пересмотренный проект Семилетнего плана полностью соответствует архитектуре и логике Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г. и далее. Ученый совет подчеркнул, что

представленный план содержит амбициозную международную научную программу и запрашиваемые для нее кадровые и финансовые ресурсы являются оптимальными. Ученый совет одобрил включение в пересмотренный план раздела, посвященного оценке рисков, а также подчеркнул, что сокращение научной программы и ресурсного обеспечения этого плана неизбежно приведет к снижению конкурентоспособности ОИЯИ среди международных научных организаций.

В целях завершения процесса экспертной оценки Семилетнего плана и подготовки оптимального выполнения его первого этапа в текущем Проблемно-тематическом плане научных исследований ОИЯИ Ученый совет рекомендовал организовать совместную рабочую группу, в состав которой войдут представители всех трех ПКК, и учесть замечания этой группы в рекомендациях сессий ПКК в июне 2023 г.

Дискуссия по докладом директора ОИЯИ

В ходе дискуссии по докладом директора ОИЯИ Г.В.Трубникова члены Ученого совета сделали следующие рекомендации:

— поддерживать усилия по достижению гендерного баланса в ОИЯИ;

— включить в повестку дня Ученого совета специальную презентацию по проекту NICA.

Рекомендации программно-консультативных комитетов

Ученый совет принял к сведению рекомендации, выработанные на сессиях ПКК в январе 2023 г. и представленные председателем ПКК по физике частиц И.Церруей, председателем ПКК по ядерной физике В.В.Несвижевским и председателем ПКК по физике конденсированных сред Д.Л.Надем. Ученый совет обратился к дирекции ОИЯИ с просьбой учесть данные рекомендации при формировании Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2024 г.

Физика частиц. Ученый совет отметил поддержку ПКК шагов дирекции ОИЯИ по приданию особого значения международному статусу Института и преодолению трудностей этого непростого времени.

Ученый совет одобрил установленные в новом Семилетнем плане развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. приоритеты в области физики элементарных частиц и релятивистской физики тяжелых ионов:

— реализацию физической программы исследования горячей и плотной барионной материи и фазовых переходов на экспериментальных установках BM@N и MPD после ввода в эксплуатацию базовой конфигурации коллайдерного комплекса NICA;

— создание первой очереди экспериментальной установки SPD для исследований в области спиновой физики;

— запуск и поддержку международной пользовательской программы междисциплинарных прикладных исследований на базе NICA вокруг каналов и облучателей ARIADNA, создание пользовательской инфраструктуры;

— развитие международного сотрудничества по крупным проектам ОИЯИ, по экспериментам на комплексе NICA BM@N, MPD и SPD, по нейтринному проекту «Baikal-GVD».

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о выделении персонала ЛФВЭ для обеспечения своевременного завершения строительства комплекса NICA, включая экспериментальные установки, и реализации амбициозной физической программы.

Ученый совет высоко оценил интенсивную работу в ЛФВЭ по экспериментальной программе на установках SRC и BM@N и вместе с ПКК поздравил коллектив NICA с успешным завершением и совместной эксплуатацией нескольких элементов комплекса NICA — источника ионов, линейного ускорителя тяжелых ионов, бустера, нуклотрона и модернизированной 136-метровой транспортной линии, а также с установкой всех дипольных сверхпроводящих магнитов в дугах тоннеля коллайдера.

Ученый совет отметил, что производство всех компонентов конфигурации первой ступени детектора MPD идет успешно. Ученый совет присоединился к ПКК и поздравил команду MPD с поиском эффективных решений критических проблем, возникающих во многих аспектах процессов создания, сборки и ввода детектора в эксплуатацию.

Ученый совет вместе с ПКК высоко оценил достижение важного этапа в реализации проекта BM@N — проведение физического эксперимента с пучком ксенона с энергией 3,6 А ГэВ, взаимодействующим с мишенью из CsI, с ноября 2022 г. и до конца января 2023 г. Система сбора данных зафиксировала более 500 млн взаимодействий Xe + CsI. Эксперимент проводился с полным набором детекторов. Ученый совет отметил успешную работу длинной вакуумной пучковой линии и измерителей профиля пучка между нуклотроном и BM@N, а также внутри установки BM@N. Это значительно уменьшило фон пучка в детекторах BM@N.

Ученый совет отметил прогресс, достигнутый коллаборацией SPD в подготовке технического проекта (TDR) на основе результатов, полученных при разработке и тестировании прототипов подсистем SPD. Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК руководству ОИЯИ о создании консультативного комитета по детекторам для тщательного рассмотрения TDR SPD.

Ученый совет признал ведущую роль группы ОИЯИ в разработке и изготовлении основных подсистем детектора COMET и с удовлетворе-

нием отметил участие членов группы ОИЯИ в структурах управления коллаборации COMET. Ученый совет высоко оценил участие группы ОИЯИ в эксперименте T2K-II, разделив, однако, озабоченность ПКК, выраженную в рекомендациях 55-й сессии ПКК по физике частиц, относительно роли, стратегии и научной значимости группы ОИЯИ в рамках проекта T2K-II. Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК о продолжении проекта COMET до конца 2024 г. с рейтингом А и о продолжении участия ОИЯИ во второй фазе эксперимента T2K до конца 2024 г. с рейтингом В.

Ученый совет с удовлетворением отметил важные научные результаты, полученные группами ОИЯИ, участвующими в экспериментах ALICE, ATLAS и CMS на LHC в ЦЕРН, а также растущую научную значимость и более активное участие трех групп ОИЯИ в физических исследованиях.

Ядерная физика. Ученый совет принял к сведению рассмотренные ПКК по ядерной физике отчеты о предложениях в Семилетний план развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. в области ядерной физики.

Исследования ЛЯР им. Г. Н. Флерова в области физики тяжелых ионов нацелены на решение научных задач, сформулированных в двух темах: «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности» и «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)». Ученый совет с удовлетворением отметил, что на фабрике СТЭ были обнаружены 5 новых изотопов сверхтяжелых элементов в реакциях с пучком ^{48}Ca и мишенями из Th, U, Pu, Am. В частности, впервые измерены ветви альфа-распада ^{268}Db и обнаружен новый изотоп ^{264}Lr .

Одной из основных задач ЛЯР в 2024–2030 гг. является синтез новых элементов с атомными номерами 119 и 120 в таких реакциях, как $^{54}\text{Cr} + ^{248}\text{Cm}$ и $^{50}\text{Ti} + ^{249}\text{Bk}$. Дальнейшие эксперименты по изучению структуры и механизмов образования ядер вблизи и за пределами нуклонной стабильности планируются в ЛЯР на установках ACCULINNA-1, ACCULINNA-2 и MABP. Подготовлен проект реконструкции ускорителя У-400 → У-400Р и нового экспериментального зала площадью 1500 м². Ученый совет поддержал предлагаемую стратегию развития научных исследований ЛЯР в области физики тяжелых ионов на 2024–2030 гг.

Ядерно-физические исследования с нейтронами в ЛНФ им. И. М. Франка проводятся в рамках научной темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и трех проектов.

Физические исследования в рамках темы могут быть разделены на три направления: 1) исследование нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами, получение ядерных данных; 2) исследование фундаментальных свойств нейтрона, физика

ультрахолодных и очень холодных нейтронов; 3) прикладные и методические исследования.

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК по ядерной физике сосредоточиться на решении следующих физических задач в области нейтронной ядерной физики в новом семилетнем периоде 2024–2030 гг.: всестороннее изучение процесса ядерного деления, изучение свойств нейтронных резонансов, развитие и применение метода меченых нейтронов для изучения реакций взаимодействия быстрых нейтронов, разработка и применение нейтронных и ядерных методов для элементного анализа и прикладных исследований. Разработка и создание нового источника УХН на реакторе ИБР-2 будет являться основной задачей в этой области.

Ученый совет рекомендовал продолжить научные исследования по нейтронной ядерной физике с использованием нейтронных установок ЛНФ, таких как импульсный источник резонансных нейтронов ИРЕН и импульсный реактор ИБР-2, а также поддержал планы на 2024–2030 гг. по увеличению интенсивности потока нейтронов установки ИРЕН до $3 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$.

Ученый совет принял к сведению информацию об исследованиях в рамках темы «Неускоординированная нейтринная физика и астрофизика», которые посвящены изучению редких явлений, связанных со слабым взаимодействием, методами современной ядерной спектроскопии. В рамках данной темы выделяются следующие направления исследований: изучение двойного бета-распада, поиск магнитного момента нейтрино, когерентного рассеяния нейтрино на ядрах, исследование галактических и внегалактических источников нейтрино, диффузионного нейтринного космического фона, поиск экзотических частиц.

Ученый совет поддержал предложение ПКК и дирекции ЛЯП им. В. П. Желепова о реорганизации структуры темы, подчеркнув важность усилий лаборатории по дальнейшему совершенствованию экспериментальной базы в ОИЯИ и на озере Байкал.

Исследования в области ядерной физики низких энергий ведутся в ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова в рамках темы «Теория ядерных систем». Основными направлениями исследований является изучение структурных особенностей ядер, удаленных от линии стабильности, структуры сверхтяжелых ядер, взаимодействия ядер при низких энергиях, динамики слияния и деления ядер, ядерных реакций в астрофизических условиях.

На предстоящий семилетний период 2024–2030 гг. исследования будут также сосредоточены на изучении экзотических ядер в области сверхтяжелых элементов и легких ядерных систем на границах стабильности и за их пределами.

Ученый совет высоко оценил полученные результаты и поддержал рекомендацию по продлению темы «Теория ядерных систем» до конца 2030 г.

Разработка надежной сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры осуществляется в ЛИТ им. М. Г. Мещерякова в рамках темы «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и проекта «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)». Другое важное направление исследований ЛИТ связано с разработкой и внедрением эффективных методов, алгоритмов и программных систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных для успешной реализации научной программы. Ученый совет поддержал научную программу ЛИТ на следующий семилетний период 2024–2030 гг., связанную с развитием информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ и методов, алгоритмов и программного обеспечения для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных.

Физика конденсированных сред. Ученый совет с удовлетворением отметил ход работ по замене воздушных теплообменников второго контура охлаждения реактора ИБР-2 и получению лицензии на эксплуатацию установки. Ученый совет разделил мнение ПКК о том, что изготовление новой топливной загрузки для ИБР-2 является одной из ключевых задач на следующие семь лет, решение которой позволит обеспечить необходимые условия для продления срока эксплуатации реактора на период после 2032 г. Ученый совет приветствовал продолжение работ по исследованию механизма возникновения флуктуаций импульсов мощности реактора ИБР-2 совместно с НИКИЭТ и другими организациями ГК «Росатом». Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о скорейшем принятии решения по выбору изготовителя комплектующих для новой топливной загрузки ИБР-2. Ученый совет согласился с мнением ПКК о важности скорейшего получения новой лицензии на эксплуатацию реактора, которая позволит возобновить работу ИБР-2 на физический эксперимент, проводить плановое обновление оборудования и важных для безопасности систем, включая комплекс криогенных замедлителей.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по темам, предлагаемым для включения в Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ в контексте нового Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. В отношении тем ЛНФ Ученый совет одобрил предложенные основные направления темы «Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов» и поддержал усилия, направленные на развитие экспериментальной инфраструктуры спектрометров на реакторе ИБР-2, в рамках темы «Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2». Ученый совет поддержал проведение

этих исследований в рамках новой темы «Оптические методы в исследованиях конденсированных сред». Ученый совет высоко оценил масштаб представленной деятельности в рамках темы «Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов — импульсного быстрого реактора „Нептун“ в ОИЯИ» в части текущих и запланированных работ.

Ученый совет одобрил состояние и перспективы развития научной программы ЛИТ, отмечая, что отличительной особенностью направлений исследований, связанных с информационными технологиями, является тесное сотрудничество со всеми лабораториями ОИЯИ, а также с организациями государств-членов Института и других стран. Наряду с ПКК Ученый совет рекомендовал продолжить исследования, связанные с информационными технологиями.

Ученый совет отметил план развития темы ЛТФ «Теория сложных систем и перспективных материалов» и поддержал структуру темы, включающей в себя четыре проекта по сложным материалам, математическим моделям статистической физики сложных систем, наноструктурам и наноматериалам, методам квантовой теории поля в сложных системах. Ученый совет одобрил наукометрические показатели выполнения темы, состав персонала и предлагаемые формы сотрудничества.

Ученый совет приветствовал широкий спектр проведенных НИОКР и высокое качество полученных результатов в рамках тем «Развитие научной инфраструктуры ЛЯП для проведения исследований с применением полупроводниковых детекторов, лазерной метрологии, электронов, позитронов и криогенной техники» и «Проведение медико-биологических и радиационно-генетических исследований с использованием различных типов ионизирующих излучений», поддержав продолжение этих работ. Ученый совет также отметил прогресс в создании установки Linac-200 и работы по лазерной метрологии в части создания и установки высокоточных приборов на установке NICA и в лабораториях государств-членов ОИЯИ.

Ученый совет одобрил выполнение исследований по биологическому действию ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками в рамках новой темы ЛРБ «Исследование биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками», отметив планируемые исследования по изучению механизмов действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками на молекулярном, клеточном, тканевом и организменном уровнях биологической организации, а также работы в области астробиологии, направленные на решение проблемы возникновения и сохранения жизни во Вселенной методами ядерной физики.

Ученый совет положительно оценил структуру новой темы ЛЯР «Радиационное материаловедение,

нотехнологические и биомедицинские исследования на пучках ускоренных тяжелых ионов», которая указывает на востребованность и актуальность фундаментальных и прикладных исследований с использованием пучков ускоренных тяжелых ионов для изучения свойств и модификаций материалов, поддерживая развитие биомедицинских приложений трековых мембран, а также работ по ядерным изотопам и экологическим исследованиям.

Общие вопросы

Ученый совет одобрил усилия дирекции ОИЯИ по актуализации подхода к формированию Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ путем введения в действие Положения о структурировании и планировании научных исследований в ОИЯИ, а также меры по оценке рисков и их снижению.

Доклады молодых ученых

Ученый совет с интересом заслушал доклады молодых ученых, которые были выбраны программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Исследование корреляции между кинетической энергией трека и его энергетическим откликом в ZDC в 7-м сеансе эксперимента BM@N» К. А. Алишиной (ЛФВЭ) и «Структурные исследования литий-ионных аккумуляторов при изучении их функциональных характеристик» М. Ердаулетова (ЛНФ). Ученый совет поблагодарил докладчиков и приветствовал подобные избранные доклады в будущем.

Награды и премии

Ученый совет поздравил старшего научного сотрудника ЛЯР П. Ю. Апеля с присуждением премии им. В. П. Желепова за разработку нового поколения трековых мембран и их применение в медицине и экологии.

Ученый совет утвердил решение жюри, представленное вице-директором ОИЯИ В. Д. Кекелидзе, о присуждении ежегодных премий ОИЯИ за лучшие научные, научно-методические, научно-технические и прикладные работы.

Выборы и объявление вакансий в дирекциях лабораторий ОИЯИ

Ученый совет избрал Е. В. Лычагина директором Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка сроком на пять лет. Ученый совет поблагодарил В. Н. Швецова за успешную работу, проделанную в качестве директора этой лаборатории.

Ученый совет избрал С. В. Шматова директором Лаборатории информационных технологий им. М. Г. Мещерякова сроком на пять лет. Ученый совет поблагодарил В. В. Коренькова за

успешную работу, проделанную в качестве директора этой лаборатории.

Ученый совет утвердил Е. М. Аницаша, Н. В. Антоненко и О. В. Теряева в должностях заместителей директора Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова до окончания полномочий директора ЛТФ Д. И. Казакова.

Ученый совет объявил вакансии на должности заместителей директоров ЛНФ и ЛИТ. Утверждение в должностях состоится на 134-й сессии Ученого совета в сентябре 2023 г.

134-я СЕССИЯ УЧЕНОГО СОВЕТА, 21–22 сентября 2023 г.

21–22 сентября состоялась 134-я сессия Ученого совета ОИЯИ под председательством директора Института Г. В. Трубникова и заместителя председателя Президиума Национальной академии наук Белоруссии С. Я. Килина.

Ученый совет принял следующую резолюцию.

Общие положения

Заслушав доклад директора ОИЯИ Г. В. Трубникова, Ученый совет приветствовал подписание Протокола между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, Министерством науки и технологий Китайской Народной Республики, Объединенным институтом ядерных исследований и Китайской академией наук об укреплении сотрудничества в области фундаментальных научных исследований на правительственном уровне в марте 2023 г. и одобрил создание объединенного координационного комитета ОИЯИ–Китай и практические меры, принимаемые комитетом для расширения сотрудничества ОИЯИ с научными организациями и университетами Китая.

Ученый совет с удовлетворением отметил ход выполнения текущего плана исследований и развития научной инфраструктуры ОИЯИ и достижения Института в проектах международных коллабораций и международном сотрудничестве:

— впервые в ОИЯИ успешное использование всей интегрированной на платформе DIRAC вычислительной инфраструктуры для полной реконструкции исходных экспериментальных данных, полученных в ходе длительной стабильной работы ускорительного комплекса эксперимента BM@N в полной конфигурации с регистрацией более 550 млн событий с пучком Хе;

— успешную работу коллаборации MPD и коллектива ЛФВЭ по созданию всех компонентов детектора MPD, включая криогенику, системы управления и питания, подсистемы детектора и другое оборудование;

— динамичное развитие коллаборации ARIADNA, программа прикладных исследований которой была запущена на комплексе NICA в на-

Памяти В. А. Рубакова

Ученый совет выразил глубокое сожаление в связи с кончиной академика РАН В. А. Рубакова, члена Ученого совета в 2013–2022 гг., выдающегося ученого, одного из ведущих мировых специалистов в области квантовой теории поля, физики элементарных частиц и космологии, внесшего значительный вклад в развитие ОИЯИ.

чале 2023 г., подготовку серии публикаций на основе результатов экспериментов;

— успешное участие Института в работе коллабораций в ЦЕРН, в частности в эксперименте NA64 на SPS, а также высокий уровень активности ОИЯИ в выполнении своих обязательств по программе 2-го этапа модернизации детекторов ATLAS, CMS и ALICE на LHC;

— прогресс в разработке глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD, установку в 2023 г. 576 оптических модулей и 2 донных кабельных линий, а также приближение эффективного объема к значению 0,6 км³, что обеспечивает телескопу Baikal-GVD статус крупнейшего нейтринного телескопа в Северном полушарии;

— успешное продолжение экспериментов на фабрике сверхтяжелых элементов, в частности первый эксперимент по α -, β -, γ -спектроскопии и открытие нового изотопа ²²⁷Pu;

— ход работ по созданию ускорительного комплекса DRIBs-III с приближением модернизации У-400М к финальной стадии, завершение первого этапа строительных работ по ДЦ-140, а также начало строительных работ в новом экспериментальном зале У-400Р;

— успешное выполнение плана работ по подготовке к продолжению нормальной штатной эксплуатации реактора ИБР-2, а также прогресс в разработке концепции интенсивного источника ультрахолодных нейтронов (УХН) на импульсном реакторе умеренной мощности, в основе которого лежит идея импульсного заполнения ловушки УХН;

— ход подготовки к вводу в эксплуатацию в ОИЯИ линейного ускорителя Linac-200 — новой установки ЛЯП, созданной для обеспечения пучками электронов НИОКР по детекторам частиц для NICA и других проектов, для биологических исследований, прикладных исследований и для обучения студентов;

— дальнейшее 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;

— успешную работу Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова и выборочные интересные результаты в области физики элементарных частиц, ядерной физики, физики конденсированных сред, а также современной математической физики;

— успешное развитие МИВК ОИЯИ, в том числе суперкомпьютера «Говорун», в результате чего его суммарная пиковая производительность достигла 1,7 Пфлопс с двойной точностью. По производительности Tier-1 ОИЯИ в 2023 г. занял второе место в мире среди других центров Tier-1 для эксперимента CMS. Распределенная платформа DIRAC используется для поддержки коллабораций экспериментов NICA: MPD, BM@N и SPD, а также нейтринного телескопа Baikal-GVD;

— успешное развитие платформы «Цифровая экосистема ОИЯИ» (JINR Digital EcoSystem) для интеграции существующих и перспективных сервисов для поддержки научной, административной и финансово-экономической деятельности, а также обслуживания инженерной и IT-инфраструктур Института.

Семилетний план развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.

Ученый совет с удовлетворением отметил представленный директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым доработанный проект Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.

Ученый совет подчеркнул, что, несмотря на сложные условия работы, связанные с ковидом, и резкое ухудшение геополитической ситуации, в 2017–2023 гг. ОИЯИ добился впечатляющих результатов как в развитии крупной исследовательской инфраструктуры Института, так и в научных исследованиях на базе этой инфраструктуры. Ученый совет также отметил значительный вклад ОИЯИ в международное сотрудничество, особенно с ЦЕРН. Ученый совет одобрил расширение и укрепление направления передовых исследований и разработок в области физики пучков и ускорителей и подготовительную работу ОИЯИ по реструктуризации Проблемно-тематического плана ОИЯИ с открытием соответствующей межлабораторной темы. В целом эти достижения создали очень прочную основу для дальнейшего развития Института в новом семилетии.

Ученый совет высоко оценил всестороннее рассмотрение проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. совместной рабочей группой всех трех программно-консультативных комитетов ОИЯИ, окончательное обсуждение научной программы плана и учет конструктивных замечаний рабочей группы со стороны дирекции ОИЯИ при подготовке его текущей версии и поддержал представление текущей версии плана, возможно, с небольшими редакционными

исправлениями, на сессии КПК в ноябре 2023 г. для окончательного утверждения к реализации в 2024–2030 гг.

Рекомендации программно-консультативных комитетов, принятые на сессиях в июне 2023 г.

Ученый совет принял к сведению рекомендации, выработанные на сессиях КПК в июне 2023 г., и поблагодарил КПК за рекомендации по открытию новых проектов и тем, а также по включению наиболее важных исследований, предложенных лабораториями, в Семилетний план развития ОИЯИ на 2024–2030 гг., одобренный на заседаниях комитетов.

Физика частиц. Ученый совет вместе с КПК поддержал шаги, предпринимаемые дирекцией ОИЯИ по расширению участия мексиканских исследователей в деятельности ОИЯИ, укреплению сотрудничества с научными организациями и университетами Китая, поддержанию высокого уровня сотрудничества с исследовательскими организациями всех европейских стран в целях повышения международного статуса Института и преодоления трудностей этого непростого времени.

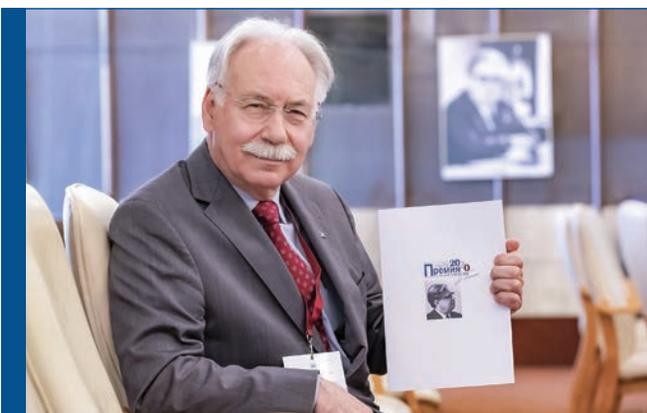
Ученый совет поздравил коллектив ускорительного отделения комплекса нуклотрон-NICA с успешным 4-м техническим сеансом, отметил успехи в развитии инфраструктуры ЛФВЭ, в результате чего мощность увеличивается в два раза до 40,8 МВт, а также различные задержки, вызванные текущей геополитической ситуацией, в том числе с завершением инфраструктурных работ в здании коллайдера и строительством линий транспортировки пучка от нуклотрона к коллайдеру NICA. Ученый совет высоко оценил усилия руководства ОИЯИ и NICA по минимизации этих задержек и принял к сведению обновленный график, согласно которому первые пучки на коллайдере NICA ожидаются к 2025 г.

Ученый совет отметил, что создание детектора MPD продвигается и ведутся работы по вводу в эксплуатацию большого сверхпроводящего соленоида MPD. Несмотря на отставание от графика из-за проблем с поставками многих компонентов от европейских компаний, все компоненты детектора первой стадии MPD должны быть готовы к установке в 2024 г.

Ученый совет поздравил коллаборацию BM@N с успешным физическим пуском детектора BM@N в полной конфигурации с пучками Хе и поддержал рекомендации КПК сконцентрировать усилия на получении первых физических результатов от данных этого сеанса.

Ученый совет поддержал КПК в повторной рекомендации руководству ОИЯИ о необходимости возобновления деятельности международного консультативного комитета по детектору SPD, что позволит команде SPD продолжить подготовку TDR.





Ученый совет отметил вклад участников от ОИЯИ в получение физических результатов и модернизацию детекторов в экспериментах на LHC.

Высоко оценив участие группы ОИЯИ в проекте NA64, уровень ее теоретической подготовленности, характер ответственности за работу детектора, разработку и поддержку строу-трекера, работу системы сбора данных, а также сбор и анализ данных, Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК о продлении участия группы ОИЯИ в эксперименте NA64 на 2024–2026 гг. с рейтингом А.

Ученый совет поддержал решение ПКК отложить утверждение проекта СКАН-3 и поручить коллективу авторов представить на следующем заседании ПКК четкое предложение с изложением первоначальных целей проекта, достижений за прошедшие четыре года, а также его планы на запрошенный период продления.

Ученый совет высоко оценил важный вклад группы ОИЯИ в эксперимент BES-III в ИФВЭ (Пекин, Китай), поддержал планы продолжить исследование очарованных кварков в будущем эксперименте SPD в NICA и одобрил рекомендацию ПКК о дальнейшем участии группы ОИЯИ в проекте BES-III на 2024–2028 гг. с рейтингом А.

Отметив важную роль группы ОИЯИ в коллаборации TAIGA по разработке и производству черенковских гамма-телескопов IACT и поддержав рекомендацию ПКК о сотрудничестве групп ОИЯИ в коллаборациях TAIGA и Baikal-GVD в анализе данных, в особенности для поиска событий со схожими и дополняющими друг друга характеристиками, Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК о продолжении участия в проекте TAIGA на 2024–2028 гг. с рейтингом А.

Ученый совет высоко оценил важный вклад и заметное участие ОИЯИ в реакторном нейтринном эксперименте JUNO, находящемся на стадии ввода в эксплуатацию, и поддержал рекомендацию ПКК о продолжении участия ОИЯИ в JUNO на 2024–2027 гг. с рейтингом А.

Ученый совет отметил значительный вклад группы ОИЯИ в ускорительный нейтринный эксперимент NOvA и планы участия в создании ближнего детектора для эксперимента DUNE. Группа ОИЯИ занимает значимую позицию в коллаборации NOvA, координируя обработку экспериментальных данных и анализ экзотических каналов. Высоко оценив важную научную миссию экспериментов NOvA и DUNE, а также эффективность группы сотрудников ОИЯИ, участвующих в этих двух проектах, Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК о продолжении участия ОИЯИ в эксперименте NOvA и поддержал подготовительные работы по проекту DUNE на 2024–2027 гг. с рейтингом А.

Ученый совет высоко оценил усилия, направленные на обеспечение ученых ОИЯИ современной компьютерной инфраструктурой на базе проекта «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)»,

включающего GRID-узлы Tier-1 и Tier-2, облачную инфраструктуру, гиперконвергентный суперкомпьютер «Говорун», multifunctionальную многоуровневую систему хранения данных, сетевую инфраструктуру, системы электроснабжения и климат-контроля, и поддержал рекомендацию ПКК о продлении проекта МИВК на 2024–2030 гг. с рейтингом А.

Отметив постоянно растущую роль программного обеспечения, алгоритмов, методов машинного обучения и вычислительной физики в современной науке, включая физику высоких энергий, ядерную физику и смежные области, Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК об открытии нового проекта «Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных», направленного на разработку общих математических методов и программного обеспечения, ориентированного прежде всего на эксперименты флагманского проекта ОИЯИ NICA и нейтринной программы ОИЯИ, на 2024–2027 гг. с рейтингом А.

Ученый совет принял к сведению новый проект участия ОИЯИ в эксперименте с фиксированной мишенью AMBER в SPS (ЦЕРН), посвященном изучению внутренней структуры и свойств адронов. Учитывая синергию богатых физических программ экспериментов AMBER и NICA SPD, а также выгоду обучения молодых исследователей в эксперименте AMBER в период строительства SPD, Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК об участии ОИЯИ в эксперименте AMBER на 2024–2026 гг. с рейтингом А.

Ядерная физика. Ученый совет поддержал продление темы «Теория ядерных систем», включающей в себя четыре новых проекта: «Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем», «Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики», «Квантовые системы нескольких частиц», «Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы».

Основные направления научных исследований в рамках темы «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нулевой стабильности» на период 2024–2030 гг. связаны с изучением сверхтяжелых ядер и атомов, а также легких ядер вдали от линии β -стабильности. Ученый совет поддержал продление этой темы на 7 лет, а также одобрил открытие в рамках данной темы двух новых проектов до конца 2028 г.: «Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов» и «Легкие экзотические ядра вблизи границ ядерной стабильности».

Ученый совет отметил высокое качество научных результатов, полученных в следующих областях: исследование нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами, получение ядерных данных, исследование фундаментальных свойств нейтрона, физика

ультрахолодных и очень холодных нейтронов, прикладные и методические исследования, и поддержал открытие новой темы «Нейтронная ядерная физика» и нового проекта «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» до конца 2028 г., а также продление проекта TANGRA до конца 2028 г. и проекта «Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры» до конца 2026 г.

Ученый совет рекомендовал продлить проекты «Подкритический реактор с ускорительным приводом (ADSR)» до конца 2027 г. и «Исследование спиновой структуры нуклонов в сильных и электромагнитных взаимодействиях (GDH&SPASCHARM&NN)» до конца 2028 г. и открыть новые проекты «Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины», «Исследования реакторных нейтрино на короткой базе» и «Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений» до конца 2028 г.

Ученый совет поддержал предложение дирекции ОИЯИ о реформировании тем и проектов в крупную научную инфраструктуру (КНИ), в частности КНИ «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)», включающую проекты «Создание ускорительного комплекса У-400Р» и «Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов», и КНИ «Baikal-GVD», представляющую собой гигатонный нейтринный детектор Baikal-GVD (крупнейший действующий нейтринный телескоп в Северном полушарии).

Физика конденсированных сред. Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК об открытии КНИ «Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров» и проекта «Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей». Ученый совет принял к сведению основную цель проекта, состоящую в повышении эффективности использования ИЯУ ИБР-2 в ходе реализации программы экспериментальных исследований, а также обеспечения эксплуатационной надежности и безопасности реактора.

Ученый совет одобрил мнение ПКК об открытии проекта «Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ». Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК об открытии проекта «Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2», направленного на улучшение параметров и производительности экспериментальных установок, расширение области их применения, а также на разработку их элементов и узлов.

Вместе с ПКК Ученый совет поддержал открытие проекта «Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов» с подпроектами «Исследование структуры и динамики функциональных материалов и наносистем на базе комплекса спектроме-

тров реактора ИБР-2» и «Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии VJN (Байорек–Яник–Натканец) на реакторе ИБР-2», отметив, что результаты исследований авторов проектов, полученные с начала 2021 г., показали высокую эффективность метода рассеяния нейтронов.

Ученый совет согласился с мнением ПКК об открытии проекта «Нанобиофотоника», а также с тем, что предлагаемая исследовательская программа имеет междисциплинарный характер и направлена на решение как фундаментальных, так и прикладных задач.

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о продлении проекта «Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований», отметив высокую квалификацию участников проекта, а также многолетний опыт международного сотрудничества и деятельности в рамках коллаборации Medipix.

В соответствии с рекомендацией ПКК Ученый совет поддержал продление проекта «Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов», отметив в качестве целей проекта долгосрочный мониторинг земной поверхности под ускорителем NICA и влияния микросейсмических шумов, а также создание сети инклинометров в районах сейсмической активности.

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о продлении проекта «Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (PAS)», согласившись с ПКК в том, что реализация этой программы выведет используемую в проекте установку на качественно новый уровень и открывает новые возможности для экспериментальных исследований в области физики конденсированного состояния и материаловедения.

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК об открытии проекта «Создание и развитие тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов в ЛЯП», нацеленного на развитие научной инфраструктуры для проведения экспериментальных исследований на пучках ускоренных электронов ускорителя Linac-200.

Ученый совет рекомендовал открытие проекта «Защита от физико-химических стрессов с помощью белков тихоходок (TARDISS)», отметив амбициозность целей изучения радио- и криопротекторных свойств белка Dsup в живых системах и *in vitro*, а также разработки модельных живых систем с индуцированной экспрессией белка Dsup и создания высокотехнологичных материалов, модифицированных этим белком.

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК открыть проекты «Молекулярные, генетические и организменные эффекты действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками» и «Радиационно-биофизические и астробиологические исследования».

Дубна, 22 сентября. 134-я сессия Ученого совета ОИЯИ. Академик А. М. Сергеев, председатель жюри премии «Оганесон», объявляет имена первых лауреатов



Ученый совет поддержал открытие проектов «Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов» и «Нанокompозитные и функциональные трековые мембраны», подчеркнув, что существующие и перспективные ускорители тяжелых ионов в ЛЯР ОИЯИ открывают уникальные возможности для междисциплинарных исследований.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК в отношении письменных отчетов по проектам «Методы вычислительной физики для исследования сложных систем», «Сложные материалы», «Математические модели статистической физики сложных систем», «Наноструктуры и наноматериалы», «Методы квантовой теории поля в сложных системах».

Доклады молодых ученых

Ученый совет с интересом заслушал доклады молодых ученых, рекомендованные программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Система коррекции ведущего магнитного поля бустера NICA» М. М. Шандова (ЛФВЭ) и «Эффекты близости в сверхпроводящих и ферромагнитных гетероструктурах» В. Д. Жакетова (ЛНФ), поблагодарил докладчиков и приветствовал подобные избранные доклады в будущем.

О составах ПКК

По предложению представителя в КПП ОИЯИ от Южно-Африканской Республики И. Пателя, представленному директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым, Ученый совет назначил М. В. Тшивхасе (iThemba LABS, Сомерсет-Уэст, ЮАР) в состав ПКК по ядерной физике сроком на три года, поблагодарив З. Вилакази (Университет Wits) за плодотворную работу в составе данного ПКК с 2009 г.

Положение о порядке присуждения ежегодных премий ОИЯИ

Ученый совет одобрил новую редакцию Положения о порядке присуждения ежегодных премий ОИЯИ, предложенную дирекцией ОИЯИ, и рекомендовал утвердить ее на следующей сессии КПП в ноябре 2023 г.

Награды и премии

Ученый совет утвердил предложение директора ОИЯИ Г. В. Трубникова о присвоении звания «Почетный доктор ОИЯИ» Д. Л. Надю (Венгрия) и В. А. Садовничему (Россия).

Ученый совет приветствовал решение жюри, представленное председателем жюри А. М. Сергеевым, о присуждении премии «Оганесон» А. М. Четто Крамис, М. Е. Швыдкому, В. А. Семину и В. Першиной.

Ученый совет поздравил директора ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова Д. И. Казакова с присуждением премии им. Н. Н. Боголюбова за выдающийся вклад в развитие квантовой теории поля, теории перенормировки и ренормгруппы, раскрывающих перенормировочные свойства суперсимметричных теорий поля, за пионерские работы по многопетлевым вычислениям в квантовой теории поля.

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

Выборы и объявление вакансий в дирекциях лабораторий ОИЯИ

Ученый совет избрал Е. А. Якушева директором Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Джемелёва сроком на пять лет и поблагодарил В. А. Беднякова за успешную работу, проделанную в качестве директора этой лаборатории.

Ученый совет утвердил Ю. Н. Копача и С. А. Куликова в должностях заместителей директора Ла-

боратории нейтронной физики им. И. М. Франка (ЛНФ) до окончания полномочий директора ЛНФ Е. В. Лычагина.

Ученый совет утвердил Н. Н. Войтишина, Д. В. Подгайного и О. Чулуунбаатара в должностях заместителей директора Лаборатории информационных технологий им. М. Г. Мещерякова (ЛИТ) до окончания полномочий директора ЛИТ С. В. Шматова.

Ученый совет объявил вакансии на должности заместителей директора ЛЯП, утверждение в которых состоится на 135-й сессии Ученого совета в феврале 2024 г., а также вакансию на должность директора Лаборатории радиационной биологии. Выборы состоятся на 136-й сессии Ученого совета в сентябре 2024 г.

Ученый совет поддержал предложение директора ОИЯИ Г. В. Трубникова об открытии третьей должности заместителя директора ЛНФ и объявил вакансию на эту должность для утверждения на 135-й сессии Ученого совета в феврале 2024 г.

ФИНАНСОВЫЙ КОМИТЕТ

ЗАСЕДАНИЕ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА, 22 марта 2023 г.

Заседание Финансового комитета состоялось 22 марта в Дубне под председательством представителя Российской Федерации А. В. Омельчука.

По докладу директора Института Г. В. Трубникова Финансовый комитет рекомендовал КПП:

- принять к сведению информацию дирекции Института о рекомендациях 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ, исполнении текущего Семилетнего плана развития ОИЯИ, вкладе стран-участниц в осуществление крупных проектов Института, новых полученных научных и научно-технических результатах и наиболее важных событиях, относящихся к научно-образовательной деятельности и международному сотрудничеству ОИЯИ;

- одобрить проведенную дирекцией Института работу по исполнению бюджета ОИЯИ для

выполнения Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в форс-мажорных обстоятельствах 2022 г.;

- одобрить работу дирекции Института по доработке проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. и поддержать мнение Ученого совета ОИЯИ о сбалансированности заложенной в нем программы научных исследований, развития научной и инженерной инфраструктуры и запрашиваемых финансовых ресурсов, необходимых для ее исполнения;

- принять к сведению работу дирекции Института, направленную на укрепление стратегического партнерства с научными организациями ряда стран Азии, Африки и Латинской Америки на правительственном уровне. Приветствовать под-

Дубна, 22 марта. Заседание Финансового комитета ОИЯИ



писание Совместной декларации о намерениях в отношении сотрудничества в области фундаментальных и инновационно-прикладных научных исследований между Национальным советом по науке и технологиям — CONACYT (Мексика) и ОИЯИ и Протокола между Министерством науки и высшего образования РФ, Министерством науки и технологий КНР, ОИЯИ и Китайской академией наук об укреплении сотрудничества в области фундаментальных научных исследований на правительственном уровне;

— одобрить предложение дирекции Института по снижению эксплуатационных расходов ОИЯИ и передаче городскому округу Дубна части внешних инженерных сетей, расположенных вне площадок ОИЯИ.

По докладу руководителя Департамента бюджетной и экономической политики Института Н. В. Калинина «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2022 г. и о проекте уточненного бюджета ОИЯИ на 2023 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить сводную итоговую корректировку расходов бюджета ОИЯИ на 2022 г., уточненный бюджет ОИЯИ на 2023 г. по доходам в сумме 203 485,9 тыс. долларов США и расходам в сумме 274 998,5 тыс. долларов США с учетом положительного входящего сальдо в объеме 49 021,9 тыс. долларов США; одобрить новую структуру бюджета ОИЯИ для планирования бюджета, начиная с 2024 г., и действия дирекции Института по повышению эффективности работы производственных подразделений ОИЯИ, направленные на улучшение финансовых показателей их деятельности и достижение баланса в расчетах между производственными подразделениями и бюджетом Института.

По докладу вице-директора Института Л. Костова «О выборе аудиторской организации по проведению проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2022 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить ООО АК «Корсаков и Партнеры» аудитором ОИЯИ и План аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2022 г., представленный дирекцией Института.

По докладу председателя рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ А. Диас Гарсиа «Об итогах совещания рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ от 27 февраля 2023 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП:

— поручить дирекции Института и рабочей группе при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ доработать проект нового правила нижних пределов взносов государств-членов, учитывающего долю расходов на персонал в бюджете ОИЯИ, а также обеспечение расходов на развитие Института и представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета ОИЯИ и утверждения на сессии КПП правительств государств-членов ОИЯИ в ноябре 2023 г.;

— утвердить ориентировочные взносы и шкалы взносов государств-членов на 2024, 2025, 2026 гг. без учета долей государств, вышедших из состава ОИЯИ (Республика Польша, Украина, Чешская Республика) и государств с приостановленным членством (Корейская Народно-Демократическая Республика, Словацкая Республика);

— принять к сведению информацию об ориентировочных размерах бюджета ОИЯИ на 2024 г. по доходам в сумме 215,9 млн долларов США и расходам в сумме 269,2 млн долларов США, на 2025 г. по доходам в сумме 227,3 млн долларов США и расходам в сумме 269,9 млн долларов США, на 2026 г. по доходам в сумме 239,3 млн долларов США и расходам в сумме 274,7 млн долларов США;

— утвердить порядок практической реализации постановления КПП ОИЯИ о приостановлении прав, привилегий и обязательств Словацкой Республики в ОИЯИ.

Финансовый комитет с интересом заслушал доклад заместителя директора ЛЯП по научной работе Д. В. Наумова «Байкальский нейтринный телескоп: статус и перспективы» и поблагодарил докладчика.

ЗАСЕДАНИЕ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА, 9 ноября 2023 г.

Заседание Финансового комитета состоялось 9 ноября в Алматы (Казахстан) под председательством представителя Российской Федерации А. В. Омельчука.

Заслушав доклад директора Института Г. В. Трубникова «Об итогах работы ОИЯИ в 2023 г.», Финансовый комитет рекомендовал КПП:

— принять к сведению информацию дирекции Института о рекомендациях 134-й сессии Ученого совета ОИЯИ, исполнении текущего Семилетнего плана развития ОИЯИ, вкладе стран-участниц в осуществление крупных проектов

Института, новых полученных научных и научно-технических результатах и наиболее важных событиях, относящихся к научно-образовательной деятельности и международному сотрудничеству ОИЯИ;

— одобрить проведенную дирекцией Института работу по исполнению бюджета ОИЯИ текущего года для выполнения Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 2023 г.;

— принять к сведению работу дирекции Института, направленную на укрепление стратегического партнерства с научными организациями

ряда стран Азии, Африки и Латинской Америки. Приветствовать проведение сессий объединенных координационных комитетов и отбор приоритетных проектов для совместной реализации с Министерством науки и технологий КНР и Национальным советом по гуманитарным и естественным наукам и технологиям (CONANCYT, Мексика) в рамках заключенных ранее соглашений правительственного уровня. Одобрить действия дирекции ОИЯИ по укреплению сотрудничества Института с научными организациями ЮАР, а также Бразилии и Индии, направленные на повышение уровня взаимодействия ОИЯИ с этими странами;

— принять к сведению информацию о решении концерна «STRABAG SE» (Австрийская Республика) ограничить деятельность дочерней и подконтрольной организации АО «ШТРАБАГ» на территории Российской Федерации. Одобрить усилия дирекции ОИЯИ, направленные на смену генерального подрядчика по реализации проекта «Размещение тяжелоионного коллайдера NICA на площадке ЛФВЭ ОИЯИ в городе Дубне с частичной реконструкцией здания № 1». При согласовании условий договора с новым генеральным подрядчиком особое внимание уделить обеспечению возможности завершения строительства в 2024 г.

Заслушав доклад руководителя Департамента бюджетной и экономической политики Института Н. В. Калинина «О предварительных итогах выполнения Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. и о бюджетном плане проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.», Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бюджетный план Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 г., включая развитие научно-экспериментальной базы ОИЯИ, инженерной и социальной инфраструктур, а также поддержание конкурентоспособного уровня оплаты труда персонала.

По докладу руководителя Департамента бюджетной и экономической политики Института Н. В. Калинина «О проекте бюджета ОИЯИ на 2024 г., об ориентировочных взносах государств-членов ОИЯИ на 2025, 2026, 2027 гг.» Финансовый комитет рекомендовал КПП:

— утвердить бюджет ОИЯИ в соответствии с новой структурой расходов на 2024 г. по доходам в сумме 214 124,5 тыс. долларов США и расходам в сумме 253 672,8 тыс. долларов США с итоговым отрицательным сальдо в размере 39 548,3 тыс. долларов США;

— разрешить директору Института в 2024 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;

— утвердить взносы и шкалу взносов государств-членов ОИЯИ на 2024 г., а также ориен-

тировочные взносы государств-членов на 2025 и 2026 гг., поручив дирекции Института и рабочей группе при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ проработать и представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и сессии КПП в ноябре 2024 г. вопрос по уточнению методики расчета взносов после завершения переходного периода.

Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бюджет на 2024 г. по созданию и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA за счет целевых средств Российской Федерации, выделенных в соответствии с Соглашением между Правительством РФ и ОИЯИ, в сумме 1 993 342,0 тыс. рублей.

Финансовый комитет рекомендовал КПП одобрить сводную корректировку бюджета ОИЯИ на 2023 г. за 9 месяцев, а также разрешить директору ОИЯИ проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы работников Института с учетом возможностей бюджета ОИЯИ на 2024 г. в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2023–2026 гг.

Заслушав доклад председателя рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ Е. Мухамеджанова «Об итогах совещания рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ от 10 июля 2023 г.», Финансовый комитет рекомендовал КПП:

— поручить дирекции Института и рабочей группе проработать механизм квотирования специалистов государств-членов, предусмотренный Уставом ОИЯИ, а также вопрос практического применения правила нижних пределов взносов и представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и сессии КПП в ноябре 2024 г.;

— поручить дирекции Института доработать предложения по изменению правил процедуры Финансового комитета и правил процедуры КПП ОИЯИ и представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и утверждения на сессии КПП в марте 2024 г.;

— включить представителя Арабской Республики Египет в состав рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ.

По докладу директора аудиторской компании «Корсаков и Партнеры» Д. А. Корсакова «Об итогах проведения аудиторской проверки финансовой деятельности Института за 2022 г. и анализе исполнения дирекцией Института плана мероприятий по итогам проведения аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2021 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП аудиторское заключение и бухгалтерский отчет Института за 2022 г.

Финансовый комитет поблагодарил Е. А. Якушева, директора Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзелепова, за интересный и содержательный доклад «Темная материя во Вселенной и как мы ее изучаем?».

ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ КОМИТЕТЫ

56-я СЕССИЯ ПКК ПО ФИЗИКЕ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД, 17–18 января 2023 г.

56-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 17–18 января 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 Л. Костов проинформировал ПКК о резолюции 132-й сессии Ученого совета Института (сентябрь 2022 г.) и о решениях КПП ОИЯИ (ноябрь 2022 г.).

ПКК принял к сведению доклад о состоянии реактора ИБР-2 в рамках нового Семилетнего плана развития ОИЯИ, представленный В. Н. Швецовым. ПКК с удовлетворением отметил ход работ по замене воздушных теплообменников второго контура охлаждения реактора и получение лицензии на эксплуатацию, а также рекомендовал ЛНФ принять решение о выборе изготовителя комплектующих для новой топливной загрузки ИБР-2. ПКК одобрил планы ЛНФ на следующие семь лет, которые включают изготовление новой топливной загрузки для ИБР-2 с целью обеспечения необходимых условий для возможности продления срока эксплуатации реактора на период после 2032 г. ПКК отметил подтверждение производителя о технической возможности изготовления топливной загрузки и оценки стоимости работ. ПКК также положительно оценил продолжение работ по исследованию механизма возникновения флуктуаций импульсов мощности реактора ИБР-2 совместно с ОАО «НИКИЭТ» и другими организациями Госкорпорации «Росатом».

Комитет принял к сведению доклад о задачах и перспективах эксплуатации ИБР-2, представленный А. В. Долгих. ПКК подчеркнул важность скорейшего получения новой лицензии на эксплуатацию реактора, которая позволит возобновить работу ИБР-2 на физический эксперимент, проводить плановое обновление оборудования и важных для безопасности систем, включая дальнейшее развитие комплекса криогенных замедлителей. ПКК посчитал возобновление регу-

лярной работы установки ИБР-2 на физический эксперимент главной задачей в 2023 г.

ПКК заслушал доклады по темам, предлагаемым для включения в Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2024 г. ПКК удовлетворен предложенными основными направлениями темы «Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов», представленными в докладе Д. П. Козленко. ПКК поддержал усилия, направленные на развитие экспериментальной инфраструктуры спектрометров на реакторе ИБР-2, в рамках темы «Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2», представленной В. И. Боднарчуком. ПКК с удовлетворением отметил прогресс в экспериментах с использованием оптических методов и поддержал проведение этих исследований в рамках новой темы «Оптические методы в исследованиях конденсированных сред», представленной Г. М. Арзуманяном. ПКК высоко оценил прогресс в рамках темы «Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов — импульсного быстрого реактора „Нептун“ в ОИЯИ», представленной М. В. Булавиным, в части текущих и запланированных работ.

ПКК удовлетворен состоянием и перспективами развития научной программы ЛИТ, представленной О. Ю. Дереновской, отметив, что отличительной особенностью направлений исследований, связанных с информационными технологиями, является тесное сотрудничество со всеми лабораториями ОИЯИ, а также с организациями государств-членов Института и других стран. ПКК рекомендовал продолжить исследования, связанные с информационными технологиями.

ПКК отметил план развития темы ЛТФ «Теория сложных систем и перспективных материалов», представленной Е. Анищашем, и поддержал структуру темы, включающей в себя четыре проекта по сложным материалам, математическим моделям статистической физики сложных си-

Дубна, 17-18 января. 56-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред



стем, наноструктурам и наноматериалам, методам квантовой теории поля в сложных системах. ПКК удовлетворен наукометрическими показателями выполнения темы, составом персонала и предлагаемыми формами сотрудничества.

ПКК приветствовал широкий спектр проведенных НИОКР и высокое качество полученных результатов в рамках тем ЛЯП «Развитие научной инфраструктуры ЛЯП для проведения исследований с применением полупроводниковых детекторов, лазерной метрологии, электронов, позитронов и криогенной техники» и «Проведение медико-биологических и радиационно-генетических исследований с использованием различных типов ионизирующих излучений», представленных В. В. Глаголевым, поддерживая продолжение этих работ. ПКК также отметил прогресс в создании установки Linac-200 и работы по лазерной метрологии в части создания высокоточных приборов для установки NICA и в лабораториях государств-членов ОИЯИ.

ПКК одобрил выполнение исследований по биологическому действию ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками в рамках новой темы ЛРБ «Исследование биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками», представленной А. Н. Бугаев, и отметил планируемые исследования по изучению механизмов действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками на молекулярном, клеточном, тканевом и организменном уровнях биологической организации, а также работы в области астробиологии, направленные на решение проблемы возникновения и сохранения жизни во Вселенной методами ядерной физики.

ПКК положительно оценил структуру новой темы ЛЯР «Радиационное материаловедение, нанотехнологические и биомедицинские исследова-

ния на пучках ускоренных тяжелых ионов», представленной П. Ю. Апелем, которая указывает на востребованность и актуальность фундаментальных и прикладных исследований с использованием пучков ускоренных тяжелых ионов для изучения свойств и модификаций материалов, поддерживая развитие биомедицинских приложений трековых мембран, а также работ по ядерным изотопам и экологическим исследованиям.

В качестве общей рекомендации ПКК приветствовал намерение дирекции ОИЯИ обновить подход к формированию Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ, установив продолжительность тем равной семи годам. ПКК также поддержал введение нового условия существования темы, которое заключается в обязательном наличии хотя бы одного действующего проекта в рамках темы.

ПКК с интересом заслушал научный доклад «Диагностика социально значимых заболеваний с помощью аффинных трековых мембран, модифицированных ДНК-аптамерами», представленный Е. Г. Завьяловой, и выразил благодарность докладчику.

ПКК рассмотрел 10 виртуальных стендовых сообщений молодых ученых в области физики конденсированных сред и информационных технологий. Виртуальное сообщение М. Ердаулетова «Разработка литий-ионных аккумуляторов с повышенными удельными характеристиками» было избрано лучшим на сессии. ПКК также отметил высокий уровень двух других виртуальных сообщений: «BIONLIT — информационная система для радиобиологических исследований», представленного И. А. Колесниковой, и «Индукцированный давлением фазовый переход в наноструктурированном феррите цинка», представленного Н. М. Белозеровой. Авторы этих работ будут награждены дипломами ПКК.

57-я СЕССИЯ ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ, 23 января 2023 г.

57-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 23 января в формате видеоконференции под председательством профессора И. Церруи.

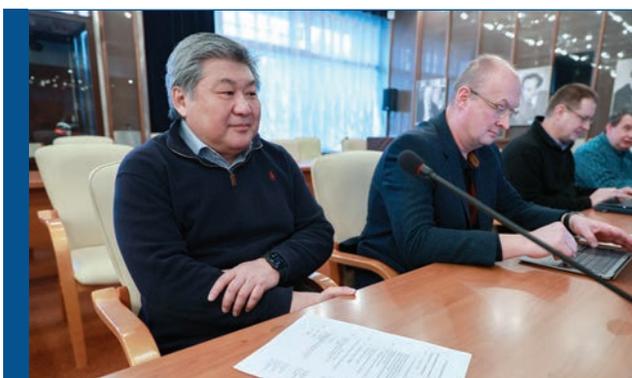
Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций, принятых на предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе проинформировал членов ПКК о резолюции 132-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2022 г.) и решениях КПП (ноябрь 2022 г.).

С удовлетворением заслушав подробный доклад о проекте нового Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг., представленный В. Д. Кекелидзе, ПКК одобрил установленные в плане приоритеты в области физики элементарных частиц и релятивистской физики тяжелых ионов.

ПКК заслушал отчет о ходе реализации проекта «Нуклотрон–NICA», представленный А. О. Сидориним, и высоко оценил интенсивную работу ускорительного комплекса ЛФВЭ по экспериментальной программе на установках SRC и BM@N. ПКК поздравил коллектив NICA с успешным завершением и совместной эксплуатацией нескольких элементов комплекса NICA — источника ионов, линейного ускорителя тяжелых ионов, бустера, нуклотрона и модернизированной 136-метровой транспортной линии, а также с завершением монтажа всех дипольных сверхпроводящих магнитов в арках тоннеля коллайдера.

ПКК принял к сведению отчет о ходе работ по развитию инфраструктуры ЛФВЭ, представленный Н. Н. Агаповым, и с удовлетворением отметил планы по введению в эксплуатацию криоген-

Дубна, 23 января. 57-я сессия
Программно-консультативного комитета по физике частиц



ного комплекса и электрической подстанции, что полностью удовлетворит потребностям мегапроекта NICA.

ПКК принял к сведению отчет о реализации проекта MPD, представленный В. Г. Рябовым, отметив, что производство всех компонентов конфигурации детектора первой ступени MPD идет успешно. Изготовление 1600 модулей электромагнитного калориметра в равных долях завершено в России и Китае. Начата пробная сборка первых полусекторов с использованием корзин из углеродного волокна. Идет изготовление 400 дополнительных модулей российского производства для установки в детектор. Решающим фактором будет своевременная поставка преобразователей длины волны. Наиболее важные задачи в первой половине 2023 г.: охлаждение, подача тока и испытания большого сверхпроводящего соленоида MPD с последующими измерениями магнитного поля.

ПКК высоко оценил прогресс в реализации проекта BM@N, представленный М. Н. Капишиным. Важной вехой проекта является продолжительный физический эксперимент с пучком ядер ксенона с энергией 3,6 А ГэВ, взаимодействующим с мишенью из CsI, в котором было зафиксировано 507 миллионов взаимодействий Xe + CsI. Проведение эксперимента обеспечил полный набор детекторов, включающий в себя пучковые трекары, центральную трековую систему из кремниевых и GEM-детекторов, внешний трекары, состоящий из катодных стриповых и дрейфовых камер, времяпролетную систему, триггерные детекторы, а также адронный калориметр и годоскопы для определения центральности событий. ПКК отметил успешную работу вакуумной пучковой линии, которая значительно уменьшила фон пучка в детекторах BM@N.

ПКК принял к сведению отчет о подготовке технического проекта (TDR) эксперимента SPD, представленный А. В. Гуськовым. Была выбрана классическая магнитная система с соленоидным магнитом. Ожидается, что проект SPD будет реализован в два этапа. Базовая конфигурация пред-

назначена для измерений с поляризованными пучками протонов и дейтронов при низких энергиях столкновения и светимости ниже номинальной ($10^{32} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$). Она будет включать мюонную систему, строу-трекер, центральный детектор на основе Microegas, калориметры с нулевым углом и детекторы столкновений пучков (BCD). На втором этапе будет создана полная конфигурация с кремниевым вершинным детектором, времяпролетной системой, электромагнитным калориметром и аэрогелевым детектором, необходимая для реализации основной задачи SPD — изучения поляризованной глюонной структуры нуклонов. ПКК призвал команду актуализировать проект с учетом текущего наличия материалов и оборудования, а также их стоимости, рекомендовав руководству ОИЯИ назначить консультативный комитет по детекторам для подробного рассмотрения TDR SPD.

В соответствии с пожеланием, высказанным на 55-й сессии, ПКК заслушал отчеты о ходе работ двух групп ОИЯИ, участвующих в проектах T2K-II и COMET, представленные Ю. И. Давыдовым и З. Цамалаидзе. Высоко оценив участие группы ОИЯИ в эксперименте T2K-II, ПКК вновь выразил озабоченность по поводу роли, стратегии и научной значимости группы ОИЯИ в рамках проекта T2K-II. ПКК рекомендовал продолжить участие ОИЯИ во второй фазе эксперимента T2K до конца 2024 г. с рейтингом В. Признав ведущую роль группы ОИЯИ в разработке и изготовлении основных подсистем детектора COMET, ПКК также с удовлетворением отметил участие членов группы ОИЯИ в структурах управления коллаборации COMET и рекомендовал продолжить проект до конца 2024 г. с рейтингом А.

ПКК принял к сведению доклады о научных результатах, полученных группами ОИЯИ в экспериментах на LHC, представленные Б. В. Батюней (ALICE), И. В. Елецких (ATLAS) и В. Ю. Каржавиным (CMS), с удовлетворением отметив растущую научную значимость и более активное участие групп ОИЯИ в физическом анализе данных экспериментов.

56-я СЕССИЯ ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ, 26 января 2023 г.

56-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 26 января под председательством профессора В. В. Несвижевского.

На сессии были заслушаны подробные доклады о состоянии дел в области исследований по ядерной физике и по проекту Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг., представленные директорами лабораторий: С. И. Сидорчуком (ЛЯР), В. Н. Швецовым (ЛНФ), В. В. Кореньковым (ЛИТ), заместителем директора ЛТФ Н. В. Антоенко и начальником отдела ЛЯП Е. А. Якушевым.

Исследования *Лаборатории ядерных реакций* в области физики тяжелых ионов нацелены на решение научных задач, сформулированных в двух темах: «Синтез и свойства сверхтяжелых ядер, структура ядер на границе нуклонной стабильности» и «Развитие ускорительного комплекса ЛЯР и экспериментальных установок (DRIBs-III)». В 2020 г. в ОИЯИ была запущена фабрика СТЭ на базе ускорителя ДЦ-280 и сепараторов нового поколения ГНС-2 и GRAND (ГНС-3). Впервые были обнаружены 5 новых изотопов и моды распадов известных сверхтяжелых элементов в реакциях с пучком ^{48}Ca и мишенями из Th,



U, Pu, Am, в частности, впервые измерены ветви альфа-распада ^{268}Db .

В настоящее время проходят первые эксперименты по изучению химических свойств СТЭ Cn и Fl с использованием сепаратора GRAND. На модернизированной установке SHELS-GABRIELA был проведен цикл экспериментов по гамма- и нейтронной спектроскопии ряда изотопов Rf и Fm.

Ускоритель У-400М находится на модернизации и будет введен в эксплуатацию в 2023 г. Подготовлен проект реконструкции ускорителя У-400 в У-400Р и нового экспериментального зала площадью 1500 м². Ускоритель У-400Р позволит плавно варьировать энергию ускоренных пучков в диапазоне от 1 до 28 МэВ/А, а также повысить интенсивности пучков вплоть до урана.

Одной из основных целей ЛЯР является синтез новых элементов с атомными номерами 119 и 120 в таких реакциях, как $^{54}\text{Cr} + ^{248}\text{Cm}$ и $^{50}\text{Ti} + ^{249}\text{Bk}$. В настоящее время ведется работа по получению высокоинтенсивных пучков ^{50}Ti и ^{54}Cr на фабрике СТЭ.

Для исследования химических свойств наиболее тяжелых известных элементов 113–115 на фабрике СТЭ планируется создать сепаратор на основе сверхпроводящего соленоида, который позволит фокусировать продукты реакций в пятно диаметром не более 1 см с высоким уровнем очистки от пучка, что позволит впервые проводить эксперименты с временами жизни изотопов менее 0,5 с. В 2024–2030 гг. планируется продолжить эксперименты по изучению структуры и механизмов образования ядер вблизи и за границей нуклонной стабильности на установках ACCULINNA-1, ACCULINNA-2 и МАВР.

ПКК выразил поддержку предлагаемой стратегии развития научных исследований ЛЯР в области физики тяжелых ионов на период 2024–2030 гг.

Ядерно-физические исследования с нейтронами в *Лаборатории нейтронной физики* проводятся в рамках научной темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и трех проектов.

В физических исследованиях с нейтронами можно выделить три направления: исследование нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами, получение ядерных данных; исследование фундаментальных свойств нейтрона, физика ультрахолодных и очень холодных нейтронов; прикладные и методические исследования.

В новом семилетнем периоде 2024–2030 гг. предлагается сосредоточить усилия на решении следующих физических задач в области нейтронной ядерной физики:

— изучение процесса ядерного деления: измерение массово-энергетических и угловых распределений осколков деления, быстрых нейтронов и гамма-квантов и др.;

— изучение свойств нейтронных резонансов, измерение спектров гамма-квантов для резонансов с разными спинами, четностями и угловыми моментами;

— разработка и применение метода меченых нейтронов для изучения реакций взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами;

— разработка и применение нейтронных и ядерных методов для элементного анализа и прикладных исследований.

Разработка и создание нового источника УХН на реакторе ИБР-2 будет являться основной задачей в области исследований с УХН на период 2024–2030 гг., что позволит повысить точность измерения времени жизни нейтрона и улучшить пределы на ограничение электрического дипольного момента нейтрона.

За семилетний период 2024–2030 гг. планируется увеличить интенсивность потока нейтронов установки ИРЕН до $3 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$, а также увеличить ток пучка ускорителя ЭГ-5 до 50 мкА, а его энергию до 4,1 МэВ.

ПКК рекомендовал продолжить научные исследования в 2024–2030 гг. по ядерной физике с использованием нейтронных установок ЛНФ, таких как импульсный источник резонансных нейтронов ИРЕН, импульсный реактор ИБР-2 и электростатический генератор ЭГ-5, открыв несколько проектов.

Научные исследования в *Лаборатории ядерных проблем* в рамках темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика» посвящены изучению редких явлений, связанных со слабым взаимодействием, методами современной ядерной спектроскопии. Выделяются следующие направления:

— исследования двойного бета-распада различными калориметрическими и трекокалориметрическими методами;

— поиск магнитного момента нейтрино, когерентного рассеяния нейтрино на ядрах (CEvNS);

— исследование галактических и внегалактических источников нейтрино, диффузионного нейтринного космического фона, поиск экзотических частиц, поиск стерильных нейтрино;

— разработка новых методов обнаружения заряженных и нейтральных частиц;

— развитие современной радиохимии для астрофизики и ядерной медицины.

ПКК поддержал предложение дирекции ЛЯП о реорганизации структуры темы по нейтринной физике и астрофизике и рекомендовал дирекции ЛЯП подготовить новые, более масштабные проекты, отражающие реальное вовлечение персонала и ресурсов, и представить их для обсуждения на следующее заседание ПКК по ядерной физике.

В *Лаборатории теоретической физики* исследования в области ядерной физики низких энергий ведутся в рамках темы «Теория ядерных систем». Структурные особенности ядер, удаленных от линии стабильности, структура сверхтяже-

лых ядер, взаимодействие ядер при низких энергиях, динамика слияния и деления ядер, ядерные реакции в астрофизических условиях и др. являются основными направлениями исследований.

В предстоящем семилетнем периоде 2024–2030 гг. исследования будут также сосредоточены на изучении экзотических ядер в области сверхтяжелых элементов и легких ядерных систем на границах стабильности и за их пределами, что актуально для экспериментальных исследований на фабрике СТЭ в ЛЯР ОИЯИ и в других мировых исследовательских центрах.

Для задач астрофизики будут разрабатываться модели для предсказания скоростей различных ядерных реакций; будут проанализированы механизмы передачи нуклонов и кластеров между ядрами, а также распада одного ядра в поле другого.

ПКК одобрил образовательную программу ЛТФ и связь теоретических исследований с экспериментальной программой ОИЯИ.

Высоко оценив результаты, полученные по основным направлениям исследований, ПКК поддержал продление темы «Теория ядерных систем» до конца 2030 г.

Развитие надежного функционирования сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры, а также математического и программного обеспечения научно-производственной деятельности Института и стран-участниц ОИЯИ осуществляется в *Лаборатории информации*

ных технологий в рамках темы «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и проекта «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)». МИВК ОИЯИ является ключевым элементом вычислительной инфраструктуры ОИЯИ и играет определяющую роль в научных исследованиях, требующих современных вычислительных мощностей и систем хранения данных. Другое направление исследований ЛИТ связано с разработкой и внедрением эффективных методов, алгоритмов и программного обеспечения для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных с целью успешной реализации научной программы (в рамках темы «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных»). Отличительной особенностью деятельности ЛИТ является тесное сотрудничество со всеми лабораториями Института, институтами государств-членов ОИЯИ и других стран.

ПКК поддержал проект развития ЛИТ на следующую семилетку, связанный с совершенствованием информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ, а также с разработкой и внедрением алгоритмов и программного обеспечения для моделирования физических систем, методов математической обработки и анализом экспериментальных данных.

57-я СЕССИЯ ПКК ПО ФИЗИКЕ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД, 15–16 июня 2023 г.

57-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 15–16 июня под председательством профессора Д. Л. Нады.

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций предыдущей сессии ПКК, касающихся исследований ОИЯИ в области физики конденсированных сред. Вице-директор ОИЯИ Л. Костов проинформировал ПКК о резолюции 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2023 г.) и решениях КПП ОИЯИ (март 2023 г.).

ПКК заслушал доклады о проектах, предлагаемых для включения в Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ с 2024 г. ПКК поддержал предложения об открытии крупного инфраструктурного проекта «Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров» и проекта «Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов» на 2024–2028 гг., представленные Е. В. Лычагиным. Основной целью проектов является повышение эффективности использования ИЯУ ИБР-2 в ходе реализации программы экспериментальных исследований,

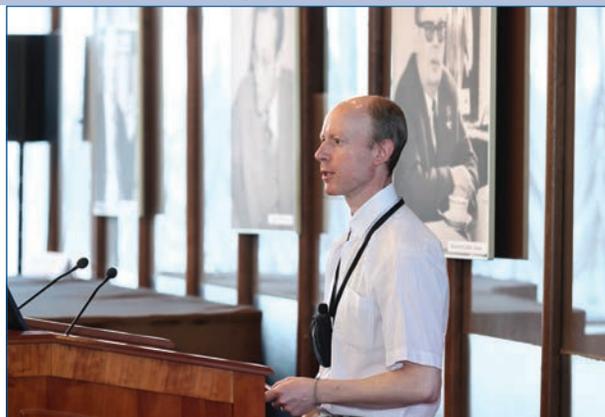
а также обеспечение эксплуатационной надежности и безопасности реактора.

ПКК рекомендовал открыть проект «Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ», представленный М. В. Булавиным, на 2024–2028 гг. В соответствии с планами работ проводятся следующие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы: исследование динамики пульсирующего реактора, разработка нитрид-нептуниевого топлива и твэлов на его основе, оптимизация конструкции модулятора реактивности и корпуса реактора в части снижения тепловых нагрузок и формоизменения, разработка и выполнение перечня НИОКР в обоснование разработки эскизного проекта, включая основные системы реакторной установки, комплекс криогенных замедлителей, разработка научной программы и комплекса спектрометров на ее основе.

ПКК поддержал предложение об открытии проекта «Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2», представленное В. И. Боднарчуком, на 2024–2028 гг. Проект направлен на улучшение параметров и произво-

Дубна, 15–16 июня.

57-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред



длительности экспериментальных установок, расширение области их применения, а также разработку их элементов и узлов.

ПКК поддержал открытие проекта «Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов» и подпроектов «Исследование структуры и динамики функциональных материалов и наносистем на базе комплекса спектрометров реактора ИБР-2», «Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии на реакторе ИБР-2», представленных Д. П. Козленко, для их выполнения в 2024–2028 гг.

ПКК рекомендовал открыть проект «Нанобиофотоника», представленный Г. М. Арзуманяном, на период 2024–2028 гг. ПКК посчитал исследовательскую программу предлагаемого нового проекта перспективной и современной, имеющей междисциплинарный характер и направленной на решение как фундаментальных, так и прикладных задач. ПКК приветствовал начало более тесного сотрудничества по этим темам с другими лабораториями ОИЯИ, а также с внешними биомедицинскими организациями.

ПКК рекомендовал продлить проект «Новые полупроводниковые приборы для фундаментальных и прикладных исследований», представленный Г. А. Шелковым, на период 2024–2028 гг. ПКК отметил высокую квалификацию участников проекта, а также многолетний опыт международного сотрудничества и деятельности в рамках коллаборации Medipix. Предлагаемые работы в основном направлены на создание собственного микрочипа и производство новых энергочувствительных полупроводниковых детекторов и рентгенографических аппаратов.

ПКК поддержал продление проекта «Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов (ПЛИ)», представленного М. В. Ляблиным, на период 2024–2028 гг. Предложенные работы являются продолжением текущего проекта, реализуемого для коллайдерного комплекса NICA. Целями проекта являются,

во-первых, долгосрочный мониторинг земной поверхности под ускорителем NICA и влияния микросейсмических шумов, во-вторых — создание сети инклинометров в районах сейсмической активности.

ПКК рекомендовал продлить проект «Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (ПАС)», представленный А. А. Сидориным, на период 2024–2028 гг. ПКК отметил высокую востребованность методов ПАС, в том числе метода доплеровского уширения аннигиляционной линии (ДУАЛ) на пучке, а также спектроскопии времени жизни аннигиляции позитрония (PALS) в классической постановке. Реализация программы, представленной в проекте, выведет используемую установку на качественно новый уровень, открывая возможности для экспериментальных исследований в области физики конденсированного состояния и материаловедения.

ПКК рекомендовал открыть проект «Создание и развитие тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов в ЛЯП», представленное С. Абу Эль-Азмом, для его реализации в 2024–2028 гг. Проект нацелен на проведение экспериментальных исследований на пучках ускоренных электронов ускорителя Linac-200. Два канала Linac-200 будут использоваться для тестирования оборудования, а также для прикладных и образовательных целей.

ПКК поддержал открытие проекта «Защита от физико-химических стрессов с помощью белков тихоходок (TARDISS)», представленное М. П. Зарубиным. ПКК отметил амбициозность целей изучения радио- и криопротекторных свойств белка Dsup в живых системах и *in vitro*, а также разработки модельных живых систем с индуцированной экспрессией белка Dsup и создания высокотехнологичных материалов, модифицированных этим белком.

ПКК рекомендовал открыть проекты «Молекулярные, генетические и организменные эффекты ионизирующих излучений с различными

физическими характеристиками» и «Исследования в области радиационной биофизики и астробиологии», представленные П. Н. Лобачевским и А. В. Чижовым соответственно, на период 2024–2028 гг. Целью первого из этих проектов является изучение закономерностей и механизмов молекулярно-генетического и организменного действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками. Второй проект направлен на решение ряда фундаментальных проблем радиобиологии и астробиологии, а также практических задач, связанных с развитием радиационной медицины.

ПКК поддержал предложение об открытии проектов «Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов» и «Нанокompозитные и функциональные трековые мембраны», представленное П. Ю. Апелем, для их реализации в 2024–2028 гг. Первый проект направлен на систематическое изучение структурных эффектов, вызванных быстрыми тяжелыми ионами в материалах, перспективных для ядерных и нанотехнологических применений, в целях выявления фундаментальных механизмов и определения субпикосекундной кинетики возникающих возбуждений. Второй проект, касающийся трековых мембран (ТМ), демонстрирует примеры промышленного применения ионно-трековых технологий. ПКК посчитал особенно важным применение ТМ в области биотехнологий и в медицине. Результаты проекта будут включать внедрение новых и развитие существующих способов модификации мембран для производства композитных и

гибридных ТМ для целевого применения в нанофлюидике, сенсорных технологиях, зеленой энергетике и биомедицине.

ПКК принял к сведению письменные предложения об открытии или продлении проектов «Методы вычислительной физики для исследования сложных систем» на 2024–2026 гг., «Сложные материалы», «Математические модели статистической физики сложных систем», «Наноструктуры и наноматериалы», «Методы квантовой теории поля в сложных системах» на 2024–2028 гг. ПКК рекомендовал открыть или продлить эти проекты на заявленные периоды.

ПКК с интересом заслушал научный доклад «Нейтронно-дифракционные исследования структурно-фазовых переходов в сплавах», представленный Т. Н. Вершининой, и поблагодарил автора за отличный доклад.

ПКК рассмотрел 12 виртуальных стендовых сообщений молодых ученых в области физики конденсированных сред и информационных технологий. Виртуальное сообщение В. Д. Жакетова «Эффекты близости в сверхпроводящих и ферромагнитных гетероструктурах» было избрано лучшим на сессии. ПКК также отметил высокий уровень двух других виртуальных сообщений: «Влияние высокого давления на кристаллическую, магнитную структуры и колебательные спектры ван-дер-ваальсова материала», представленного О. Н. Лис, и «Влияние высокого давления на кристаллическую структуру и колебательные спектры слоистого перовскитоподобного $\text{Nd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ », представленного А. Асадовым.

58-я СЕССИЯ ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ, 21–22 июня 2023 г.

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

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций, принятых на предыдущей сессии ПКК, касающихся исследований ОИЯИ в области физики частиц. Вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе проинформировал о резолюции 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2023 г.) и решениях КПП ОИЯИ (март 2023 г.).

ПКК одобрил шаги дирекции Института по расширению участия мексиканских исследователей в деятельности ОИЯИ, укреплению сотрудничества с научными организациями и университетами Китая, поддержанию высокого уровня сотрудничества с исследовательскими организациями всех стран Европы в целях повышения международного статуса Института.

Заслушав отчет о ходе реализации проекта «Нуклотрон–NICA», представленный А. О. Сидориным, ПКК поздравил команду ускорителя с

успешным 4-м техническим сеансом и поблагодарил докладчика за подробный анализ введенных в эксплуатацию ресурсов и оборудования, включая электронное охлаждение, что улучшило работу ускорительного комплекса. ПКК признал усилия руководства ОИЯИ и NICA по сокращению различных задержек, в том числе в завершении инфраструктурных работ в здании коллайдера и строительстве линий транспортировки пучка от нуклотрона к коллайдеру NICA, и принял к сведению итоговый пересмотренный график, согласно которому первые пучки на коллайдере NICA теперь ожидаются в 2025 г.

ПКК принял к сведению отчет о ходе работ по развитию инфраструктуры ЛФВЭ, включая нуклотрон, представленный Н. Н. Агаповым. Комитет с удовлетворением отметил, что доступная мощность главной подстанции увеличена вдвое до 40,8 МВт. Криогенные подсистемы NICA в настоящее время объединены в единый комплекс с использованием криогенных трубопроводов, значительная часть которых проверена на гер-



метичность и готова к эксплуатации. Завершается монтаж инженерного и исследовательского оборудования в новых корпусах комплекса NICA — здании коллайдера и новой компрессорной станции.

ПКК принял к сведению отчет о реализации проекта MPD, представленный В. Г. Рябовым. Производство всех компонентов детектора первой ступени MPD продолжается, хотя сроки сдвинуты из-за проблем с поставками многих компонентов от европейских компаний, отсутствия технической документации на поставляемые компоненты и необходимости поиска дополнительной квалифицированной рабочей силы. Наиболее важной задачей по-прежнему является охлаждение и электроснабжение большого сверхпроводящего соленоида MPD. Смонтирована временная криогенная система охлаждения соленоида, проведены вакуумные испытания и эксплуатация в ручном режиме.

ПКК высоко оценил ход реализации проекта BM@N, представленный М. Н. Капишиным. Важным этапом проекта стал физический сеанс с пучками $\text{Xe } 3,8 \text{ А ГэВ}$ и $3,0 \text{ А ГэВ}$ на CsI -мишени, в ходе которого было зарегистрировано более 550 млн $\text{Xe} + \text{CsI}$ взаимодействий. Идентификация Λ -гиперонов, K_S^0 -мезонов и заряженных частиц значительно улучшилась после юстировки, калибровки трековых и времяпролетных детекторов и обработки первых данных. Центральность события оценивалась с помощью переднего адронного калориметра и годоскопа фрагментов. ПКК подчеркнул нехватку кадров для текущего анализа записанных данных. В то же время ПКК призвал команду BM@N сосредоточить свои усилия на получении первых физических результатов для данных сеанса с ионами Xe .

ПКК принял к сведению отчет о подготовке технического проекта (TDR) эксперимента SPD, представленный А. В. Гуськовым. Компонировка детектора принята с учетом новых возможностей, открываемых увеличением допустимой нагрузки на пол экспериментального зала. Команда SPD прилагает усилия для поиска и разработки

заменяемого оборудования, компонентов и технических решений, необходимых для создания детектора. Ведется подготовка документации на сверхпроводящий соленоид SPD. ПКК повторил свою рекомендацию руководству ОИЯИ о необходимости возобновления деятельности международного консультативного комитета по детектору SPD, а также призвал группу SPD продолжить подготовку TDR.

ПКК принял к сведению доклады о научных результатах, полученных группами ОИЯИ в экспериментах на LHC, представленные Б. В. Батюной (ALICE), Т. В. Любушкиной (ATLAS) и В. Ю. Каржавиным (CMS). ПКК отметил активное участие групп ОИЯИ в физическом анализе данных экспериментов.

ПКК высоко оценил участие команды ОИЯИ в одном из ведущих экспериментов по поиску новой физики в области масс ниже масштаба электрослабых взаимодействий — проекте NA64 (ЦЕРН), теоретическую мотивацию группы, ответственность за работу детектора, разработку и поддержку строу-трекера, работу системы сбора данных, а также накопление и анализ данных, представленные Д. В. Пешехоновым. ПКК поддержал дальнейшее участие коллектива ОИЯИ в эксперименте NA64 и рекомендовал его продолжить в 2024–2026 гг.

ПКК принял к сведению отчет о деятельности группы ОИЯИ в эксперименте BESIII, представленный И. И. Денисенко, высоко оценил важный вклад группы ОИЯИ, в том числе планы продолжить изучение очарованных кварков в будущем эксперименте SPD на NICA, и рекомендовал ОИЯИ продолжить участие в проекте BESIII в 2024–2028 гг.

ПКК принял к сведению отчет А. Н. Бородина об эксперименте TAIGA. Со времени последней презентации на ПКК участие ОИЯИ в анализе данных возросло за счет привлечения молодых исследователей. ПКК призвал команды ОИЯИ TAIGA и «Байкал» к сотрудничеству, в частности, в поиске событий со схожими и взаимодополняющими характеристиками и рекомендовал

ОИЯИ продолжить участие в проекте TAIGA в 2024–2028 гг.

ПКК принял к сведению отчет об участии коллектива ОИЯИ в подготовке реакторного нейтринного эксперимента JUNO (Китай), представленный Д. В. Наумовым. Эксперимент JUNO направлен на определение иерархии масс нейтрино с целью достижения значимости не менее трех-четырёх стандартных отклонений после шести лет набора данных. ПКК высоко оценил важный вклад и заметное участие коллектива ОИЯИ в эксперименте, который находится на стадии ввода в эксплуатацию, и рекомендовал ОИЯИ продолжить участие в JUNO в 2024–2027 гг.

ПКК заслушал отчет Л. Д. Колупаевой об участии ОИЯИ в текущем ускорительном нейтринном эксперименте NOvA и в подготовке эксперимента нового поколения DUNE (США). Группа ОИЯИ внесла значительный вклад в эксперимент NOvA и могла бы участвовать в создании ближнего детектора DUNE, включая систему сбора света в жидком аргоне, трековую систему на основе строу-трубок, а также алгоритмы и методы анализа данных. ПКК рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в эксперименте NOvA и поддержал работу по подготовке проекта DUNE на период 2024–2026 гг.

ПКК отметил решающую роль проекта «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)», представленного В. В. Кореньковым, в научных исследованиях и обеспечении современными вычислительными мощностями и системами хранения данных. ПКК

рекомендовал продлить проект МИВК на период 2024–2030 гг.

ПКК заслушал предложение об открытии нового проекта «Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных», представленное С. В. Шматовым. Проект направлен на разработку общих математических методов и программного обеспечения с широким использованием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных в тесном сотрудничестве с пользователями. ПКК рекомендовал открыть проект в 2024 г. на период с 2024 по 2026 г.

ПКК принял к сведению новый проект участия группы ОИЯИ в эксперименте AMBER с фиксированной мишенью на SPS (ЦЕРН), представленный А. В. Гуськовым. Эксперимент посвящен изучению внутренней структуры и свойств адронов. Основой установки AMBER является модернизированный спектрометр COMPASS. Принимая во внимание синергию между обширными физическими программами экспериментов AMBER и NICA SPD, в том числе пользу от обучения молодых исследователей в эксперименте AMBER во время создания SPD, ПКК рекомендовал участие группы ОИЯИ в эксперименте AMBER в 2024–2026 гг.

57-я СЕССИЯ ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ, 29–30 июня 2023 г.

57-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 29–30 июня под председательством профессора В. В. Несвижевского.

Председатель ПКК представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК. Вице-директор ОИЯИ С. Н. Дмитриев проинформировал ПКК о резолюции 133-й сессии Ученого совета (февраль 2023 г.) и решениях КПП ОИЯИ (март 2023 г.).

ПКК принял к сведению доклад Н. В. Антоненко о структуре продленной темы «Теория ядерных систем», включающей в себя четыре проекта. ПКК заслушал предложения об открытии новых проектов «Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем», «Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики», «Квантовые системы нескольких частиц», «Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы», представленные руководителями проектов Н. В. Антоненко, А. А. Джигоевым, А. К. Мотовиловым и С. Г. Бондаренко соответственно.

ПКК высоко оценил текущее состояние исследований в рамках темы и четырех проектов, предлагаемых к реализации в 2024–2028 гг. ПКК подчеркнул тесную связь теоретических исследований с экспериментальной программой ОИЯИ, рекомендовал открыть эти четыре новых проекта на 5 лет и поддержал предложенную структуру продленной темы «Теория ядерных систем».

ПКК заслушал предложение о продлении темы «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности», представленное С. И. Сидорчуком. Основные направления научных исследований на период 2024–2030 гг. в рамках темы будут связаны с изучением тяжелых ядер и атомов, а также легких ядер вдали от линии β -стабильности. ПКК также заслушал доклады по открытию двух новых проектов в рамках данной темы: «Исследования тяжелых и сверхтяжелых элементов» (А. В. Карпов) и «Легкие экзотические ядра вблизи границ ядерной стабильности» (Г. Каминьски). ПКК высоко оценил предложения ЛЯР по развитию исследований в области физики тяжелых



ионов и рекомендовал открыть эти проекты на 5 лет до конца 2028 г. Для возможности реализации новых проектов, а также проведения других экспериментов в области физики тяжелых ионов ПКК рекомендовал продлить тему «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности» сроком на 7 лет до конца 2030 г.

ПКК заслушал отчет по теме «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» и предложение о ее реформировании в крупный инфраструктурный проект (КИП), представленные И. В. Калагиным.

ПКК заслушал предложения об открытии двух новых проектов в рамках данного КИП, представленные А. В. Ереминым. Проект «Создание ускорительного комплекса У-400Р» включает в себя модернизацию существующего ускорителя У-400 в У-400Р, строительство нового экспериментального здания, создание новых установок комплекса. Проект «Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов» нацелен на реализацию задач по созданию новых экспериментальных установок фабрики СТЭ.

ПКК рекомендовал преобразовать тему «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» в крупный инфраструктурный проект с тем же названием на период 2024–2030 гг. и открыть два новых проекта «Создание ускорительного комплекса У-400Р» и «Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов» до конца 2028 г.

ПКК заслушал представленный Ю. Н. Копачем доклад об основных результатах, полученных за прошедший год в рамках темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и трех проектов: «Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций (TANGRA)», «Эмиссия нейтронов и гамма-квантов в реакциях, индуцированных нейтронами (ЭНГРИН)» и «Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной ин-

фраструктуры». Отметив высокое качество полученных научных результатов, ПКК рекомендовал завершить проект ЭНГРИН и закрыть тему «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона».

ПКК заслушал предложения об открытии нового проекта «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и новой темы «Нейтронная ядерная физика», представленные В. Н. Швецовым. Отметив перспективность научной программы нового проекта и проекта TANGRA, ПКК рекомендовал открыть новый проект «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» сроком на 5 лет до конца 2028 г., а также продлить проект TANGRA сроком на 5 лет до конца 2028 г. и проект «Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры» сроком на 3 года до конца 2026 г. В связи с предложениями об открытии нового проекта, о продлении сроков двух других проектов, а также о финансировании других важных работ в статусе «активность» ПКК рекомендовал открыть новую тему «Нейтронная ядерная физика» до конца 2030 г.

ПКК заслушал предложения об открытии трех новых проектов: «Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины», «Исследования реакторных нейтрино на короткой базе» и «Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений» в рамках темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика».

Научные исследования в проекте «Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины» (А. Баймуханова) посвящены развитию методов ядерной спектроскопии и радиохимии для изучения редких явлений, связанных со слабым взаимодействием и рядом задач астрофизики, а также с разработкой радиофармпрепаратов и их применением в ядерной медицине. Проект «Исследования реакторных нейтрино на короткой базе» (И. В. Житников) объединяет исследования фундаментальных свойств нейтрино в экспериментах DANSS, ν GeN и Ricochet. Проект «Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений» (Е. А. Якушев) объединяет

исследования фундаментальных свойств нейтрино и поиск частиц темной материи в экспериментах. ПКК отметил значительный вклад научных групп ОИЯИ в данные эксперименты и рекомендовал открыть эти проекты до конца 2028 г.

ПКК заслушал отчет о ходе выполнения проекта «Baikal-GVD» и предложение о его продлении, представленные И. А. Белолоптиковым. Проект реализуется в рамках темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика». В течение 2016–2023 гг. коллаборация развернула 12 полномасштабных кластеров с 3500 оптическими модулями. Анализ полученных за 2018–2021 гг. данных впервые подтверждает наблюдение в эксперименте IceCube астрофизического потока диффузных нейтрино со значимостью 3σ , что является многообещающим результатом.

Текущие темпы производства и размещения на Байкале дополнительных кластеров к 2028 г. позволят достичь объема наблюдения в 1 км^3 для регистрации астрофизических нейтрино высоких энергий с помощью около 6000 оптических модулей. ПКК подчеркнул важную роль, которую играет проект «Baikal-GVD» совместно с экспериментом IceCube для изучения потока высокоэнергетических нейтрино. Высоко оценив научную значимость проекта и ведущую роль ОИЯИ в его реализации, ПКК рекомендовал продлить проект «Baikal-GVD» в качестве крупного инфраструктурного проекта до конца 2028 г.

ПКК принял к сведению отчет о проекте «E&T&RM» и предложение о его продлении с но-

вым названием «Подкритический реактор с ускорительным приводом (ADSR)», представленные М. М. Параипан. Проект нацелен на развитие новых принципов моделирования режимов подкритических систем, управляемых ускорителями, являющихся источниками нейтронов для широкого круга исследований в области ядерной физики. ПКК поддержал продление проекта на период 2024–2027 гг. с обновленным содержанием и названием.

ПКК заслушал отчет по проекту «Исследование спиновой структуры нуклонов в сильных и электромагнитных взаимодействиях (GDH&SPASCHARM&NN)» и предложение о его продлении, представленные Ю. А. Плисом. Проект включает в себя три независимых эксперимента, связанных с изучением спиновой структуры нуклона в сильных и электромагнитных взаимодействиях. ПКК рекомендовал продлить проект до конца 2028 г.

ПКК заслушал предложение о продлении проекта «BECQUEREL-2023» на ускорительном комплексе нуклотрон-NICA для исследования периферических взаимодействий релятивистских ядер, представленное П. И. Зарубиным. Проект сфокусирован на поиске α -частичного конденсата Бозе–Эйнштейна (α BEC). ПКК рекомендовал продлить работы по проекту «BECQUEREL-2023» в статусе «активность».

ПРЕМИИ ОИЯИ

Премия им. В. П. Джелепова была присуждена старшему научному сотруднику Лаборатории ядерных реакций П. Ю. Апелю за разработку но-

вого поколения трековых мембран и их применение в медицине и экологии.

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ОИЯИ

За научно-исследовательские теоретические работы

Первые премии

«Точно решаемые модели статистической механики и квантовая теория поля».

Авторы: С. Э. Деркачев, Г. А. Саркисян, В. П. Спиридонов.

«Механизм полного слияния с передачей нуклонов в столкновении тяжелых ионов».

Авторы: А. К. Насиров, Г. Г. Адамян, Ш. А. Каландаров, Дж. Джиардина, Дж. Мандалъё, Б. М. Каюмов, О. К. Ганиев, Г. А. Юлдашева.

Вторая премия

«Теоретическая поддержка экспериментов на коллайдерах».

Авторы: А. Б. Арбузов, С. Г. Бондаренко, Е. В. Дыдышко, В. Л. Ермольчик, Ю. В. Ермольчик, Л. В. Калиновская, А. А. Кампф, Л. А. Румянцев, Р. Р. Садыков.

Третья премия

«Слабые распады тяжелых адронов в свете поиска новой физики».

Авторы: Г. Ганболд, М. А. Иванов, А. Исадыков, В. Е. Любовицкий, Чан Тъен Тханг, Ж. Тюлемисов.

За научно-исследовательские экспериментальные работы

Первые премии

«Наблюдение диффузного потока космических нейтрино с помощью нейтринного телескопа Baikal-GVD».

Авторы: И. А. Белолаптиков, К. В. Конищев, А. В. Коробченко, Е. Н. Плисковский, Б. А. Шайбон.

«Новый изотоп ^{276}Ds и продукты его распада ^{272}Hs и ^{268}Sg в реакции $^{232}\text{Th} + ^{48}\text{Ca}$ ».

Авторы: Ф. Ш. Абдуллин, А. А. Воинов, Д. Ибадуллаев, Н. Д. Коврижных, А. Н. Поляков, Р. Н. Сагайдак, Д. И. Соловьев, В. К. Утенков, Ю. С. Цыганов, М. В. Шумейко.

Вторая премия

«Магнитные состояния редкоземельных металлов при высоких давлениях».

Авторы: Н. О. Голосова, Д. П. Козленко, Е. В. Лукин, Б. Н. Савенко, В. Ю. Юшанхай.

Третья премия

«Поиск легкой темной материи в эксперименте NA64 в ЦЕРН».

Авторы: П. В. Волков, С. Н. Гниненко, Т. Л. Еник, Г. Д. Кекелидзе, В. А. Крамаренко, Н. В. Красников, В. А. Матвеев, Д. В. Пешехонов, В. А. Поляков, К. М. Саламатин.

За научно-методические и научно-технические работы

Первая премия

«Детектирующая система SFiN».

Авторы: А. В. Исаев, Р. С. Мухин, А. В. Еремин, А. А. Кузнецова, О. Н. Малышев, А. Г. Попеко, Ю. А. Попов, Б. Сайлаубеков, А. И. Свирихин, Е. А. Сокол.

Вторые премии

«Разработка программно-алгоритмического комплекса для реконструкции, идентификации и отбора мюонов высоких энергий в эксперименте CMS на LHC».

Авторы: Н. Н. Войтишин, А. В. Зарубин, В. Ю. Каржавин, А. Ю. Каменев, В. В. Кореньков,

А. В. Ланев, В. А. Матвеев, В. В. Пальчик, В. В. Перельгин, С. В. Шматов.

«Развитие и применение новых экспериментальных методик на комплексе ACCULINNA-2@У-400М».

Авторы: А. А. Безбах, С. Г. Белогуров, М. С. Головков, А. В. Горшков, С. А. Крупко, Е. Ю. Никольский, Г. М. Тер-Акопьян, А. С. Фомичев, В. Худоба, П. Г. Шаров.

Третья премия

«Рефрижератор ³Не на основе охлаждения криокулером замкнутого цикла».

Автор А. Н. Черников.

За научно-технические прикладные работы

Первая премия

«Изучение нанослойных материалов и искусственных алмазов методами позитронной спектроскопии на уникальном в России инжекторе медленных монохроматических позитронов».

Авторы: А. А. Сидорин, О. С. Орлов, В. И. Хилинов, И. Н. Мешков, Е. В. Ахманова, М. К. Есеев, И. В. Кузив, Р. С. Лаптев, П. Хородек, К. Семек.

Вторые премии

«Нейтронный неразрушающий структурный анализ объектов культурного наследия: прикладные междисциплинарные исследования».

Авторы: Б. А. Абдурахимов, Б. А. Бакиров, А. Жомартова, С. Е. Кичанов, Д. П. Козленко, Е. В. Лукин, К. Назаров, Б. Н. Савенко, И. А. Сапрыкина, В. С. Смирнова.

«Исследование механизмов упрочнения, остаточных напряжений и микроструктуры высокопрочных алюминиевых сплавов».

Авторы: Г. Д. Бокучава, Ю. Е. Горшкова, И. В. Папушкин, В. А. Турченко, Р. Фернандес, Г. Гонсалес-Донсель, Л. Миллан, Дж. Бруно, Г. Кронбергер, П. Халодова.

Третья премия

«Оценка стабильности современных радиофармпрепаратов ядерно-спектрометрическими методами».

Авторы: Д. В. Философов, Е. С. Куракина, А. И. Величков, Д. В. Караиванов, О. И. Кочетов, А. В. Саламатин, В. В. Тимкин, Ж. Х. Хушвактов.



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 2023 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». Важной составляющей деятельности лаборатории является теоретическая поддержка экспериментальных исследований в ОИЯИ и в других исследовательских центрах с участием ОИЯИ. По результатам проведенных исследований опубликовано около 430 статей в рецензируемых журналах и трудах конференций, 88 статей в составе крупных коллабораций и 2 монографии. Ряд исследований был выполнен в сотрудничестве с учеными из стран-участниц ОИЯИ, Бразилии, Германии, Индии, Италии, Китая, Южной Африки и других стран.

Ежегодно ЛТФ является местом проведения научных мероприятий самого высокого уровня. В 2023 г. в лаборатории прошли 9 конференций и рабочих совещаний, а также 2 школы для студентов и молодых ученых. Эти мероприятия проводились как в очном, так и в смешанном (очно-дистанционном) формате. Сотрудники

и визитеры ЛТФ сделали 99 докладов на внутри-лабораторных семинарах.

Международное сотрудничество ЛТФ было поддержано грантами полномочных представителей правительств Белоруссии, Болгарии, Египта, Казахстана, дирекции ОИЯИ, совместными программами с Сербией и ЮАР. Продолжалось сотрудничество с теоретиками ЦЕРН, Азиатско-Тихоокеанского центра теоретической физики (Республика Корея), Института теоретической физики АН КНР. 7 исследовательских проектов были поддержаны грантами РФФИ, 1 — грантом РФИ.

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). 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. В 2023 г. сотрудниками ЛТФ защищены 2 кандидатские и 2 докторские диссертации.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Фундаментальные взаимодействия полей и частиц

В 2023 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».

В рамках аналитической КХД показано, что во времениподобном случае обратное логарифмическое разложение применимо для всех значе-

ний аргумента аналитической константы связи. Представлены два различных подхода, один из которых основан на использовании тригонометрических функций, а второй — на дисперсионных интегралах. Результаты вплоть до 5-го порядка теории возмущений получены в компактной форме и использованы для изучения распада бозона Хиггса на пару b -кварков. Кроме того, проведено сравнение экспериментальных данных, полученных для поляризованного правила суммы Бьёркена $\Gamma_1^{(p-n)}(Q^2)$ при малых значениях Q^2 , с предсказанием аналитической КХД вплоть до 5-го порядка теории возмущений. Обнаружено отличное соответствие между экспериментальными данными и предсказаниями аналитической КХД, а также значительная разница между этими данными и результатами, полученными в рамках стандартной КХД [1].

Впервые метод разложения по большим зарядам применен к калибровочным теориям. В частности, в скалярной электродинамике получен всепетлевой результат для калибровочно-независимых критических индексов операторов, несущих $U(1)$ -заряд Q , в виде разложения по обратным степеням Q . Сравнение его с данными пертурбативного расчета в калибровке Ландау позволило не только определить форму соответствующих операторов, но и пролить свет на неопределенность при нахождении калибровочно-инвариантного параметра порядка в сверхпроводимости [2].

Получено обобщенное ренормгрупповое уравнение в скалярной теории с потенциалом произвольного вида, которое суммирует главные логарифмы в эффективном потенциале. Данное уравнение применено к неперенормируемым потенциалам степенного и экспоненциально-го типов. Кроме того, полученное обобщенное ренормгрупповое уравнение использовано для изучения инфляционных потенциалов в космологии с медленным скатыванием. В частности, исследован потенциал альфа-аттракторных Т-моделей, и было обнаружено возникновение дополнительных минимумов и сохранение классического асимптотического поведения [3].

Выполнен систематический анализ нелептонного распада очарованного каскадного бариона в очарованный лямбда-барион и пион $\Xi_c^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^-$ с учетом эффектов как малых, так и больших расстояний. Эффекты малых расстояний индуцируются четырьмя топологиями внешнего и внутреннего слабого W -обмена, а эффекты больших расстояний учитываются включением так называемых полюсных диаграмм с промежуточными

барионными резонансами. Показано, что вклад внешних и внутренних диаграмм W -обмена существенно подавлен (более чем на порядок) по сравнению с экспериментальными данными. Полюсные диаграммы играют основную роль в обеспечении согласованности результатов теоретических расчетов с экспериментальными данными [4].

Нефакторизуемый (NF) вклад петли чарма в амплитуду FCNC (за счет нейтральных токов с изменением аромата) B -распада дается трехчастичной амплитудой Бете-Солпитера (3BS) B -мезона, которая содержит одно поле тяжелого кварка и два легких поля (легкий кварк и глюон). Доказана факторизационная теорема: доминирующий NF вклад петли чарма в амплитуду FCNC B -распада дается в пределе тяжелых кварков сверткой жесткого ядра и 3BS в двойной коллинеарной конфигурации: одна из легких степеней свободы $x^2 = 0$ лежит в (+)-направлении светового конуса, тогда как другая световая степень свободы $x^2 = 0$ лежит в (-)-направлении [5].

Исследуются запрещенные электрические дипольные переходы в молекулярном ионе H_2^+ . Показано, что скорости переходов $\Delta v = 1$ имеют порядок величины, сравнимый со скоростью квадрупольных переходов в H_2^+ . Это позволяет надеяться, что орто-пара-переходы в H_2^+ можно индуцировать и эффективно изучать методами прецизионной лазерной спектроскопии [6].

Рассмотрены новые проявления обнаруженного ранее в ЛТФ кинематического вихревого эффекта. Этот эффект вычислен для полей со спином $3/2$ в рамках расширенной теории Рариты-Швингера-Адлера. Показано, что, несмотря на необычный вид транспортных коэффициен-

20–22 февраля. 9-е рабочее совещание ОИЯИ–Армения «Суперсимметрия в интегрируемых системах» (SIS'23)



тов — 53 и 5, ток в точности удовлетворяет ранее найденной гравитационной киральной аномалии. Анализ также расширен на рассмотрение среды с ускорением и кривизной. В результате неожиданным образом эффект Унру, являющийся одним из возможных объяснений быстрой термализации в соударениях тяжелых ионов, обоснован в искривленном пространстве-времени [7].

Получены явные выражения для элементов $\{\beta\}$ -разложения для несинглетной D_A -функции Адлера и поляризованных правил сумм Бьёркена S^{BjP} в $N^4\text{LO}$. Обсуждены свойства $\{\beta\}$ -разложения для D_A и S^{BjP} в более высоких порядках, которые следуют из справедливых соотношений Крютера и Броджерста-Катаева. Представлено независимое подтверждение в рамках чистой КХД результатов для элементов $d_3[.]$ ($c_3[.]$) и $d_4[.]$ ($c_4[.]$) β -разложения, полученное вначале в $N^4\text{LO}$ для расчета в $\overline{\text{MS}}$ -схеме в рамках расширенной КХД [8].

Рассчитан двухточечный безмассовый КХД-коррелятор нелокальных (составных) векторных кварковых токов с цепочками фермионных однопетлевых радиационных поправок в глюонные линии. Коррелятор зависит от бьёркеновской доли x , связанной с составным током, и в приближении больших значений β_0 дает основные вклады в каждом порядке теории возмущений. В упомянутом приближении эти вклады доминируют в поведении амплитуд у концевых точек распределения легких мезонов в рамках правил сумм КХД. На основе этого проанализи-

ровано поведение распределения для пионов и продольно-поляризованных ρ -мезонов на концах этих амплитуд и получены неравенства для их гегенбауэровских моментов [9].

Исследована серия четырехчастичных распадов тау-лептона с тремя псевдоскалярными мезонами в конечном состоянии в рамках модели Намбу-Иона-Лазинио. Полученные результаты находятся в удовлетворительном согласии с экспериментальными данными. Показана доминирующая роль аксиально-векторного канала в таких процессах [10].

Получены правила сумм, связывающие феноменологические значения масс псевдоскалярных мезонов с отношениями масс легких кварков. Показано, что совместное использование правил сумм и экспериментальных данных по ширине распада $\eta \rightarrow 3\pi$ накладывает жесткие ограничения на величины отношений масс кварков: $0,41 < m_u/m_d < 0,59$, $18,16 < m_s/m_d < 20,26$ и $22,67 < m_s/m_{ud} < 28,55$. Неравенства последовательно учитывают первую $1/N_c$ -поправку к знаменитому результату Вайнберга, полученному методами алгебры токов [11].

Предложен новый метод определения отношения электромагнитных формфакторов протона $\mu_p G_E/G_M$ в реакции электрон-протонного рассеяния с передачей поляризации от начального протона мишени к конечному электрону. Численный анализ был проведен для условий эксперимента SANE с использованием параметризации формфакторов Kelly и Qattan. Показано,

11–15 июля. Международное рабочее совещание «Сверхпроводящие и магнитные гибридные структуры»



что разница между результатами для ситуаций с сохранением скейлинга и с его нарушением достигает 70 %, что позволяет хорошо различать эти два случая в эксперименте [12].

В рамках квантовой электродинамики проведено систематическое исследование неполяризованных партонных распределений в электро-не. Уравнения эволюции КЭД были решены явно в следующем за ведущим логарифмическом приближении. Формулы получены как в пространственно-, так и во времениподобной области для переданного импульса. Найденные партонные распределения будут использоваться для вычисления радиационных поправок высших порядков, усиленных степенями логарифма отношения характерного масштаба энергии к массе электрона [13].

С использованием метода решеточного моделирования обнаружена новая пространственно-неоднородная фаза при вращении глюодинамики. Эта смешанная фаза одновременно содержит как фазу конфайнмента, так и фазу деконфайнмента в термодинамическом равновесии. Аналитическое продолжение полученных результатов в область реальной угловой скорости указывает на нарушение закона Толмана–Эренфеста в окрестности фазового перехода, при этом фаза конфайнмента (деконфайнмента) появляется далеко (вблизи) от оси вращения [14].

Рассмотрен широкий круг проблем, связанных с фазовыми переходами в системах, характеризующихся сильным взаимодействием частиц и образованием структур. Сконструирована общая феноменологическая модель среднего поля, описывающая фазовые переходы первого и второго рода в однородное и неоднородное состояния, причем переход в неоднородное состояние может происходить даже в случае, когда взаимодействие трансляционно-инвариантно. Изучены как средние поля, так и их флуктуации. Рассмотрены приложения к различным равновесным и неравновесным ядерным системам [15].

Изучены вихревые структуры, возникающие в столкновениях $Au + Au$ при энергиях $\sqrt{s_{NN}} = 3\text{--}30$ ГэВ. Показано, что в ультрацентральном столкновении $Au + Au$ при $\sqrt{s_{NN}} > 4$ ГэВ образуется пара вихревых колец: одно при положительных быстротах, другое — при отрицательных. Вихревые кольца несут информацию о ранней стадии столкновения, в частности об остановке барионов. Показано, что эти кольца можно обнаружить путем измерения наблюдаемой кольца R_Λ даже в диапазоне центральных быстрот $0 < y < 0,5$ (или $-0,5 < y < 0$) на уровне $0,5\text{--}1,5$ % при $\sqrt{s_{NN}} = 5\text{--}20$ ГэВ. Ожидается, что при периферических (вперед/назад) быстротах сигнал R_Λ будет сильнее [16].

С использованием транспортной модели PHSD для моделирования столкновений тяжелых ионов при энергиях ускорительного комплекса NICA проанализированы выход гиперонов и термодинамические характеристики среды, в кото-

рой они были рождены или взаимодействовали последний раз. Обнаружено, что существуют два основных термодинамических источника гиперонов и один — антигиперонов. Выявлено, что время вымораживания (freeze-out) частиц и античастиц не может быть напрямую связано с разной поляризацией частиц и античастиц. Показано, что античастицы преимущественно рождаются в более горячей и вращающейся среде, что и является причиной различия в поляризации частиц и античастиц [17].

Теория ядерных систем

В 2023 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».

Общая структура распределения силы гигантского монополярного резонанса в ядрах в окрестности дважды магического ядра ^{208}Pb описана с помощью идеи случайного распределения силы связи между одно- и двухфононными состояниями, результат находится в хорошем соответствии с экспериментальными данными. Однофононные состояния получены в рамках микроскопического подхода на базе функционала плотности Скирма, тогда как сила связи и сами двухфононные состояния сгенерированы с помощью гауссовых ортогональных ансамблей. Решение находится в рамках метода случайных матриц для двух энергетических масштабов. Количественное описание ширины резонансов определяется как небольшим числом двухфононных состояний, сильно связанных с низкоэнергетическими поверхностными колебаниями, так и с подавляющим большинством двухфононных состояний, отвечающих за тонкую структуру резонанса [18].

На алгебраическом уровне рассмотрена теоретическая база, лежащая в основе физики коллективной модели Бора–Моттельсона. Показано, как коллективная безвихревая динамика типа Бора–Моттельсона может быть микроскопически интерпретирована в двухкомпонентной протон-нейтронной оболочечной теории атомных ядер в рамках протон-нейтронной симплектической модели. Некоторые простые примеры, иллюстрирующие теорию, представлены для двух ядер — ^{110}Cd и ^{110}Ru , которые, как предполагается, обладают такой коллективной безвихревой динамикой. Также показано, что квадрупольная безвихревая коллективность основного состояния в этих двух ядрах хорошо описывается без использования эффективного заряда [19].

Рассчитаны светимости и спектры (анти)нейтрино, образующихся в условиях предсверхновой в результате слабых зарядово-нейтральных

и зарядово-обменных реакций на нагретом ядре ^{56}Fe , и проведено их сравнение со вкладом от тепловых процессов. Обнаружено, что термодинамически последовательный учет тепловых эффектов в рамках метода теплового квазичастичного приближения случайных фаз предсказывает в несколько раз более высокую светимость электронных нейтрино по сравнению с полученной по стандартной методике, основанной на расчетах модели оболочек. Показано, что процесс испускания пары нейтрино-антинейтрино при девозбуждении нагретого ядра играет такую же важную роль в генерации электронных антинейтрино, как и процесс электрон-позитронной аннигиляции. Также показано, что флейворные осцилляции антинейтрино заметно усиливают вклад процесса испускания пары нейтрино-антинейтрино нагретым ядром в поток высокоэнергетических электронных антинейтрино. Это, в свою очередь, увеличивает вероятность регистрации антинейтрино от предельно наземных детекторами [20].

Выполнены систематические расчеты спектров возбуждения, структуры волновых функций и вероятностей γ -переходов нечетно-протонных ядер с $Z = 97-109$. Показано, что структура низколежащих состояний в рассматриваемых ядрах исчерпывается в основном одночастичными компонентами [21].

В рамках усовершенствованной модели точки разрыва показано, что среднее число нейтронов на один протон неодинаково в осколках деления и не равно таковому в делящемся ядре. Для вынужденного деления ^{238}U , ^{240}Pu , ^{244}Cm и ^{250}Cf исследованы зависимости нейтронного избытка осколков деления от оболочечной структуры и энергии возбуждения осколка [22].

Предложен и обоснован новый механизм неполного слияния ядер как альтернативный известному механизму, предполагающему распад ядра-снаряда и захват одного из фрагментов ядром-мишенью [23].

Рассчитаны сечения образования испарительных остатков в каналах эмиссии легких частиц в рамках модели двойной ядерной системы. Показано, что в реакциях слияния, ведущих к образованию составных ядер с $Z = 80-90$, pxn - и axn -каналы являются такими же сильными, как и xn -каналы [24].

Рассчитаны вероятности осуществления испарительных каналов xn , pxn и axn для возбужденных сверхтяжелых ядер с помощью метода Монте-Карло. Получена аналитическая формула для оценки средней кинетической энергии вылетающих частиц в многоступенчатых испарительных процессах [25].

Недипольные члены во взаимодействии атома с лазерным излучением, возникающие в связи с наличием магнитной составляющей в электромагнитной волне и ее неоднородностей, приводят к неразделимости движения центра масс (ц. м.) и электронных переменных в нейтральном атоме и, как следствие, к его

ускорению. Этот эффект и сопутствующие ему процессы возбуждения и ионизации исследованы на примере атома водорода в сильных ($10^{12}-2 \cdot 10^{14}$ Вт/см 2) линейно-поляризованных коротковолновых ($5 \lesssim \hbar\omega \lesssim 27$ эВ) электромагнитных импульсах длительностью около 8 фс. Исследование проведено в рамках гибридного квантово-квазиклассического подхода, в котором одновременно интегрируются связанное нестационарное уравнение Шрёдингера для электрона и классические уравнения Гамильтона для ц. м. атома [26].

Исследована система двух бесспиновых фермионов на двумерной решетке в предположении, что взаимодействия между частицами нетривиальны лишь при их нахождении в соседних узлах решетки и узлах, следующих сразу за соседними, и имеют магнитуды λ и μ соответственно. Установлено разбиение (λ, μ) -плоскости на связанные компоненты, в каждой из которых двухфермионный оператор Шрёдингера, отвечающий нулевому квазиимпульсу ц. м., имеет определенное число собственных значений, находящихся ниже и выше существенного (непрерывного) спектра. Для каждой связанной компоненты установлена точная нижняя оценка на число изолированных собственных чисел двухфермионного оператора Шрёдингера, отвечающего всякому ненулевому квазиимпульсу ц. м. Полученные результаты помогают понять механизм возникновения собственных чисел двухфермионного решеточного оператора Шрёдингера из его существенного спектра при варьировании констант взаимодействия λ и μ [27].

Два тяжелых фермиона, взаимодействующих с легкой частицей с помощью потенциала нулевого радиуса, могут быть связаны при достаточно большом значении отношения масс тяжелой частицы и легкой. Получено неравенство для определения отношения масс μ^* , начиная с которого связанные состояния трех частиц исчезают. Значение $\mu^* = 5,26$ определено путем анализа этого неравенства для полного момента количества движения и четности $L^P = 1^-$. Для остальных секторов L^P значения отношения масс, обеспечивающие отсутствие трехчастичных связанных состояний, находятся аналогичным образом. Для общности метод расширен с целью определения соответствующих отношений масс для системы, состоящей из двух одинаковых бозонов и отличной от них частицы для разных секторов L^P ($L > 0$) [28].

В рамках транспортной модели PHSD (Parton Hadron String Dynamics) проведено моделирование нецентральных столкновений ядер золота при энергиях коллайдера NICA. Исследованы свойства полей скорости и завихренности, а также гидродинамическая спиральность в зависимости от прицельного параметра и энергии. Получены квадрупольные структуры поля завихренности, обнаружен эффект разделения спиральности в модели PHSD как в импульсном, так и в координатном пространстве, проведен рас-



чет поляризации Λ -гиперонов в термодинамическом и аномальном подходах, которая оказалась близкой к найденной в эксперименте STAR при энергии $\sqrt{s} = 7,7$ ГэВ [29].

Исследовано упругое pD -рассеяние назад в релятивистском случае на основе диаграммы однонуклонного обмена. Расчет проводился с использованием релятивистских волновых функций дейтрона, полученных путем решения уравнения Бете–Солпитера в пространстве Минковского с релятивистскими сепарабельными потенциалами Graz-II и MY6. Вычислено неполяризованное дифференциальное сечение, а также поляризационные характеристики реакции для начального импульса протона до 7,3 ГэВ/с [30].

Исследована применимость эффективных моделей для описания барионов и поведения отношения странных барионов к пионам. В рамках модели EPNJL уравнение Бете–Солпитера использовалось для нахождения масс барионов, которые рассматривались как дикварк-кварковое состояние. Изучено плавление барионов при конечном химическом потенциале, и продемонстрирована зависимость температуры деконфайнмента от типа адронов. Показано, что описание дикварк-кваркового состояния при конечном химическом потенциале резко ограничено возникновением бозе-конденсата. Этот эффект сильно проявляется при описании легких дикварков и барионов. Отношения числа барионов со странностью к числу пионов как для Λ^0/π^+ , так и для Ξ^-/π^+ демонстрируют резкий пик в зависимости от T/μ_B , где температура и химический потенциал берутся вдоль линий плавления [31].

Теория сложных систем и перспективных материалов

Исследования в 2023 г. проводились в рамках следующих проектов:

- «Комплексные материалы»;
- «Наноструктуры и наноматериалы»;
- «Математические модели статистической физики сложных систем»;
- «Методы квантовой теории поля в сложных системах».

Доказана вариационная теорема для длины рассеяния в присутствии диполь-дипольного взаимодействия. Теорема применена к трехмерному бесспиновому дипольному бозе-газу. Одночастичное распределение по импульсам и статический структурный фактор рассчитаны аналитически для больших импульсов, а парная корреляционная функция — на малых расстояниях. Распределение по импульсам обратно пропорционально q^4 с анизотропным коэффициентом пропорциональности. Теорема Тана является частным случаем этого распределения при отсутствии диполь-дипольного взаимодействия. Для однородного разреженного бозе-газа все соотношения получены аналитически. Предсказанные физические эффекты могут быть проверены как с помощью численных расчетов, так и экспериментально [32].

Исследованы магнитные фазовые переходы модели $\text{BaCo}_2(\text{AsO}_4)_2$. Установлена область параметров, которые могут соответствовать экспериментально наблюдаемому каскаду магнитных фазовых переходов, и проведено сравнение ре-

зультатов расчетов намагниченности с экспериментальными данными [33].

Общая теория смешанных состояний сформулирована и проиллюстрирована несколькими системами конденсированных сред и кварк-адронной материи. Дан обзор экспериментально исследованных материалов, состоящих из смешанных фаз [34].

Развита микроскопическая статистическая модель квантового твердого тела с областями беспорядка, такими как дислокационные сетки или гранулированные зерна, внутри которых может возникнуть сверхтекучая фракция [35].

Получены точные поправки конечного размера для свободной энергии F модели Изинга на квадратной решетке $M \times 2N$ с граничными условиями Браскампа–Кунца. Вычислены соотношения $r_p(\rho)$ p -го коэффициента F для бесконечно длинного цилиндра и бесконечно длинной полосы Браскампа–Кунца при различных значениях соотношения сторон $\rho = (M + 1)/2N$. Как показали предыдущие исследования в рамках двумерной димерной модели, предельные значения $r_p(\rho)$ при растущих p также демонстрируют резкое аномальное поведение при определенных значениях ρ . Однако эти критические значения ρ и предельные значения коэффициентов расширения конечного размера различаются в двух моделях [36].

Изучены свойства парафермионного обобщения гиперболической гипергеометрической функции, описывающей наиболее важную часть матрицы слияния для теории поля Лиувилля и символы Рака–Вигнера для модулярного дубля Фаддеева. Показано, что эта функция возника-

ет в определенном пределе из разреженной эллиптической гипергеометрической функции, описаны симметрии и смешанные рекуррентно-разностные уравнения для нее. Простейший случай соответствует суперсимметричной гипергеометрической функции, связанной с суперсимметричной теорией Лиувилля и символами Рака–Вигнера для квантовой алгебры $U_q(\mathfrak{osp}(1|2))$. Описана связь со стандартной Редже-симметрией, и доказаны некоторые известные гипотезы для суперсимметричных символов Рака–Вигнера [37].

Описана общая связь между солитонами и статистической механикой, в которой фаза рассеяния солитонов совпадает с энергией кулоновского взаимодействия заряженных частиц с нетривиальными граничными условиями. Показано, что статистическая сумма для ансамбля нормальных случайных матриц может быть получена из многосолитонного решения иерархии уравнений двумерной цепочки Тоды в специальном пределе [38].

Показано, что $1D$ -топологический сверхпроводник (модель Китаева) может возникать вследствие сильных электронных корреляций в $1D$ -системах. При этом нет необходимости включать в рассмотрение ни спин-орбитальное взаимодействие, ни нарушенную относительно обращения времени симметрию, что предоставляет новую возможность реализации нетривиальной топологической фазы в сверхпроводниках [39].

Обычный джозефсоновский переход (сверхпроводник–изолятор–сверхпроводник) не может демонстрировать хаос при отсутствии внешнего источника переменного тока, тогда как

4–8 сентября. Участники Дубненского совещания по высокоэнергетической спиновой физике (DSPIN)



в джозефсоновском переходе сверхпроводник-ферромагнетик-сверхпроводник, известном как φ^0 -переход, магнитный слой эффективно обеспечивает две дополнительные степени свободы, которые могут способствовать хаотической динамике в полученной четырехмерной автономной системе. Показано, что из-за сохранения величины магнитного момента два из численно рассчитанных характеристических показателей Ляпунова полного спектра равны нулю. Также получены двумерные бифуркационные диаграммы, которые похожи на традиционные диаграммы изоспиков, чтобы отобразить различные свойства периодичности и синхронизации. Обнаружено, что при уменьшении тока наступление хаоса происходит незадолго до перехода на сверхпроводящее состояние [40].

Теоретически исследована температурная зависимость величины запрещенной зоны $E_g(T)$ в одностенных углеродных нанотрубках (УНТ) типа «зигзаг» при максимальном (50%-м) фторировании и гидрировании для трех вариантов покрытия. Показано, что характер покрытия критически влияет на зависимость $E_g(T)$, которая может меняться в широких пределах: от очень слабой, характерной для чистых УНТ, до сильной, типичной для объемных полупроводников. Характер температурного поведения $E_g(T)$ напрямую связан с формированием в трубках одномерных альтернированных цепочек. Основными факторами, определяющими данную зависимость, являются диаметр УНТ, способ расположения примеси и ее тип [41].

Исследован фазовый переход в сверхтекучее состояние в фермионных $SU(N)$ -системах (например, атомных). Вблизи перехода рассмотрена эффективная бозонная теория комплексного кососимметричного тензорного параметра порядка 2-го ранга в формализме функциональной ренормгруппы. Установлен флуктуационно-индуцируемый фазовый переход первого рода в многокомпонентной ($N > 2$) системе. В пертурбативном режиме скачок параметра порядка невелик и новая сверхтекучая фаза возникает практически непрерывно. Следовательно, в потенциальном эксперименте система, по-видимому, будет проявлять непрерывное поведение, а не универсальный характер перехода первого рода станет более выраженным в сильном режиме, где скачок параметра порядка не мал [42].

Методом ренормгруппы впервые рассчитаны три члена эpsilon-разложения критических показателей модели перколяции. Проведено борелевское пересуммирование полученных разложений. Найденные значения критических показателей хорошо согласуются с результатами компьютерного моделирования [43].

Рассмотрена задача о случайных блужданиях частиц на флуктуирующей «шершавой» поверхности в однородном поле тяжести. Поверхность описывалась стохастическим уравнением Эдвардса-Вилкинсона. С помощью метода тео-

ретико-полевой ренормгруппы показано, что различные функции Грина полной модели обнаруживают скейлинговое поведение в инфракрасной (длинноволновой) области. Получены степенные законы расплывания облака частиц с показателями, отличными от случая обычных случайных блужданий. Найден точный выражения для всех критических размерностей [44].

Современная математическая физика: гравитация, суперсимметрия и струны

Исследования по теме в 2023 г. были сосредоточены на следующих направлениях:

- «Квантовые группы и интегрируемые системы»;
- «Суперсимметрия»;
- «Квантовая гравитация, космология и струны».

С использованием голографической дуальности для модели вращающейся кварк-глюонной плазмы (КГП) в теории $N = 4$ SYM вычислены петли Вильсона, описываемые открытыми струнами в черной дыре Керра-АдС5. Исследованы потенциал межкваркового взаимодействия и параметр гашения быстрого партонa. Показано, что при температуре выше температуры фазового перехода межкварковый потенциал имеет кулоновское поведение. Обнаружено, что повышение температуры и/или вращения приводит к уменьшению расстояния между кварками. При высоких температурах значения межкваркового потенциала близки для случая невращающейся КГП $N = 4$ SYM. Показано, что вращение среды увеличивает значение параметра гашения. При высоких температурах параметр гашения имеет кубическую зависимость от температуры, как в случае невращающейся КГП $N = 4$ SYM, исследованной Liu et al. (Phys. Rev. Lett. 2006. V. 97. 182301) [45].

Завершен цикл работ, посвященный построению (из первых принципов) всех возможных физически интересных унитарных неприводимых представлений $4D$ -группы Пуанкаре, реализованных на пространствах релятивистски-ковариантных локальных полей. Полученные ранее результаты для массивных представлений были обобщены на случай безмассовых представлений с непрерывным спином и на случай безмассовых спиральных представлений. Главными результатами данных работ являются: а) новая явная формула для поля непрерывного спина, реализованного как функция от 4-импульса на массовой поверхности и двух комплексно-сопряженных друг другу коммутирующих вейлевских спиноров (формулы такого типа могут быть использованы для построения амплитуд рассеяния процессов, содержащих частицы непрерывного спина); б) построение производящих функций калибровочных полей высших спинов напрямую из вигнеровской волновой функции [46].

Найдено корректное определение многообразия модулей специальных лагранжевых циклов



Бора-Зоммерфельда, согласующееся с ранее введенными понятиями D -точных лагранжевых циклов, лагранжевых теней, компонент вейнштейнова скелета областей Штейна. Построены новые примеры таких многообразий модулей, на которых проверена гипотеза о том, что такие многообразия модулей сами являются алгебраическими многообразиями [47].

Развит общий подход к построению деформаций, описывающих отображение динамической системы со связями первого рода в фазовом пространстве в другую динамическую систему со связями первого рода. Показано, что эта деформационная проблема может изучаться в рамках метода Баталина-Фрадкина-Вилковского на основе (супер)канонических преобразований. Установлено, что производящая функция соответствующих преобразований определяется единственной функцией, зависящей от координат исходного фазового пространства. В качестве иллюстрации построено нелокальное преобразование, переводящее абелеву калибровочную теорию в нелокальную неабелеву теорию, локальный сектор которой совпадает с теорией Янга-Миллса [48].

Изучена структура двухпетлевого эффективного действия $6D, N = (1,1)$ суперсимметричной теории Янга-Миллса вне массовой оболочки в $N = (1,0)$ гармоническом суперпространстве. Эффективное действие включает все поля $6D, N = (1,1)$ супермультиплета и строится на основе метода фонового суперполя. Получены явные выражения для расходимостей в калибровочном и смешанном секторах как коэффициен-

тов при $1/\epsilon^2$, и показано, что они нелокальны по гармоникам [49].

Исследованы фермионные моды, локализованные на статическом сферически-симметричном гравитирующем неабелевом монополе в $SU(2)$ -теории Эйнштейна-Дирака-Янга-Миллса-Хиггса. Проанализирована зависимость спектрального потока от эффективной гравитационной постоянной. Показано, что в предельном случае бифуркации с черной дырой Райсснера-Нордстрема фермионные моды полностью поглощаются черной дырой [50].

Рассмотрены связи между эллиптическими гипергеометрическими интегралами и комплексными гипергеометрическими функциями. Точно вычисленные эллиптические бета-интегралы типа I, описывающие суперконформные индексы некоторых четырехмерных неабелевых калибровочных теорий, взяты и сведены к комплексным гипергеометрическим функциям в представлении Меллина-Барнса. Также указана связь комплексных гипергеометрических функций с интегрируемыми задачами многих тел [51].

Сделан обзор недавнего прогресса в построении $N = 2, 4D$ суперсимметричной теории целых высших спинов вне массовой поверхности через аналитические гармонические суперполя, а также их кубических взаимодействий с гипермультиплетами материи. Для четных суперспинов предложено новое эквивалентное представление связей с гипермультиплетами в терминах аналитических омега-суперполей. Оно включает вершины как третьего, так и четвертого порядков [52].

ДУБНЕНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (DIAS-TH)

В рамках образовательной программы DIAS-TH в 2023 г. была организована школа для студентов и молодых ученых «Передовые методы современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы» (23–28 июля). Основными темами школы стали: теоретико-полевые, функциональные и статистические методы в неравновесных квантовых и классических системах, гравитационные волны, голографические модели, геометрическое квантование.

В работе школы приняли участие более 50 человек из ведущих научных центров России и Словакии, университетов Москвы, Санкт-Петербурга, Томска.

В ЛТФ продолжился просветительский цикл лекций по гравитационной физике. Проводились семинары для студентов и аспирантов, поддерживался сайт DIAS-TH, продолжалась видеозапись лекций.

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

В 2023 г. было организовано 9 конференций и рабочих совещаний и две школы для студентов и молодых ученых:

- 9-е рабочее совещание ОИЯИ–Армения «Суперсимметрия в интегрируемых системах», 20–22 февраля, Дубна;
- международное рабочее совещание «Конечная и бесконечная ядерная материя», 27 февраля – 3 марта, Дубна;
- Школа по физике кварк-глюонной материи, 20 марта – 3 апреля, Дубна;
- совместное рабочее совещание ЛТФ ОИЯИ – АТЦТФ (Республика Корея), 9–15 июля, Пхохан, Республика Корея;
- международное рабочее совещание «Сверхпроводящие и магнитные гибридные структуры», 11–15 июля, Дубна;
- международная школа «Перспективные методы современной теоретической физики:

интегрируемые и стохастические системы», 23–28 июля, Дубна;

- совместное рабочее совещание по физике сильных взаимодействий ЛТФ ОИЯИ – ИТФ АН Китая, 3–9 сентября, Ереван;
- 19-е совещание по высокоэнергетической спиновой физике, посвященное 90-летию со дня рождения А. В. Ефремова, 4–8 сентября, Дубна;
- 25-й Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика», 18–32 сентября, Дубна;
- международный семинар «Избранные вопросы квантовой теории поля», посвященный памяти проф. Э. А. Кураева, 17–18 октября, Дубна;
- 2-е совместное рабочее совещание ЮАР–ОИЯИ по теории и вычислениям, 5–8 декабря, Гебека, ЮАР.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В 2023 г. на рабочих местах установлены 5 новых ПК с процессорами Intel 12-го поколения. Введен в эксплуатацию сервер theor5.jinr.ru с двумя 18-ядерными процессорами. Приобретены два высокопроизводительных ПК с процессорами Intel i9-13900K для замены устаревших серверов общего пользования. Обновлены программы Maple и OriginPro, подписки на обновления и техническая поддержка этого программного обеспечения продлены до конца 2024 г. В ядре локальной сети ЛТФ установлен коммутатор 10 Гбит/с. Это привело к улучшению топологии соедине-

ния коммутаторов, благодаря чему были сокращены задержки при передаче данных и упрощено управление. В серверной комнате появилось оборудование мультигигабитного Ethernet. Это сделало возможными скорости передачи данных 2,5 и 5 Гбит/с по имеющейся проводке UTP до рабочих мест. Начато внедрение оборудования более быстрого стандарта беспроводной связи 802.11ax. Микроклимат в серверной стал более стабильным после установки полупромышленного кондиционера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kotikov A. V., Zemlyakov I. A. // Phys. Rev. D. 2023. V. 107. 094034; Gabdrakhmanov I. R., Gramotkov N. A., Kotikov A. V., Volkova D. A., Zemlyakov I. A. // JETP Lett. 2023. V. 118. P. 478.
2. Antipin O., Bednyakov A., Bersini J., Panopoulos P., Pikelner A. // Phys. Rev. Lett. 2023. V. 130. 021602.
3. Kazakov D. I., Iakhibbaev R. M., Tolkachev D. M. // JHEP. 2023. V. 2023, No. 04. 128; JCAP. 2023. V. 2023, No. 09. 049.

4. *Ivanov M. A., Lyubovitskij V. E., Tyulemissov Z.* // Phys. Rev. D. 2023. V. 108. 073002.
5. *Melikhov D.* // Phys. Rev. D. 2023. V. 108. 034007.
6. *Korobov V. I., Bakalov D.* // Phys. Rev. A. 2023. V. 107. 022812.
7. *Prokhorov G. Yu., Teryaev O. V., Zakharov V. I.* // Phys. Lett. B. 2023. V. 840. 137839;
Khakimov R. V., Prokhorov G. Yu., Teryaev O. V., Zakharov V. I. // Phys. Rev. D. 2023. V. 108. L121701.
8. *Baikov P. A., Mikhailov S. V.* // JHEP. 2023. V. 2023. 053.
9. *Mikhailov S. V., Volchanskiy N.* // Phys. Rev. D. 2023. V. 108. 096015.
10. *Volkov M. K., Nurlan K., Pivovarov A. A.* // Mod. Phys. Lett. A. 2023. V. 38. 2350110; Eur. Phys. J. A. 2023. V. 59. P. 175; Phys. Rev. D. 2023. V. 107. 116009.
11. *Osipov A. A.* // Phys. Rev. D. 2023. V. 108. 016014.
12. *Galynskii M. V., Bystritskiy Yu. M., Galynskiy V. M.* // Phys. Rev. D. 2023. V. 108. 096032.
13. *Arbuzov A. B., Voznaya U. E.* // J. Phys. G. 2023. V. 50. 125004.
14. *Braguta V. V., Chernodub M. N., Roenko A. A.* arXiv: 2312.13994 [hep-lat].
15. *Voskresensky D. N.* // Prog. Part. Nucl. Phys. 2023. V. 130. 104030.
16. *Ivanov Yu. B.* // Phys. Rev. C. 2023. V. 107. L021902.
17. *Tsegelnik N. S., Kolomeitsev E. E., Voronyuk V.* // Phys. Rev. C. 2023. V. 107. 034906; Particles. 2023. V. 6, No. 1. P. 373.
18. *Arsenyev N. N., Severyukhin A. P., Nazmitdinov R. G.* // Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz. 2023. V. 118, No. 9–10. P. 721.
19. *Ganev H.* // Eur. Phys. J. A. 2023. V. 59. P. 9.
20. *Dzhioev A. A., Yudin A. V., Dunina-Barkovskaya N. V., Vdovin A. I.* // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 2024. V. 527. 7701.
21. *Malov L. A., Bezbakh A. V., Adamian G. G., Antonenko N. V., Jolos R. V.* // Phys. Rev. C. 2023. V. 108. 044302.
22. *Pasca H., Andreev A. V., Adamian G. G., Antonenko N. V.* // Phys. Rev. C. 2023. V. 107. 024603.
23. *Nasirov A. K., Kayumov B. M., Ganiev O. K., Yuldasheva G. A.* // Phys. Lett. B. 2023. V. 842. 137976.
24. *Kalendarov Sh. A., Adamian G. G., Antonenko N. V.* // Phys. Rev. C. 2023. V. 108. 054612.
25. *Rahmatinejad A., Shneidman T. M., Adamian G. G., Antonenko N. V., Jachimowicz P., Kowal M.* // Phys. Lett. B. 2023. V. 844. 138099.
26. *Melezhik V. S., Shadmehri S.* // Photonics. 2023. V. 10. 1290.
27. *Lakaev S. N., Motovilov A. K., Abdukhakimov S. Kh.* // J. Phys. A: Math. Theor. 2023. V. 56. 315202.
28. *Kartavtsev O. I., Malykh A. V.* // Eur. Phys. J. Plus. 2023. V. 138. P. 147.
29. *Baznat M., Teryaev O. V., Zinchenko A. V.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20. P. 407.
30. *Bondarenko S., Yurev S.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20. P. 598.
31. *Friesen A., Kalinovskiy Yu.* // Particles. 2023. V. 2023, No. 6. P. 876.
32. *Cherny A. Yu.* // Phys. Rev. A. 2023. V. 107. 033315.
33. *Maksimov P.* // Phys. Rev. B. 2023. V. 108. L180405.
34. *Yukalov V. I., Yukalova E. P.* // Phys. Part. Nucl. 2023. V. 54. P. 1.
35. *Yukalov V. I., Yukalova E. P.* // Phys. Lett. A. 2023. V. 457. 128559.
36. *Izmailian N., Kenna R., Papoyan V. V.* // J. Phys. A: Math. Theor. 2023. V. 56. 435007.
37. *Apresyan E., Sarkissian G., Spiridonov V. P.* // Nucl. Phys. B. 2023. V. 990. 116170.
38. *Loutsenko I. M., Spiridonov V. P., Yermolayeva O. V.* // J. Stat. Mech. 2023. V. 2023, No. 10. 103202.
39. *Ferras A., Kochetov E.* // Ann. Phys. 2023. V. 456. 169234.
40. *Botha A. E., Shukrinov Yu. M., Tekic J., Kolahchi M. R.* // Phys. Rev. E. 2023. V. 107. 024205.
41. *Katkov V. L., Osipov V. A.* // JETP Lett. 2023. V. 118. P. 754.
42. *Hnatič M., Kalagov G.* // Nucl. Phys. B. 2023. V. 991. 116192.
43. *Adzhemyan L. T., Hnatič M., Ivanova E. V., Kompaniets M. V., Lučivjanský T., Mižišin L.* // Phys. Rev. E. 2023. V. 107. 064138.
44. *Antonov N. V., Gulitskiy N. M., Kakin P. I., Kerbitskiy D. A.* // Universe. 2023. V. 9, No. 3. P. 139.
45. *Golubtsova A. A., Tsegelnik N. S.* // Phys. Rev. D. 2023. V. 107. 106017.
46. *Buchbinder I. L., Isaev A. P., Podoinitsyn M. A., Fedoruk S. A.* // Theor. Math. Phys. 2023. V. 216, No. 1. P. 973; Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20. P. 605.
47. *Tyurin N. A.* // Izv. RAN. Ser. Math. 2023. V. 87, No. 3. P. 595; Proc. Steklov Inst. Math. 2023. V. 320. P. 290.
48. *Buchbinder I. L., Lavrov P. M.* // Eur. Phys. J. Plus. 2023. V. 138. P. 512.
49. *Buchbinder I. L., Ivanov E. A., Merzlikin B. S., Stepanyantz K. V.* // JHEP. 2023. V. 2023, No. 05. 089.
50. *Dzhunushaliev V., Folomeev V., Shnir Ya.* // Phys. Rev. 2023. V. 108. 065005.
51. *Sarkissian G., Spiridonov V. P.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20. P. 281.
52. *Ivanov E. A.* // Theor. Math. Phys. 2023. V. 217, No. 3. P. 1855.

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 2023 г. была сосредоточена на создании, развитии и вводе в эксплуатацию отдельных узлов

ускорительного комплекса «Нуклотрон–NICA» и экспериментальных установок MPD, BM@N и SPD. Продолжались эксперименты и на внешних ускорителях.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «НУКЛОТРОН–NICA»

2 февраля 2023 г. был завершен **четвертый цикл пусконаладочных работ** с ускорением пучков ионов Ar и Xe, генерируемых на источнике Krion-6T. На ускорительном комплексе были выполнены следующие работы:

— источник Krion-6T совместно с ускорителем NIIAS оптимизирован для производства и ускорения ионов Ar и Xe в разных зарядовых состояниях;

— проведено тестирование оборудования станции для прикладных исследований электронных компонентов СОЧИ пучками ионов Ar¹²⁺; в ионном пучке диаметром 100 мм на микросхеме размером 20 × 20 мм было достигнуто распределение дозы с неоднородностью менее 10 %. При облучении микросхемы XC6SLX16 сечение однособытийного эффекта (single event effect — SEE) составило $1,9 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-2}$ при флюенсе $3,5 \cdot 10^4$ ионов/см²;

— завершен монтаж двух других станций для прикладных исследований — ИСКРА и СИМБО;

— бустер настроен на ускорение ионов Ar¹²⁺, а затем и ¹⁴²Xe²⁸⁺; осуществлена динамическая коррекция орбиты в течение всего цикла ускорения; достигнутая интенсивность ускоренного пучка ¹⁴²Xe²⁸⁺ составила примерно $2 \cdot 10^7$ частиц за сброс;

— последовательно испытаны две перезарядные мишени из меди и титана, канал транспортировки пучка из бустера в Нуклотрон оптимизирован для проводки полностью ободранных ионов Xe⁵⁴⁺;

— получена циркуляция пучка в Нуклотроне;
— пучок ускорен на 4-й кратности ускоряющего ВЧ-напряжения до энергии примерно 4 ГэВ/нуклон, интенсивность ускоренного пучка ¹⁴²Xe²⁸⁺ составила до $1 \cdot 10^7$ частиц за сброс;

— реализован медленный вывод пучка с длительностью растяжки до 2 с;

— осуществлено облучение фотоэмульсий по программе проекта «Беккерель»;

Станции СИМБО (слева) и ИСКРА (справа)



Дубна, 22 декабря. Торжественные мероприятия, посвященные 70-летию Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина





— проведена калибровка новых устройств диагностики, и произведен монтаж вакуумной системы канала выведенного пучка;
— пучок доведен в зону установки VM@N, интенсивность пучка по триггерам VM@N составила до $5 \cdot 10^5$ частиц за сброс, что удовлетворяет требованиям эксперимента, выполнены исследования при энергиях 3,8 и 3 ГэВ/нуклон;

— проведены эксперименты по электронному охлаждению пучка $^{142}\text{Xe}^{28+}$ в бустере при энергии инжекции.
Завершены изготовление и криогенные испытания регулярных элементов магнитной системы коллайдера. Все дипольные магниты арки коллайдера установлены и отъюстированы в туннеле, изготовление и тестирование остальных

Установка для намотки ВТСП-магнитов. Профилактический осмотр основы для магнита



Общий вид технологической платформы с установленным оборудованием криогенной системы охлаждения соленоида MPD



элементов криомагнитной системы — в завершающей стадии. Монтажные работы продолжают по мере сдачи инженерной инфраструктуры здания, расположенной в ключевых помещениях.

Идет монтаж и испытания магнитно-криостатной и вакуумных систем коллайдера. В штатное положение установлены элементы систем ВЧ1 и ВЧ2, проведены отжиг и вакуумные испытания. Система электропитания структурных элементов коллайдера подготовлена к пусконаладочным работам. Завершается подготовка к запуску новой криогенно-компрессорной станции и комплекса криогенных установок в корп. 1Б. Разработана концепция магнитной системы синхротрона «Новый Нуклотрон».

В ходе выполнения проекта по результатам проведенных работ защищены две кандидатские диссертации, доложен на конференциях и опубликован ряд работ [1–5]. Реализуется программа по обучению персонала операторов ускорительного комплекса.

Целью проекта MPD на данном этапе является создание универсального детектора для работы на встречных пучках коллайдера NICA. Ниже представлены результаты работ по основным системам MPD, выполненных в 2023 г.

Летом 2023 г. получены заказанные в РФ компоненты *криогенной системы охлаждения соленоида* MPD, все элементы системы размещены на технологической платформе и проведена

обвязка оборудования гибкими криогенными трубопроводами. Закончен монтаж теплых трубопроводов прямого и обратного потоков гелия и азота общей протяженностью 500 м. Смонтированы подвесы zip line, на которых размещены гибкие трубопроводы, позволяющие перемещать магнит, не нагревая его и сохраняя температуру 80 К в любом положении магнита. Гибкие и стационарные трубопроводы были испытаны на прочность и герметичность, включая испытания при криогенных рабочих температурах.

Силами сотрудников НЭОМД был распакован и собран сателлитный рефрижератор. Компания ILK не выполнила своих обязательств по контракту, отстранилась от сборки и наладки рефрижератора и не предоставила программное обеспечение (ПО). Сотрудниками ЛФВЭ и компанией ООО «Системы расширенного диапазона» была проведена разработка схемы и подготовка нового ПО с возможностью работы в ручном режиме и визуализации телеметрии, на базе имеющихся контроллеров.

Соленоидальный магнит. На технологическую платформу установлен контрольный дьюар, и проведена его обвязка с трубопроводами соленоида. На СП-кабель в узле соединения с контрольным дьюаром (наиболее теплонагруженная часть) добавлены дополнительные датчики температуры для определения температуры кабеля в процессе ввода тока и в стационарном режиме работы. Датчики от соленоида и вакуум-

5–6 декабря. Технологическое перемещение 800-тонного соленоида эксперимента MPD в павильоне многоцелевого детектора ускорительного комплекса NICA



ной системы подключены в систему контроля и управления Master control (более 500 кабелей). Проведена откачка вакуумной полости соленоида до рабочего вакуума $5 \cdot 10^{-5}$ Торр. Время откачки составило 48 часов. Испытания на герметичность прошли успешно, натеканий и течей не выявлено. В процессе испытаний в трубопроводах системы охлаждения соленоида подавался гелий под рабочим давлением. Криогенные испытания магнита разделены на несколько этапов. Первый этап предполагал циркуляцию рабочих газов в контурах системы охлаждения в теплом режиме. Второй этап предусматривает охлаждение соленоидального магнита до 80 К, третий этап — охлаждение соленоида до рабочих температур 4,5 К, а также дополнительные проверки систем в стационарном режиме работы при 4,5 К.

Продолжалась сборка корпуса *TPC* и камеры считывания данных *ROC* [6–8]. Были установлены два фланца и высоковольтный электрод

на внутреннюю трубу С1–С2. Взаимная непараллельность двух фланцев и высоковольтного электрода между собой — не более $\pm 0,5$ мм. Установлены 24 трубы системы field cage на внутреннем диаметре ТРС. Камеры считывания для стартовой версии МРД базируются на многопроволочных пропорциональных камерах (MWPC) со считыванием сигналов с катодных площадок (pads readout). Изготовлено и протестировано 28 серийных камер.

Для минимизации погрешности в абсолютном измерении координат треков частиц создается система лазерной калибровки. В объеме ТРС с помощью системы распределения первичного лазерного луча генерируется 8 плоскостей с 28 вторичными лазерными лучами в каждой. Изготовлен детектор положения лазерного луча в университете г.Оломоуц (Чехия). Детектор испытан с рабочим лазером. Разработана конструкция для установки сборок микрзеркал, создано компьютерное управление двумя рабочими лазерами системы лазерной калибровки. Система охлаждения служит для температурной стабилизации детектора ТРС в пределах $0,5$ °С. Она содержит 180 датчиков РТ100, размещенных на корпусе детектора и обеспечивающих измерение температуры с точностью $\sim 0,1$ °С. Дистиллированная вода используется в качестве теплоносителя. Для предотвращения течей воды внутри установки МРД вся вода в трубопроводах находится под давлением ниже атмосферного (leakless system). Автоматика обеспечивает контроль и мониторинг состояния всей системы. Проводилась проверка принятых технических решений на специализированном стенде и согласование компоновки оборудования между исполнителем (НИИЯП БГУ, Минск) и ОИЯИ.

Модули FEC базируются на специализированных микросхемах (ASIC SAMPA), FPGA и скорост-

Склейка двух фланцев и высоковольтного электрода с трубой С1–С2



Стенд для тестирования ROC-камер с электроникой считывания



Объединенная команда ОИЯИ-ЦНИИСМ после доставки опорной конструкции для детекторов MPD (фото Н. Д. Топилова)



ных последовательных интерфейсах передачи данных. К настоящему времени изготовлено 65 % модулей от необходимого количества. Имеется в наличии 500 комплектов печатных плат, что покрывает оставшуюся для производства часть с учетом необходимого резерва. Контроллер RCU предназначен для управления и прие-

ма данных с 62 FEC-модулей, установленных на одной считывающей ROC-камере. В 2023 г. была завершена отладка и начаты испытания первой версии контроллера, которые показали работоспособность основных функций устройства. Заканчивается проектирование предсерийной версии устройства.

Март. Очередная крупная поставка модулей электромагнитного калориметра для детектора MPD на NICA в ОИЯИ из Китая



В 2023 г. была завершена сборка **модулей ToF** MPD [9], 28 модулей готовы к установке в MPD. Параллельно проводится дополнительное тестирование и доработка собранных модулей. Завершено производство оборудования интеграции модулей ToF в MPD. Началась сборка самой сложной сервисной подсистемы ToF — системы газоснабжения детекторов. После сдачи в эксплуатацию платформы электроники MPD это оборудование будет установлено в стойках на 3-м этаже платформы. Изготовлена и протестирована система очистки газовой смеси от примесей водяных паров и кислорода с регенерацией. В результате проведенной оценки эффективности триггерных систем MPD было принято решение использовать детекторы ToF в качестве триггерных. Для этого была модернизирована накамерная электроника на базе NINO и началось производство триггерных логических модулей для времяпролетной системы.

Все 800 произведенных модулей электромагнитного калориметра **ECal** протестированы с помощью космических мюонов [10]. 20 модулей были возвращены на тестирование и далее на участок склейки кластеров, ни один модуль не был отбракован. Калибровочные данные постоянно анализируются. Исследуется разброс калибровочных коэффициентов. Все модули вмонтированы в корзины полусекторов калориметра. Таким образом, 66 % всего калориметра подготовлено к установке электроники и монтажу в MPD.

В полном объеме произведены все основные элементы электроники калориметра. Начата установка электроники и системы ее охлаждения в термоизолированные боксы, проводятся испытания различных режимов работы системы охлаждения. Ведется контроль стабильности работы калориметра (на уровне полусектора) с

использованием разработанной системы (LED) мониторинга. Создаются программы онлайн-мониторинга калориметра и медленного контроля работы детектора.

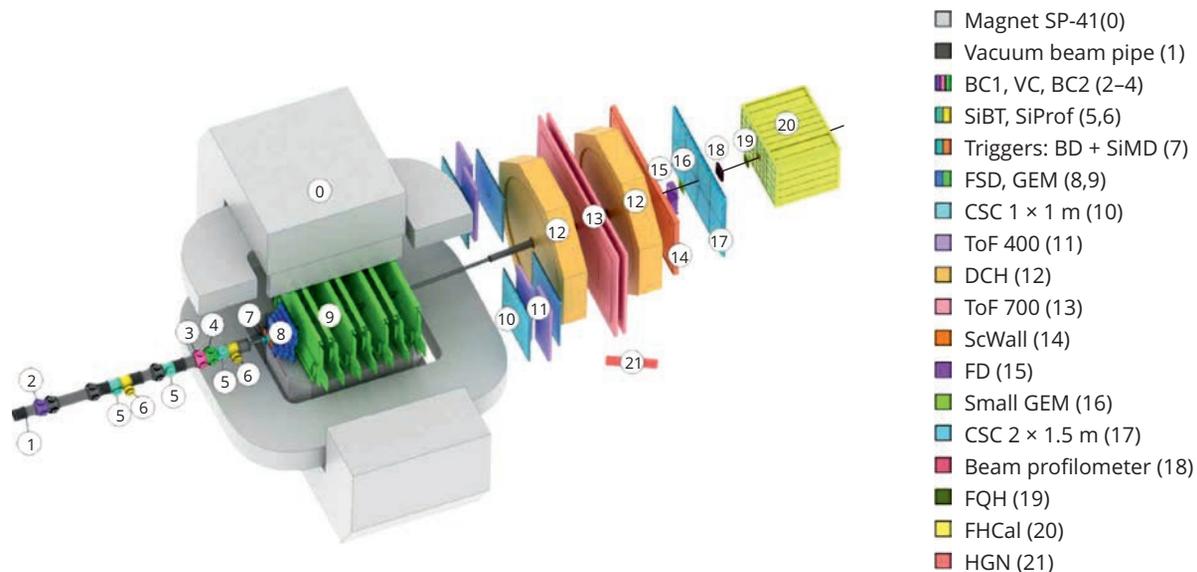
Полным ходом велись разработка и создание электронной платформы детектора MPD ускорительного комплекса NICA (**NICA-MPD-Platform**). Установлено 25 стоек для оборудования с вентиляционными панелями и 13 вентиляторами для охлаждения оборудования на каждом этаже платформы. Электропитание платформы изолировано на каждом этаже. Установлена система контроля и управления доступом, интегрированная с существующей системой с DAQ-Data Center. На каждом этаже платформы установлена система видеонаблюдения и автономная система пожаротушения, основанная на снижении концентрации кислорода путем ввода негорючего газа. Разработана водяная система охлаждения платформы, закуплено необходимое оборудование, и начат его монтаж.

В ходе подготовки **детектора светимости** для настройки сведения пучков без MPD (standalone mode) были собраны две плоскости детектора с новой FE-электроникой и собран стенд для тестовых измерений, ведутся работы по согласованию временных сигналов с детекторных систем коллайдера и MPD [11]. Велась подготовка к тестовым измерениям на ускорителе электронов в Троицке.

В 2023 г. участники проекта MPD опубликовали 11 научных работ и представили свыше 30 докладов на различных конференциях.

В эксперименте **BM@N** с декабря 2022 по февраль 2023 г. проводился физический сеанс с набором данных по взаимодействиям ионов ксенона ($^{124}\text{Xe}^{54+}$) с мишенью CsI. Впервые экспериментальная установка работала с полной конфигурацией трековой системы, которая пол-

Рис. 1. Полная конфигурация детекторов BM@N в сеансе Xe+CsI



ностью перекрывала апертуру анализирующего магнита SP-41. Полная конфигурация детекторов BM@N в сеансе Xe + CsI представлена на рис. 1. Подготовлена к публикации статья с описанием детекторов BM@N [12]. В ходе сеанса было зарегистрировано 507 млн взаимодействий в пучке ионов ксенона с кинетической энергией 3,8 А ГэВ и 48 млн взаимодействий в пучке ионов ксенона с энергией 3 А ГэВ.

Выполнена оптимизация алгоритма восстановления треков частиц в центральной трековой системе, уточнены положения координатных детекторов программными методами, проведена калибровка детекторов времени пролета и детекторов для определения центральности взаимодействия. Полная обработка и реконструкция событий при энергии ионов ксенона 3,8 А ГэВ были выполнены с помощью системы DIRAC на Tier-1,2. В ходе анализа 10 млн взаимодействий

получены статистически обеспеченные сигналы распадов Λ -гиперонов ($\Lambda \rightarrow p\pi^-$) и K_S^0 -мезонов ($K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$), представленные на рис. 2.

Использование данных детекторов времени пролета позволило выделить заряженные мезоны и легкие ядерные фрагменты: π^\pm , K^\pm , p , ^3He , d , t . Идентифицированные V^0 и заряженные частицы являются базовым инструментом для исследования свойств ядерной материи, образованной во взаимодействиях Xe + CsI.

В 2023 г. была опубликована первая статья коллаборации BM@N по исследованию образования π^- - и K^+ -мезонов в аргон-ядерных взаимодействиях при энергии 3,2 А ГэВ [13]. Выходы π^- - и K^+ -мезонов и наклоны спектров по поперечному импульсу π^- - и K^+ -мезонов в зависимости от быстрой скорости приведены на рис. 3 и 4 соответственно.

Участники коллаборации сделали ряд докладов на международных конференциях «Ядро-2023»

Рис. 2. Сигналы распадов $\Lambda \rightarrow p\pi^-$ и $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ в спектрах инвариантных масс ($p + \pi^-$) и ($\pi^+ + \pi^-$)

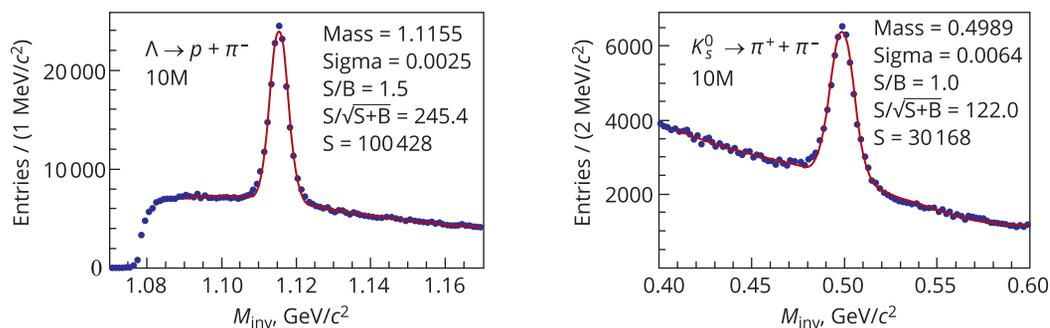


Рис. 3. Выходы π^- - и K^+ -мезонов в зависимости от быстрой скорости в интервалах по поперечному импульсу. Данные сравниваются с предсказаниями моделей ядро-ядерных взаимодействий UrQMD, DCM-SMM и PHSD

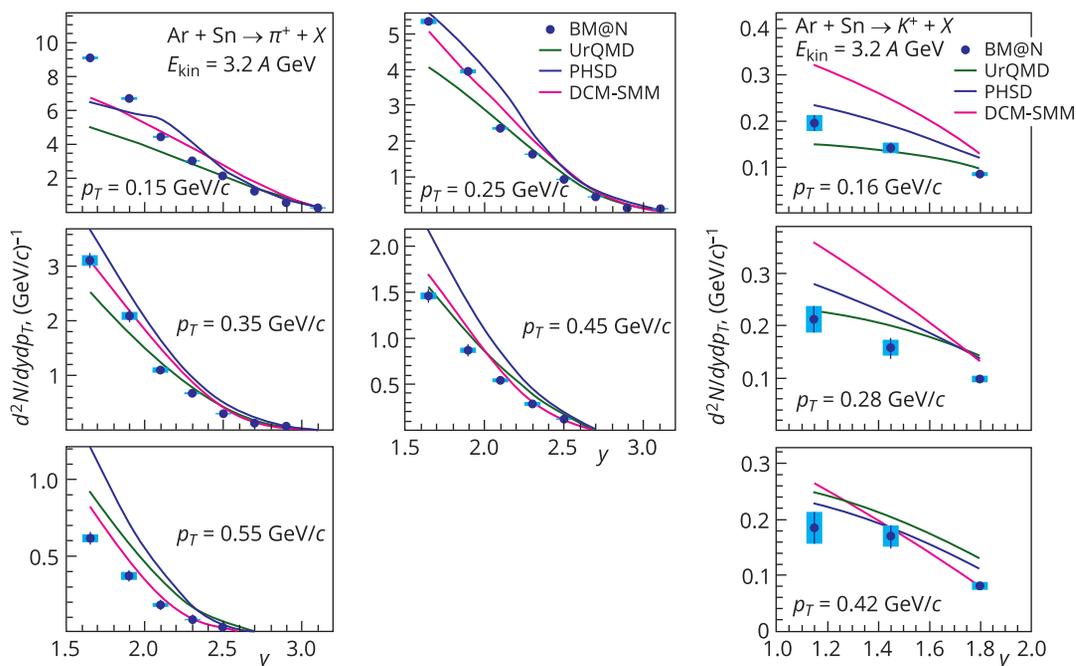
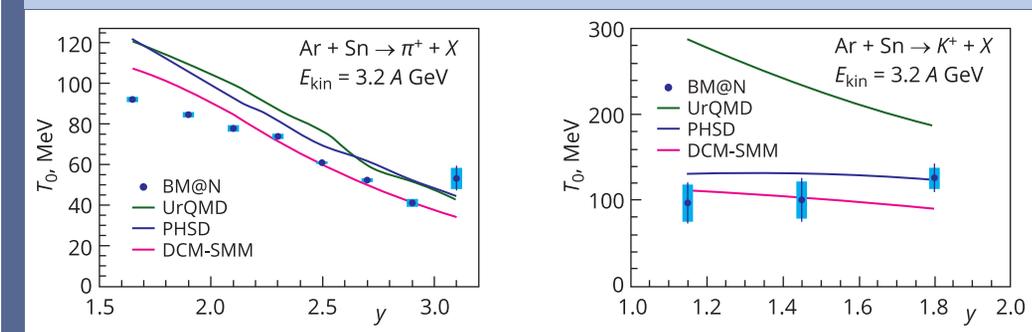




Рис. 4. Наклоны спектров по поперечному импульсу π^+ - и K^+ -мезонов в зависимости от быстроты. Данные сравниваются с предсказаниями моделей ядро-ядерных взаимодействий UrQMD, DCM-SMM и PHSD



(Саров, 2 доклада), «Актуальные проблемы физики микромира» (Минск, 2 доклада), Балдинском семинаре (Дубна, 6 докладов), рабочем совещании «NICA-2023» (Дубна, 2 доклада).

В коллаборации SPD продолжалась работа над завершением технического проекта установки. По сравнению с версией, представленной на зимней сессии ПКК по физике частиц в 2023 г., в проект были внесены следующие основные изменения:

- в соответствии с расчетами, проведенными ЗАО «Комета», вес детектора мог быть увеличен с 1200 до 1500 т, что позволяет увеличить на 10 см внешний радиус установки и на 30 см — ее продольный размер. Это затронуло такие подсистемы, как мюонная система, сверхпроводящий соленоид и электромагнитный калориметр;

- для расширения возможностей идентификации вторичных частиц пороговый черенковский детектор на основе аэрогеля был заменен

на фокусирующий детектор черенковских колец (FARICH);

- переработан дизайн детектора пучковых столкновений, BBC. Была повышена радиальная и азимутальная гранулярность для расширения возможностей детектора при работе в первой фазе эксперимента в режиме ион-ионных столкновений;

- упрощен дизайн центрального трекера на основе детектора Micromegas для первой фазы эксперимента;

- произведена оптимизация технических решений на основе доступности компонентов детектора и оборудования, и выполнена переоценка стоимости проекта с учетом предложенных изменений и текущих цен.

В 2023 г. к коллаборации присоединились Институт ядерной физики СО РАН (Новосибирск) и Высшая школа экономики (Москва), меморандумы о взаимопонимании подписаны с шестью новыми организациями. Коллаборация SPD про-



вела в гибридном формате два совещания, в которых приняли участие более 160 человек. За этот период участниками проекта SPD от ОИЯИ было опубликовано 10 работ в реферируемых научных журналах [14–17].

В 2023 г. стартовала программа прикладных исследований **ARIADNA** с использованием пучков ускоренных ионов высоких энергий комплекса NICA. В рамках состоявшегося четырехмесячного сеанса работы ускорительного комплекса на выводе пучка из установки BM@N, в режиме параллельной работы с основным экспериментом, создан прототип мобильного стенда, оснащенного дозиметрическим оборудованием и системой диагностики пучков заряженных частиц с энергиями порядка нескольких ГэВ/нуклон. Проведены первые эксперименты по программе работ коллаборации ARIADNA [18], выполнена научная программа семи исследовательских

организаций — членов коллаборации ARIADNA. Продолжались исследования на установке СОЧИ [19].

В серии проведенных коллаборацией ARIADNA-LS экспериментов на примере клеток фибробластов кожи человека получены новые сведения о молекулярных механизмах восстановления (репарации) ДНК после воздействия рентгеновского излучения в малых дозах [20]. Получены убедительные доказательства преимущественной активации безошибочного пути репарации двунитевых разрывов ДНК — гомологичной рекомбинации — после такого воздействия. Установлено наличие пороговых уровней доз облучения клеток фибробластов человека по индукции наиболее важных маркеров репарации двунитевых разрывов ДНК: фокусов RAD51, γ -H2AX и их совместной локализации.

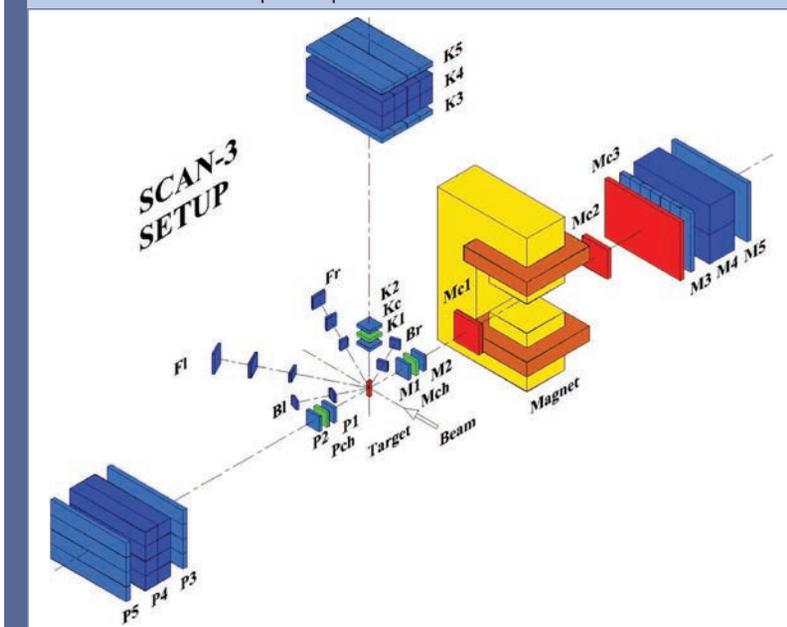
ДРУГИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА НУКЛОТРОНЕ

Проект СКАН-3 направлен на изучение высоковозбужденного ядерного вещества, образующегося в ядрах в результате dA -взаимодействия. Для реализации этой цели создан новый прецизионный гибридный магнитный спектрометр, который позволяет регистрировать как заряженные (π^\pm , K^\pm , p), так и нейтральные (n) частицы, образующиеся на внутренней мишени Нуклотрона при столкновении dA . В течение года было завершено изготовление детекторов для спектрометра СКАН-3. Созданы основные части трех независимых плеч, расположенных в одной плоскости с мишенью и взаимно перпендикуляр-

ных друг другу. Схематический вид спектрометра показан на рис. 5.

Одно плечо установки выполнено в виде магнитного спектрометра, оптимизированного для регистрации и измерения заряженных частиц — протонов и мезонов. Два других плеча представляют собой безмагнитные сцинтилляционные спектрометры, предназначенные для регистрации протонов и нейтронов. Идентификация и спектрометрия частиц осуществляются путем регистрации времени пролета и выделенной энергии в веществе детекторов. В течение 2023 г. в дополнение к существующим был создан стар-

Рис. 5. Схема спектрометра СКАН-3



товый счетчик ToF-системы магнитного плеча, кремниевый вершинный детектор, установлены дрейфовые камеры трековой системы и многослойные счетчики нейтронов [21].

На **внутренней мишени Нуклотрона** проведен эксперимент по образованию фрагментов ядер сверхнизких энергий. При взаимодействии пучка ионов Xe с W-мишенью зарегистрированы легкие фрагменты от Li до В. Цель эксперимента — настройка и тестирование новой аппаратуры, включающей Si-детекторы с толщиной рабо-

чего тела 8 и 300 мкм, системы сбора и передачи данных.

На теплом участке Нуклотрона в районе станции внутренних мишеней выполнены измерения динамических профилей циркулирующих пучков с использованием нового двухкоординатного профилометра на основе микроканальных пластин. При помощи этого профилометра изучена временная структура пучка, а также получены данные о рассеянных в заднюю полусферу частицах на внутренней мишени Нуклотрона.

26 июля. Визит в ОИЯИ представителей посольства Республики Молдова в РФ. На экскурсии в ЛФВЭ



В ходе реконструкции экспериментальной зоны канала спектрометра 7В установки **МАРУСЯ** на выведенных пучках Нуклотрона подготовлен и проведен тестовый эксперимент по определению энергии и типа ионов (и сопутствующих фрагментов) на основе черенковского излучения на тонкой алмазной мишени. Измерялись спектры в видимом диапазоне под углом 90° при дистанционном вращении мишени в вакуумной мишенной станции. Создана система сбора данных в минимальном необходимом объеме

для проведения экспериментов с выведенными пучками Нуклотрона, а также для использования вторичных пучков в прикладных исследованиях программы тестовой зоны SPD. Подготовлен для испытаний и размещен в тестовой зоне SPD прототип калориметра для регистрации мюонов от редких распадов очарованных частиц. Разработаны, изготовлены и испытаны на пучках электронного линейного ускорителя Линак-200 прототипы нейтронных детекторов на основе стильбена и быстрого сцинтиллятора БС-03 [22–24].

УЧАСТИЕ ВО ВНЕШНИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Сотрудниками группы ОИЯИ в эксперименте ALICE (ЦЕРН) были подготовлены и опубликованы две статьи, посвященные изучению фемтоскопических корреляций пар K^+K^- для Pb–Pb-столкновений при энергии 2,76 ТэВ [24] и корреляций пар тождественных заряженных пионов и каонов в pp -взаимодействиях при 13 ТэВ с отбором формы событий [25]. Также были получены новые результаты [26] для времени эмиссии каонов (τ) в 3D анализе фемтоскопических корреляций в p -Pb-взаимодействиях при энергии 5,02 ТэВ с помощью формул (iHKM модели) для продольного радиуса источника (R_{long}):

$$R_{\text{long}}^2(m_T) = \tau^2 \lambda^2 \left(1 + \frac{3}{2} \lambda^2 \right), \quad \lambda^2 = \left(\frac{\lambda_i}{\tau} \right)^2 = \frac{T}{m_T} \sqrt{1 - v_T^2},$$

здесь λ_i — длина продольной однородности; T — температура; m_T и v_T — поперечные масса и коллективная скорость. Значение τ получено комбинированным фитированием зависимости R_{long} от m_T и спектров частиц. Среднее значение $\tau = (2,7 \pm 0,25_{\text{сист}} \pm 0,15_{\text{стат}})$ фм/с совпадает (см. рис. 6) со значением, полученным для Pb–Pb-столкновений при той же множественности заряженных частиц, что говорит об одинаковом источнике излучения частиц. Также было показано, что 3D и 1D радиусы источников излучения каонов увеличиваются для более центральных событий и меньших поперечных импульсов пар

каонов. Сделано сравнение с предсказанием модели EPOS. Результаты докладывались на конференции EPS-HEP-2023.

Был продолжен анализ событий с когерентным фоторождением четырех пионов ($\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$) в ультрапериферических столкновениях Pb–Pb при 5,02 ТэВ. Анализ подтвердил [27], что наилучшее описание спектра инвариантной массы получается с использованием двух функций Брейта-Вигнера (B-W) (рис. 7). При таком описании резонансные состояния (зеленая и синяя линии) имеют массы, близкие к PDG табличным $\rho(1450)$ и $\rho(1700)$. Готовится публикация по результатам развития термальной модели образования адронов в A–A-взаимодействиях, в рамках которой были исследованы эллиптические потоки и другие характеристики частиц в Xe–Xe- и Pb–Pb-столкновениях. Сотрудники группы представили 2 доклада на международных конференциях и сделали существенный вклад в получение результатов, опубликованных коллаборацией ALICE [28, 29].

В рамках программы модернизации установки ALICE группа участвует в создании и испытании модулей электромагнитного калориметра PHOS. Осенью 2023 г. было изготовлено 12 ячеек калориметра и электроники и проведены измерения амплитудного и временного разрешения на канале T9 PS ЦЕРН. Результаты по

Рис. 6. Зависимость времени эмиссии каонов от средней множественности заряженных частиц

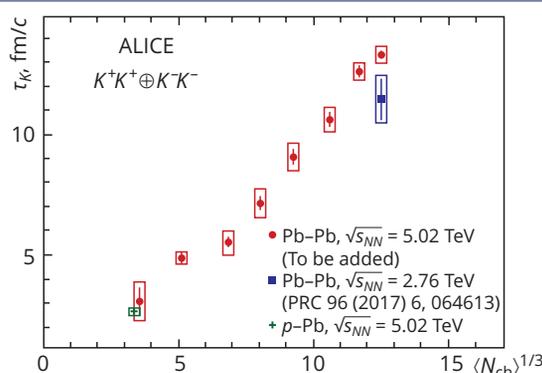
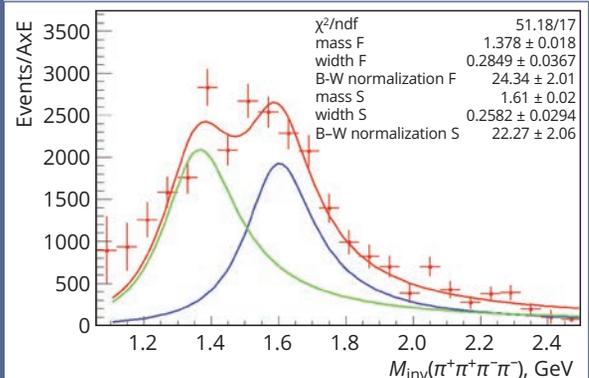


Рис. 7. Распределение по инвариантной массе четырех пионов в ультрапериферических столкновениях Pb–Pb при энергии 5,02 ТэВ



23 октября. Визит в ОИЯИ заместителя директора ускорительного центра iThemba LABS (ЮАР) д-ра Р. Немутуди



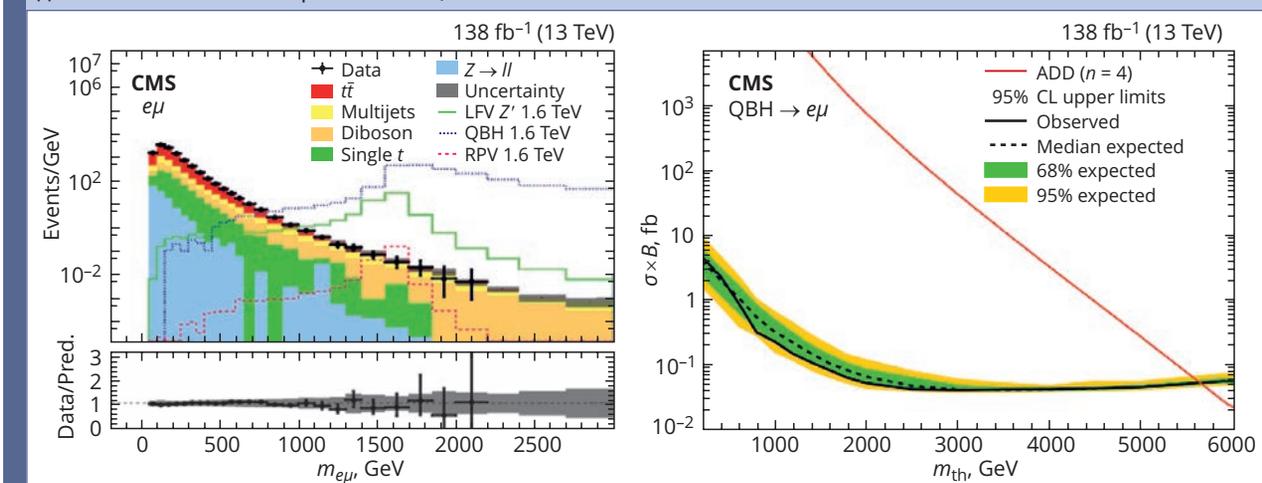
энергетическому разрешению оказались очень близкими с данными лавинных фотодетекторов Hamamatsu, а временное разрешение для одного канала примерно 70 пс.

Группа ОИЯИ в эксперименте CMS принимала участие в обработке и анализе данных сеанса LHC на встречных пучках протонов при $\sqrt{s} = 13$ ТэВ (Run2, 2015–2018 гг.), а также первых данных третьего сеанса (Run3), начавшегося в середине 2022 г. при $\sqrt{s} = 13,6$ ТэВ. На основе данных Run2 продолжился поиск сигналов физики за рамками Стандартной модели в каналах с ожидаемым нарушением лептонной универсальности. Были исследованы спектры инвариантных масс $e\mu$, $\mu\mu$, $e\tau$ и $\mu\tau$ при энергии 13 ТэВ в с. с. м. и интегральной светимости 138 fb^{-1} (рис. 8), и получе-

ны новые уникальные ограничения на модельные параметры суперсимметричных моделей, нарушающих R-четность, теорий с распадами тяжелых калибровочных Z' -бозонов, нарушающих лептонный аромат, сценариев рождения квантовых черных дыр в моделях с дополнительными пространственными измерениями [30].

Для осуществления поиска кандидатов в темную материю [31, 32] в рамках расширенных двухдублетных моделей со скалярным и псевдоскалярным синглетами (2HDM + s/a) проведено моделирование процессов рождения при $\sqrt{s} = 13,6$ ТэВ переносчиков взаимодействия между сектором SM и сектором темной материи. Осуществлена оценка сечений этих процессов.

Рис. 8. Слева: распределение событий по инвариантной массе пары лептонов $e\mu$; справа: верхний предел (95 % CL) на сечение образования и распада на пару $e\mu$ квантовой черной дыры (сценарий с числом дополнительных измерений $n = 4$)



Предложен новый метод измерения долей кварковых (« q ») и глюонных (« g ») струй, основанный на усреднении измерений в каждом бине распределения q/g -струй по произвольному макропараметру струи [33]. Получены аналитические выражения для задачи измерения характеристик q/g -струй с использованием измеренных долей q/g -струй.

Изучены однопетлевые электромагнитные и электрослабые радиационные поправки для процесса рождения дилептонов в адронных столкновениях в канале фотон-фотонного слияния, особое внимание уделено жесткому тормозному излучению. Проведен подробный численный анализ эффектов электромагнитных и электрослабых радиационных поправок к наблюдаемым дифференциальным сечениям процесса Дрелла-Яна в широкой кинематической области, соответствующей сверхвысоким энергиям и инвариантным массам лептонной пары [34, 35].

Полностью выполнены запланированные на 2023 г. работы по модернизации и проверке работоспособности детекторов CMS, за которые ОИЯИ несет ответственность. Детекторы показали стабильную и эффективную работу в период набора данных Run3. Потери данных в адронной калориметрии не превосходят 1% (~ 210 пб $^{-1}$). Анализ экспериментальных данных Run3 показал эффективную работу катодно-стриповых камер (CSC) в мюонной системе торцевой части установки CMS (ME). Величины пространственного разрешения CSC, полученные для станций ME в 2023 г., хорошо согласуются с данными прошлого года и свидетельствуют о стабильности работы CSC.

Группа ОИЯИ принимает активное участие в создании калориметра с высокой гранулярностью HGCal и в модернизации мюонной системы в рамках второй фазы модернизации установки CMS для работы в условиях высокой светимости HL-LHC. Для создания испытательной установки кассет HGCal в ЦЕРН специалисты ОИЯИ приступили к монтажу низкотемпературных комнат, поставленных из ОИЯИ, и специальных стоек. Осуществлена сборка и проверка работоспособности сцинтилляционных триггерных плоскостей испытательного стенда.

Грид-инфраструктура ОИЯИ для CMS, включающая центры уровней Tier-1 и Tier-2, активно используется для моделирования, обработки и хранения данных эксперимента CMS. Система обработки данных Tier-1 была увеличена до 20 064 ядер, и в 2023 г. Tier-1 обработал более 3,7 млрд событий, что является наибольшим значением для эксперимента CMS среди всех центров Tier-1 в мире.

В 2023 г. физики ОИЯИ в эксперименте CMS внесли определяющий вклад в подготовку 24 научных работ. Научные результаты были представлены в 28 докладах на различных конференциях.

Участники эксперимента ATLAS в ЛФВЭ продолжали анализ данных по ассоциативному рождению бозона Хиггса Стандартной модели с электрослабым бозоном (W или Z) с применением алгоритмов машинного обучения. Продолжались работы в рамках 2-й фазы модернизации установки. Для тестирования FE-электроники жидкоаргонового калориметра совместно с коллегами из ФИАН были разработаны оптоволоконные кабели и патч-корды. Изготовленная фирмой UNICORD (Москва) продукция была доставлена в ЦЕРН и уже используется в тестовом стенде.

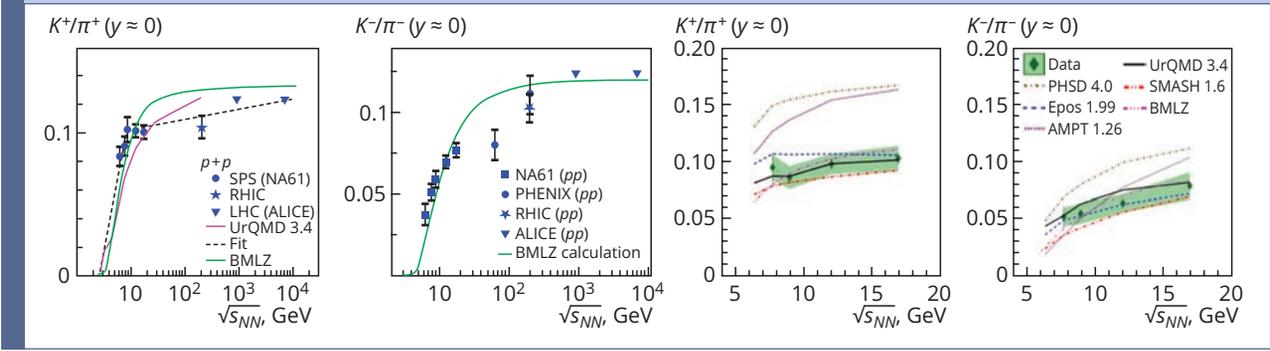
Во время длительной остановки ускорителей в ЦЕРН установка NA61/SHINE была существенно модернизирована [36]. Группа ОИЯИ внесла значимый вклад в эту работу, отвечая за разработку, создание и ввод в эксплуатацию время-пролетной системы (ToF) с высоким временным разрешением (~ 50 пс) на основе MRPC-детекторов с системой сбора данных на базе DRS4. Одно плечо системы (1728 каналов) успешно работало в сеансах 2023 г., создание второго плеча позволит полностью перекрыть аксептанс установки. При наборе данных 2023 г. была реализована новая система оценки качества данных со всех детекторных подсистем эксперимента, обеспечивающая мониторинг в режиме реального времени.

Группой ОИЯИ были изучены инклюзивные спектры пионов и каонов, рожденных в ядерных столкновениях, как функции их поперечного импульса в центральной области быстрот, рассчитанные в рамках модифицированного подхода, основанного на предположении о подобии инклюзивных спектров адронов. Показано сходство этих распределений с наблюдаемыми для pp -столкновений в широком диапазоне начальных энергий. В рамках этого подхода (Балдина-Малахова-Лыкасова-Зайцева (BMLZ)) рассчитано отношение выходов каонов к выходам пионов, рожденных в столкновениях $p-p$ и $Be-Be$, в зависимости от \sqrt{s} и дано сравнение с другими моделями (рис. 9) [37]. Интригующей представляется возможность описания в данном подходе инклюзивных спектров адронов для более тяжелых сталкивающихся систем (Pb-Pb и Au-Au), в которых наблюдается немонотонный рост отношения K^+/π^+ , как одна из сигнатур кварк-глюонной плазмы.

В 2023 г. был опубликован ряд новых физических результатов, относящихся к исследованию начала деконфайнмента, фаербола и поиску критической точки [38–40].

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 разработку, калибровку и поддержку работы магнитного спектрометра NA62, а также за создание программного обеспечения для моделирования и реконструкции событий, зарегистрированных

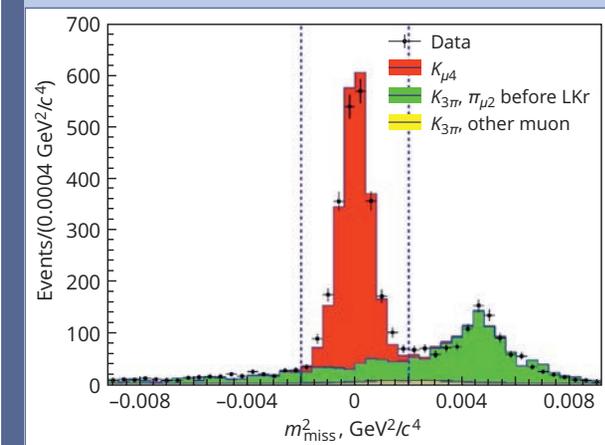
Рис. 9. Сравнение экспериментальных данных по выходу каонов и пионов в pp - и BeBe-столкновениях с расчетами группы ОИЯИ (BMLZ), а также других моделей (Epos 1.99, UrQMD 3.4, PHSD 4.0, AMPT 1.26, SMASH 1.6)



в спектрометре. Группа ОИЯИ также участвует в анализе экспериментальных данных NA48/2 и NA62. Опубликованы окончательные результаты анализа распада $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ на основе данных NA62 [41]. Набор из $1,3 \cdot 10^5$ кандидатов с фоном менее 1% был зарегистрирован коллаборацией NA62 на SPS ЦЕРН в 2017–2018 гг. Измерения вероятности распада в трех ограниченных кинематических областях выполнены с относительной точностью в пределах 1%, что улучшило существующие результаты более чем в два раза. Исследована возможная асимметрия распада, связанная с Т-нарушением, свидетельств ее наличия в пределах достигнутой точности не обнаружено.

Окончательные результаты анализа никогда ранее не наблюдавшегося редкого распада $K_{\mu 4}^{00}$ подготовлены к журнальной публикации [42]. По 2437 обнаруженным сигналам-кандидатам с отношением сигнала к фону около 6 (рис. 10) с высокой точностью определена относительная вероятность распада. В области квадрата массы дилептона выше $0,03 \text{ ГэВ}^2/c^4$ вероятность распада составляет $\text{BR}(K_{\mu 4}^{00}, S_I > 0,03) = (0,65 \pm 0,03) \cdot 10^{-6}$.

Рис. 10. Распределение квадрата недостающей массы для отобранных экспериментальных данных (маркеров), а также смоделированные вклады фона и сигнала (гистограммы). Вертикальные линии показывают область сигнала



Результат для полного фазового пространства $\text{BR}(K_{\mu 4}^{00}) = (3,4 \pm 0,2) \cdot 10^{-6}$, зависящий от экстраполяции на основе модели распада, находится в разумном согласии с предсказанием формфактора R из однопетлевого приближения киральной теории возмущений.

Дубненская группа приняла участие в сеансах на тестовых пучках SPS. Начато серийное производство строу-трубок длиной 2,5 м, диаметром 5 мм и толщиной стенки 20 мкм. Прототип электроники новой строу-камеры NA62 был протестирован как на пучке, так и в лаборатории. Разработаны новый монитор газового усиления с новым интерфейсом и новое устройство для измерения натяжения анодной проволоки. В 2023 г. сотрудники подготовили 9 научных публикаций и 5 докладов на конференциях.

Группа ОИЯИ в эксперименте NA64 на SPS ЦЕРН отвечает за координатные трековые детекторы на основе тонкостенных дрейфовых трубок, принимает участие в развитии математического обеспечения, моделировании, реконструкции и анализе данных по поиску темного фотона, иных проявлений темной материи и физики за пределами СМ. Экспериментальная установка постоянно модернизируется. Набор данных продолжался и в 2023 г. Завершен анализ всех ранее набранных данных по поиску частиц темной материи χ с суб-ГэВ-ной массой, рожденных темным фотоном A' во взаимодействии электронов с энергией 100 ГэВ с активной мишенью. Используя статистику $9,37 \cdot 10^{11}$ событий на мишень, набранную в ходе сеансов 2016–2022 гг., группа NA64 впервые провела исследование наиболее интересной области параметров моделей скалярной и фермионной термальной темной материи. Сигналов образования темной материи не обнаружено. Это позволило установить более точные пределы на взаимодействие A' с фотонами для области масс $m_{A'} \lesssim 0,35 \text{ ГэВ}$, а также исключить сценарии скалярной и майорановской легкой темной материи в области параметров константы взаимодействия $\chi - A' a_D \leq 0,1$ и в области масс частиц темной материи $0,001 \lesssim m_\chi \lesssim 0,1 \text{ ГэВ}$, при условии $3m_\chi \leq m_{A'}$ [43].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шемчук А. В. и др. ВТСП прототип квадрупольного магнита Нового Нуклотрона // IX Междунар. конф. «Лазерные, плазменные исследования и технологии» («ЛаПлаз-2023»): Сб. науч. тр. М.: НИЯУ МИФИ, 2023. С. 272.
2. Kotova A. et al. Cryogenic Tests Results of the Regular Superconducting Magnets of the NICA Collider // Proc. of the 17th Cryogenics 2023, IIR Conf., Dresden, Germany, Apr. 25–28, 2023. P. 242–247; doi: 10.18462/iir.cryo.2023.158.
3. Khodzhbagiyev H. et al. From Nuclotron Synchrotron to NICA Collider — Common Cryogenic Concept for Various Superconducting Magnets, their Design Specifics and Test Results // 28th Intern. Conf. on Magnet Technology (MT-28), Aix-en-Provence, France, Sept. 10–15, 2023.
4. Ходжибагьян Г. Г. и др. Концепция ВТСП магнитной системы синхротрона «Новый Нуклотрон». Докл. на конф. «RuPAC'23», Новосибирск, 11–15 сент. 2023 г.
5. Brovko O. et al. NICA Ion Collider and Its Acceleration Complex // 14th Intern. Part. Accel. Conf. (IPAC'23), Venezia, Italy, June, 2023. P. 616–619, doi:10.18429/JACoW-IPAC2023-MOPL043.
6. Averyanov A. et al. MPD TPC Status // Phys. At. Nucl. 2023. V. 86, No. 5. P. 796–804; doi: 10.1134/S106377882305006X.
7. Vereschagin S., Zaporozhets S., Movchan S., Potapov D. Data Acquisition System of the TPC/MPD Detector for the NICA Project // Phys. At. Nucl. 2023. V. 86, No. 5. P. 805–809; doi: 10.1134/S1063778823050411.
8. Galkin Ya. et al. Controlling Temperature Regimes of Electronics of the ROC Chamber of the TPC Detector for the MPD Experiment: Comparison of Experimental and Calculated Results // Phys. Part. Nucl. 2023. V. 54, No. 6. P. 1120–1131.
9. Baryshnikov V. et al. Status of the Time-of-Flight System of the MPD Experiment at the NICA Collider // Phys. At. Nucl. 2023. V. 86, No. 5. P. 788–795.
10. Peng X., Zhu J., He L., Xiao W. Simulation Study on Optical Transmission Performance and Time Resolution of Shashlik Tower // J. Instr. 2023. V. 18, No. 2. P. 02018.
11. Авдеев С. П. и др. Детектор настройки сведения пучков и определения светимости в точке взаимодействия на MPD NICA // ЯФ. 2023. Т. 86, № 5. С. 605–617.
12. Afanasiev S. et al. The BM@N Spectrometer at the NICA Accelerator Complex. arXiv:2312.17573 [hep-ex].
13. Afanasiev S. et al. (BM@N Collab.). Production of π^+ and K^+ Mesons in 3.2 A GeV Argon-Nucleus Interactions at the Nuclotron // J. High Energy Phys. 2023. V. 07. 174.
14. Zelenov A. et al. Testbeam Measurements and Realistic Simulation for the SPD Straw Drift Tubes // Phys. At. Nucl. 2023. V. 86, No. 5 P. 832–837.
15. Guskov A. et al. Probing Gluons with the Future Spin Physics Detector // Physics (MDPI). 2023. V. 5, No. 3. P. 672–687.
16. Karpishkov A., Saleev V. On Transverse Single-Spin Asymmetries in D -Meson Production at the SPD NICA Experiment // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20, No. 3. P. 360–363.
17. Gross F. et al. 50 Years of Quantum Chromodynamics // Eur. Phys. J. C. 2023. V. 83. P. 1125.
18. Belov O. (ARIADNA Collab.). Applied Research at NICA Facility // IUPAP Conf. “Heaviest Nuclei and Atoms”. Apr. 25–30, 2023, Yerevan.
19. Сливин А. А. Зона прикладных исследований на комплексе NICA // Рабоч. совещ. РСО-Алания – ОИЯИ, 16–20 июня 2023 г., Владикавказ, Россия.
20. Belov O. et al. Dose-Dependent Shift in Relative Contribution of Homologous Recombination to DNA Repair after Low-LET Ionizing Radiation Exposure: Empirical Evidence and Numerical Simulation // Curr. Issues Mol. Biol. 2023. V. 45, No. 9. P. 7352–7373.
21. Afanasiev S. et al. Upgrade of the SCAN-3 Spectrometer at Nuclotron // Письма в ЭЧАЯ. 2023. Т. 20, № 5(250). С. 1323.
22. Baldin A. et al. Flap Collaboration: Tasks and Perspectives. Study of Fundamentals and New Applications of Controllable Generation of Electromagnetic Radiation by Relativistic Electrons Using Functional Materials // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 18, No. 3. P. 338–353.
23. Potylitsyn A. et al. Monochromatic Optical Cherenkov Radiation of Moderately Relativistic Ions in Radiators with Frequency Dispersion // JETP Lett. 2022. V. 115, No. 8. P. 439–443.
24. Балдина А. А. и др. Применение фотонных кристаллов для генерации широкополосного излучения на линейном ускорителе Линак-200 // Ядерн. физика и инжиниринг. 2023. Т. 14, № 3. С. 1–9.
25. Acharya S. et al. (ALICE Collab.). Investigation of K^+K^- Interactions via Femtoscopy in Pb–Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV at the LHC // Phys. Rev. C. 2023. V. 107. 054904.
26. Acharya S. et al. (ALICE Collab.). Femtoscopic Correlations of Identical Charged Pions and Kaons in pp Collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with Event-Shape Selection. arXiv:2310.07509.
27. Pozdnyakov V. Vector Meson Photoproduction in UPC with ALICE // 25th Intern. Symp. on Spin Physics, Durham, USA, Sept. 24–29, 2023.
28. Acharya S. et al. (ALICE Collab.). Photoproduction of K^+K^- Pairs in Ultra-Peripheral Collisions. arXiv: 2311.11792. 2023
29. Acharya S. et al. (ALICE Collab.). Constraining the $\bar{K}N$ Coupled Channel Dynamics Using Femtoscopic Correlation at the LHC // Eur. Phys. J. C. 2023. V. 83. P. 340.
30. Tumasyan A. et al. (CMS Collab.). Search for Heavy Resonances and Quantum Black Holes in $e\mu$, $e\tau$, and $\mu\tau$ Final States in Proton–Proton Collisions at 13 TeV // J. High Energy Phys. 2023. V. 5. P. 227.
31. Hayrapetyan A., Savina M., Shmatov S., Tumasyan A. Search for Dark Matter Produced in Association with the Standard Model Higgs Boson in pp Collisions at 13 TeV in the CMS (LHC) Experiment // Phys. Part. Nucl. 2024. V. 55, No. 1. P. 132–136.

32. *Slizhevskiy K., Savina M., Shmatov S.* Search for Dark Matter Produced in Association with a Leptonically Decaying Z Boson with the CMS Experiment at the LHC // ЯФ. 2023. Т. 86, № 6. С. 1327–1331.
33. *Шульга С. Г., Будковский Д. В.* Об измерении долей кварковых и глюонных струй в адрон-ядерных столкновениях // ЭЧАЯ. 2024. Т. 55, № 1. С. 272–276.
34. *Зыкунов В. А.* Электрослабые поправки к рождению дилептонов при фотонном слиянии на LHC // ЯФ. 2023. Т. 86, № 1. С. 9–23.
35. *Зыкунов В. А.* Двухфотонное рождение дилептонов на LHC с учетом электрослабых поправок // ТМФ. 2023. Т. 217, №1. С. 30–43.
36. *Дмитриев А. В., Зайцев А. А., Малахов А. И.* Эксперимент NA61/SHINE. Новые результаты и ближайшие планы // Новости ОИЯИ. 2023. №1. С. 17–21.
37. *Lipatov A., Lykasov G., Malyshev M., Malakhov A., Zaitsev A.* Gluon Distribution in Nucleon and Application to Analysis of ep DIS, pp and AA Collisions at High Energies and Mid-Rapidity // Phys. Part. Nucl. (accepted).
38. *Adhikary H. et al. (NA61/SHINE Collab.)*. Measurements of π^+ , π^- , p , \bar{p} , K^+ and K^- Production in 120 GeV/c $p + C$ Interactions // Phys. Rev. D. 2023. V. 108. 072013.
39. *Porfy B. et al. (NA61/SHINE Collab.)*. Two-Pion Femtosopic Correlations in Be+Be Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 16.84$ GeV Measured by the NA61/SHINE at CERN // Eur. Phys. J. C. 2023. V. 83. P. 919.
40. *Adhikary H. et al. (NA61/SHINE Collab.)*. Search for the Critical Point of Strongly-Interacting Matter in $^{40}\text{Ar} + ^{45}\text{Sc}$ Collisions at 150 A GeV/c Using Scaled Factorial Moments of Protons // Eur. Phys. J. C. 2023. V. 83, No. 9. P. 881.
41. *Gil E. C. et al. (NA62 Collab.)*. A Study of the $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ Decay // J. High Energy Phys. 2023. V. 09. 040.
42. *Batley R. J. et al. (NA61/SHINE Collab.)*. First Observation and Study of the $K^\pm \rightarrow \pi^0 \pi^0 \mu^\pm \nu$ Decay. e-Print: 2310.20295 [hep-ex] // J. High Energy Phys. (prepared for publication).
43. *Andreev Yu. et al. (NA64 Collab.)*. Search for Light Dark Matter with NA64 at CERN. PRL Editors' Suggestion // Phys. Rev. Lett. 2023. V. 131. 161801.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ им. В. П. ДЖЕЛЕПОВА

ФИЗИКА НЕЙТРИНО И РЕДКИХ ПРОЦЕССОВ, АСТРОФИЗИКА

С вводом в апреле 2023 г. двух новых кластеров рабочий объем байкальского глубоководного нейтринного телескопа **Baikal-GVD** превысил значение $\approx 0,5 \text{ км}^3$ в задаче регистрации событий от нейтрино высоких энергий (более 100 ТэВ). Детектор содержит в своем составе 12 кластеров глубоководных гирлянд регистрирующей и управляющей аппаратуры (3456 оптических модулей) и сохраняет позицию крупнейшего нейтринного телескопа Северного полушария.

При анализе данных, полученных при работе детектора в конфигурациях 2018–2022 гг., исследованы корреляции с яркими радиоблазарами каскадных событий с энергиями, превышающими 100 ТэВ. Несмотря на то, что на текущем наборе данных не обнаружено статистически значимых эффектов, анализ указывает на ряд возможных ассоциаций как с экстрагалактическими, так и с галактическими источниками (рис. 1).

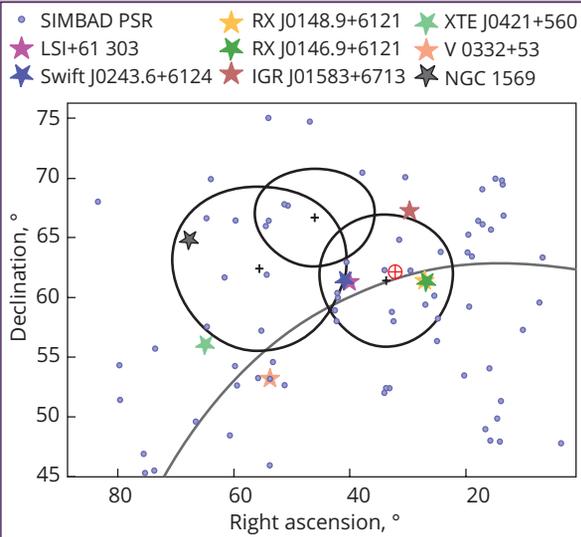
В частности, представлен анализ наблюдаемого триплета нейтринных кандидатов в галактической плоскости, исследована его потенциальная связь с определенными галактическими источниками, рассмотрено совпадение направлений прихода каскадных событий с несколькими яркими блазарами [1].

В Китае продолжается сборка крупнейшего жидкосцинтилляционного детектора реакторных антинейтрино **JUNO**. К настоящему времени установлено более половины из 18 000 фотоумножителей (ФЭУ) диаметром 20 дюймов и 25 000 ФЭУ диаметром 3 дюйма. Для этих ФЭУ предусмотрено высоковольтное питание с использованием специализированных модулей, разработанных и произведенных ОИЯИ, включая их тестирование и пусконаладку. Завершение сборки и начало заполнения детектора жидким сцинтиллятором запланированы на весну 2024 г.

Байкал, март. Рабочие моменты экспедиции по строительству глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD



Рис. 1. Три каскадных события Baikal_GVD с высокой энергией: GVD190216CA, GVD190604CA и GVD210716CA — вблизи галактической плоскости (серая линия) и ошибки определения их направлений (черные линии). Точка статистически наиболее значимого превышения потока IceCube над изотропным в Северном полушарии показана красным плюсом



Параллельно ведутся работы по подготовке к сборке и установке детектора топ-трекер (ТТ) [2]. Завод-изготовитель приступил к выполнению заказа на производство поддерживающих конструкций, разработанных в ОИЯИ. Программное обеспечение для сбора данных детектора, также разработанное в ОИЯИ, сейчас проходит отладку на прототипе ТТ в IPHC (Страсбург, Франция).

Коллаборацией **Daya Bay**, завершившей работу в 2020 г., опубликован главный результат измерения параметров осцилляций нейтрино на основе полного набора данных. После 3158 сут набора данных полученные значения $\sin^2 2\theta_{13} = 0,0851 \pm 0,0024$ и $\Delta m_{32}^2 = (2,466 \pm 0,060) \cdot 10^{-3} \text{ эВ}^2$ являются наиболее точными в мире [3]. Результат был получен при непосредственном участии группы из ОИЯИ. Точность измерения $\sin^2 2\theta_{13}$ (2,8 %) в Daya Bay — наилучшая в мире, на сегодня нет подтвержденных экспериментов, способных улучшить данный результат.

В рамках проекта **NOvA** сотрудниками ЛЯП подготовлены обзоры по текущему статусу в определении параметров осцилляций нейтрино в рамках модели с тремя типами нейтрино [4, 5]. Выполнена оценка индивидуальных и совместных чувствительностей ускорительных экспериментов NOvA/T2K/DUNE к определению параметров нейтринных осцилляций [6].

Для эксперимента **DUNE** исследована возможность применения метода DUNE-PRISM к наибольшему фону (фону мюонных нейтрино) в моде исчезновения мюонных антинейтрино в дальнем детекторе. В ЛЯП разработан прототип полноразмерного светосчитывающего модуля для ближнего детектора DUNE. Испытания модуля проведены на стенде в Бернском университете.

В эксперименте **Borexino** группой из ЛЯП велась работа по совместному анализу данных трех фаз эксперимента. Переработана и включена в стандартный код аналитическая модель для новых энергетических переменных. Предложена феноменологическая модель для описания вклада внутреннего разрешения в полное

3 октября. Делегация НАН Республики Казахстан (НАН РК) во главе с президентом правления НАН РК К. Закарьей на экскурсии в Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Джелепова

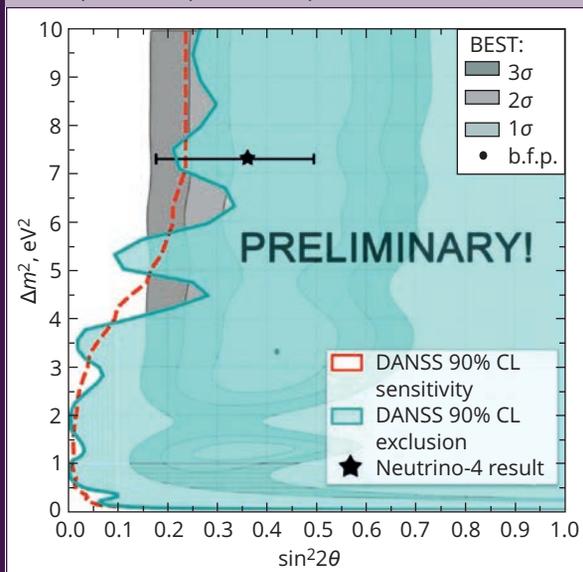


энергетическое разрешение в сцинтилляционных детекторах [7]. Завершается анализ данных, набранных на детекторе **DarkSide-50**. В серии статей опубликованы результаты поиска легких частиц темной материи. Продолжается поиск процесса двухнейтринного двойного электронного захвата на ^{36}Ar с использованием данных **DarkSide-50**.

Эксперимент **νGeN** направлен на изучение свойств нейтрино с помощью энергетического реактора Калининской АЭС, что позволяет оперировать гигантским потоком антинейтрино $(3,6-4,4) \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. К настоящему времени набрано более 1200 кг·сут данных. Сравнение данных, набранных при работающем и остановленном реакторе (154 и 39 сут соответственно), пока не выявило признаков ожидаемого сигнала от когерентного рассеяния нейтрино. Это позволило поставить ограничение на важный параметр ионизационных потерь в германии (квенчинг) на уровне $k < 0,23$ (90 %-й уровень достоверности) [8].

В новом анализе данных эксперимента **DANSS** за период с 2016 по 2023 г. был добавлен учет абсолютных скоростей счета антинейтрино (согласие с моделью Хубера и Мюллера $0,98 \pm 0,04$ и консервативная оценка в 7 % систематической неопределенности) [9]. Для больших ($\gtrsim 10 \text{ эВ}^2$) значений параметра Δm_{41}^2 исключаются значения $\sin^2 2\theta_{ee} > 0,26$ на 90 %-м уровне достоверности. Также в этом анализе исключается наилучшая точка $\Delta m_{41}^2 = 7,3 \text{ эВ}^2$, $\sin^2 2\theta_{ee} = 0,36$, полученная в эксперименте «Нейтрино-4», и практически вся область допустимых параметров эксперимента **BEST** (рис. 2).

Рис. 2. Область исключения в пространстве параметров стерильного нейтрино на 90%-м уровне достоверности, полученная методом растрового сканирования (голубая область), и граница области чувствительности на 90%-м уровне достоверности (красная штриховая линия)



Криостат растворения ^3He - ^4He Ricochet с детекторами-боллометрами, смонтированный для тестирования в IP21 (Лион)



Дополнительно проведено методическое исследование старения используемых пластмассовых сцинтилляторов (уменьшение световыхода составляет $0,55 \pm 0,05 \%$ в год) [10], а также продолжено исследование влияния атмосферных параметров на поток космических мюонов [11].

Проект **Ricochet**, начинавшийся более двадцати лет назад как проект **EDELWEISS** по прямому поиску темной материи с HPGe детекторами-боллометрами, в настоящее время направлен на поиск новой физики в трех направлениях: продолжение прямого поиска темной материи [12], прецизионные исследования **CEvNS** (**Ricochet**) [13, 14], исследования процессов двойного бета-распада ^{100}Mo с Li_2MoO_4 сцинтилляционными кристаллами [15].

В 2023 г. были проведены работы по запуску тестовых измерений для **Ricochet**-фазы проекта в ILL (Гренобль, Франция). В ноябре 2023 г. в ILL начат монтаж криогенной системы, созданной в ОИЯИ. ОИЯИ участвует в отборе низкофоновых материалов, в проведении измерений фона, в создании активной вето-системы. Планируется, что первые экспериментальные результаты будут получены уже в 2024 г.

В 2023 г. в первой фазе эксперимента **LEGEND** (**LEGEND-200**) в Национальной лаборатории Гран-Сассо (Италия) шел набор данных со 101 обогащенного германиевого детектора (~140 кг ^{76}Ge). Установка была собрана и запущена в 2022 г. при определяющем участии специа-

12 апреля. Торжественный вечер,
посвященный 110-летию со дня рождения В. П. Джелепова



22 августа. Открытие выставки к 110-летию со дня рождения
выдающегося итальянского и советского физика Б. М. Понтекорво



30 октября – 3 ноября. 27-я Международная конференция молодых ученых
и специалистов (AYSS-2023), посвященная 110-летию со дня рождения Б. М. Понтекорво



листов ОИЯИ. На конференции TAUP-2023 были представлены первые результаты оценки уровня фона эксперимента LEGEND-200 после анализа накопленной экспозиции в 10,1 кг·лет. Индекс фона составил $4,1 \cdot 10^{-4}$ отсчета/(кэВ·кг·лет). Это значение близко к расчетному уровню фона установки.

Целью проекта MONUMENT является проведение экспериментальных измерений мюонного захвата на нескольких дочерних по отношению к кандидатам на безнейтринный 2β -распад ядрах. В октябре 2023 г. осуществлены измерения обычного мюонного захвата в обогащенном изотопе ^{48}Ti на мезонной фабрике в PSI. Измерение этого изотопа не имеет прямого отношения к дочерним ядрам 2β -распада, но направлено для помощи теоретическим группам (*ab-initio* и оболочечной модели ядра) в понимании пробле-

мы возможного подавления аксиального фактора. В 2024 г. планируются измерения мюонного захвата с легкими ядрами ^{12}C и ^{13}C .

Демонстратор SuperNEMO нацелен на достижение чувствительности $T_{1/2}(0\nu\beta\beta) > 6,5 \cdot 10^{24}$ лет (2,5 года измерений, 6,5 кг обогащенного ^{82}Se). Демонстратор работает непрерывно, с 99 % действующих каналов, набирает данные для калибровки детектора и измерения фонов. Предварительное измерение уровня радона в трекаре, основанное на идентификации характерной $\text{BiPo } \beta\text{-}\alpha$ цепочки распада ^{214}Bi и его дочернего элемента ^{214}Po , позволило успешно воспроизвести период полураспада ^{214}Po и определить активность (6 ± 2) мБк/м³. Для дальнейшего снижения фона вокруг детектора установлен антирадоновый тент, в который будет нагнетаться воздух, очищенный от радона.

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

В рамках проекта ATLAS проводились поиски квантовых черных дыр (QBH) в спектре инвариантной массы в лептон-струйном канале распада с использованием данных, полученных при $\sqrt{s} = 13$ ТэВ pp -столкновений, соответствующих интегральной светимости 140 фб⁻¹. Наблюдаемый спектр инвариантной массы пары лептон-струя согласуется со Стандартной моделью. Поставлены пределы на сечение рождения QBH с учетом вероятности распада на пару лептон-струя для масс более 2 ТэВ на уровне достоверности 95 %. Нижний предел на массу QBH составил 9,2 ТэВ для ADD-модели и 6,8 ТэВ для RS-модели (рис. 3) [16].

Также сотрудники ОИЯИ принимали участие в поиске заряженных и нейтральных бозонов большой массы в $W\gamma$ и $Z\gamma$ конечных состояниях. Анализ проводился с использованием данных, полученных в pp -столкновениях при $\sqrt{s} = 13$ ТэВ

Рис. 3. Модельно-независимые верхние пределы на $\sigma \times \text{Br}$ для сигнальных событий, распадающихся на пару лептон-струя, при уровне достоверности 95 %

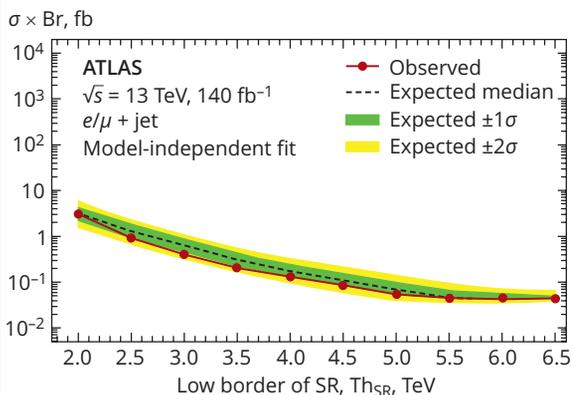
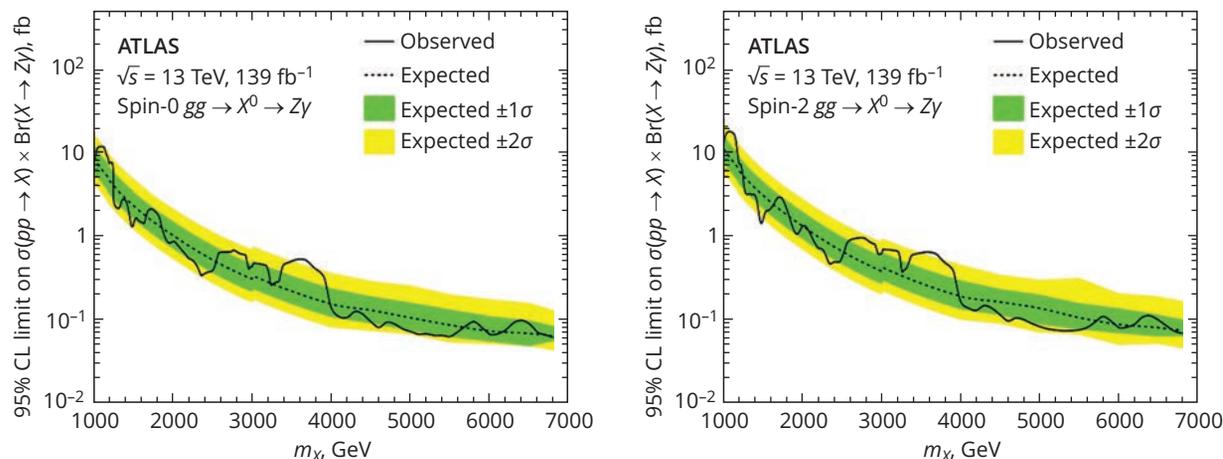


Рис. 4. Верхние пределы на $\sigma(pp \rightarrow X) \times \text{Br}(X \rightarrow W/Z\gamma)$ как функция m_X для спина 0 $gg \rightarrow X^0 \rightarrow Z\gamma$ (слева), спина 2 $gg \rightarrow X^2 \rightarrow Z\gamma$ (справа)



на ЛНС. Чувствительность поиска определялась с помощью моделей рождения и распада заряженных бозонов со спином $S = 1$ и нейтральных бозонов со спином $S = 0/2$. Был исследован интервал масс резонанса от 1,0 до 6,8 ТэВ. Никаких указаний на сигнал за пределами Стандартной модели обнаружено не было, и были поставлены верхние пределы на сечение рождения этих бозонов с учетом вероятности распада на $W\gamma$ и $Z\gamma$ для различных моделей (рис. 4) [17].

В рамках проекта BES-III на основе данных e^+e^- -аннигиляции с интегральной светимостью $5,85 \text{ фб}^{-1}$, набранных при энергиях столкновений от 4,61 до 4,95 ГэВ, с беспрецедентной точностью измерены сечения образования $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\gamma/\psi$. Было открыто векторное чармонийподобное состояние, названное $\Upsilon(4710)$, со статистической значимостью более 5 стандартных отклонений [18]. Измеренные масса и ширина резонанса составляют $(4708_{-15}^{+17} \pm 21) \text{ МэВ}/c^2$ и $(126_{-23}^{+27} \pm 30) \text{ МэВ}$ соответственно. В этом процессе также проведен поиск экзотических состояний тетракварка, получивших название Zcs . Статистически значимый сигнал от таких состояний обнаружить не удалось, однако в распределении инвариантной массы системы K^\pm/ψ в районе 4,05 ГэВ наблюдается пик со статистической значимостью $2,3\sigma$.

Система CRV, одна из важнейших частей эксперимента COMET, нацелена на обнаружение космических мюонов с эффективностью лучше

99,99 %. Сотрудниками ЛЯП был спроектирован и изготовлен первый модуль подсистемы сцинтилляционных стрипов системы COMET CRV, так называемый SCR-LS-0. В ГТУ (Тбилиси) планируется провести исследование изменения светосбора со временем, а также долговременной стабильности стрипов, полученных из ОИЯИ (Дубна).

Для прототипа калориметра, выполненного на длинных LYSO:Ce кристаллах, были проведены измерения неоднородности отклика детектора по длине кристаллов и на угле падения космических мюонов 9° и 19° относительно торцевой плоскости кристаллов. Была получена оценка энергетического разрешения калориметра в зависимости от неоднородности отклика сцинтилляторов по длине и по углу, которая составила 4 % для прямых треков и 6 % для треков под углом 19° [19]. Также были изготовлены строу-трубки в необходимом количестве для создания прототипа строу-трекера для фазы II на 64 канала.

В рамках проекта TAIGA был исследован сигнал от Крабовидной туманности с использованием и проверкой трех методов: одиночного, стерео и гибридного. Гибридный (TAIGA-hybrid) метод, разработанный коллаборацией, подразумевает использование данных при одновременной регистрации события с энергией гамма-квантов более 80 ТэВ одним телескопом и несколькими широкоугольными детекторами. Результаты измерений хорошо согласуются

Пос. Большие Коты (Иркутская обл.), 11–18 июля.

23-я Байкальская летняя школа по физике элементарных частиц и астрофизике



друг с другом, с данными других гамма-обсерваторий и позволяют в будущем использовать гибридный метод для исследования гамма-квантов

в области энергий более 100 ТэВ [20]. Продолжаются наблюдения и набор данных от различных источников гамма-излучения.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В ЛЯП впервые разработан радионуклидный генератор $^{44m}\text{Sc}/^{44g}\text{Sc}$ для получения дочернего медицинского радионуклида ^{44g}Sc , который используется в позитронно-эмиссионной томографии. Полученный выход ^{44g}Sc (80 %) от доли конверсии при изомерном переходе выявляет общую зависимость процессов авторадииолиза от Z [21].

Исследованы характеристики SiC-детекторов, облученных различными потоками ионов ^{132}Xe и быстрых нейтронов. Показано, что энергетическое разрешение детекторов при облучении потоками ионов Xe (10^9 см^{-2}) и нейтронов (10^{14} см^{-2}) на порядок ухудшается [22].

Методом спектроскопии электронов с высокой точностью определена энергия низкоэнергетического ядерного перехода $M1 + E2$ 9406,3(5) эВ в ^{83}Kr . Установлены сдвиги энергий связи электронов в подоболочках K , L и $M_{1,2,3}$ Kr , обусловленные состоянием атомов криптона, относительно таковых для свободных состояний [23].

В рамках проекта «Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов» изготавливались и проводились стендовые испытания малогабаритных прецизионных лазерных инклинометров (МПЛИ) для работы в геофизических центрах России и зарубежья. Ведутся работы по созданию ПЛИ на интерферометрическом принципе работы, проводится исследование его вакуумированного прототипа. В октябре 2023 г. МПЛИ установлен в Центре геофизического мониторинга Национальной академии наук Белоруссии «Нарочь». Начат мониторинг микросейсмической активности и сравнение показаний ПЛИ со стандартным сейсмометром. МПЛИ имеет значительный потенциал по точности и низкочастотному диапазону измерений [24, 25].

Для новой установки **Линак-200** создается пользовательская программа, включающая в себя: проведение пучковых испытаний и калибровку детекторов для экспериментов MPD, SPD

24 октября. Общелабораторный семинар ЛЯП на тему «Геномные исследования на установках ОИЯИ»



(ЭМ-калориметры, строу-детекторы, вершинные детекторы), элементов системы диагностики пучка коллайдера NICA и тестирование детекторов для других экспериментов; создание ускорительного источника терагерцевого излучения с перестраиваемым спектром для радиобиологических исследований (ЛРБ); облучение биоматериала и детекторов для космических экспериментов (ЛЯП, ИМБП); изучение фотоядерных реакций (ЛЯР, ЛЯП, ЛТФ, МГУ, Университет г. Нови-Сад (Сербия)); радиационное материаловедение (Саров, Томский университет). В ускорительном зале смонтированы 5-я и 6-я станции установки, рассчитанные на энергию пучка до 400 МэВ.

В рамках проекта PAS была произведена модернизация канала транспортировки позитронов к специализированной экспериментальной станции, автоматизированы процессы измере-

ния температуры источника, управления источниками питания продольного магнитного поля. Методом измерения доплеровского уширения аннигиляционной линии на пучке было исследовано более 130 образцов как из российских научных институтов, таких как ТПУ, САФУ, так и из стран-участниц ОИЯИ: Вьетнама, Азербайджана, Кубы. Впервые на установке были проведены измерения порошкообразных образцов. Методом измерения времени жизни позитронов в веществе на автономном источнике исследовано более 70 образцов [26, 27].

В секторе молекулярной генетики клетки ЛЯП проведены исследования, продемонстрировавшие повышение устойчивости модельных организмов к воздействию ионизирующего излучения с помощью белка тихоходок Dsup (Damage suppressor) [28].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Allakhverdyan V. A. et al. (Baikal-GVD Collab.). Search for Directional Associations between Baikal Gigaton Volume Detector Neutrino-Induced Cascades and High-Energy Astrophysical Sources. e-Print: 2307.07327; Mon. Not. R. Astron. Soc. 2023. V. 526, No. 1. P. 942–951.
2. Abusleme A. et al. The JUNO Experiment Top Tracker // Nucl. Instr. Meth. A. 2023. V. 1057. 168680.
3. An F. P. et al. (Daya Bay Collab.). Precision Measurement of Reactor Antineutrino Oscillation at Kilometer-Scale Baselines by Daya Bay // Phys. Rev. Lett. 2023. V. 130. 161802.
4. Kolupaeva L. D., Gonchar M. O., Olshevskiy A. G., Samoylov O. B. Neutrino Oscillations: Status and Prospects for the Determination of Neutrino Mass Ordering and the Leptonic CP-Violation Phase // Phys. Usp. 2023. V. 8. P. 753–774.
5. Olshevskiy A. G. Neutrino Oscillation Results and Search for Neutrino Sterile States // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20, No. 3. P. 202–212.
6. Stepanova A. V., Kolupaeva L. D. Joint Fit of Long-Baseline Accelerator Neutrino Experiments in GNA Software // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20, No. 5. P. 1176–1179.
7. Smirnov O. Note on Intrinsic Resolution in Liquid Organic Scintillators // JINST. 2023. V. 18. 10. P10026.
8. Лубашевский А. В. Поиск упругого когерентного рассеяния нейтрино и других редких процессов в эксперименте ν GeN на Калининской АЭС // Краткие сообщ. по физике ФИАН. 2023. Т. 12. С. 90.
9. Skrobova N. (DANSS Collab.) Measurements of the Absolute Reactor Antineutrino Energy Spectrum Dependence on the Fuel Composition // Phys. Atom. Nucl. 2023. V. 86. P. 544–550; <https://doi.org/10.1134/S1063778823040324>.
10. Alekseev I. G. et al. Study of Polyesterene Based Scintillator Ageing in the DANSS Experiment. <https://arxiv.org/abs/2311.14089>, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.14089>.
11. Alekseev I. G. et al. Effect of Meteorological Parameters on the Cosmic Muon Flux Studied Using the Effective Generation Level Method with the DANSS Detector Data // JETP Lett. 2023. V. 118. P. 165–171; <https://doi.org/10.1134/S0021364023602166>.
12. Marnieros S. et al. (EDELWEISS Collab.). High Impedance TES Bolometers for EDELWEISS // J. Low Temp. Phys. 2023. V. 211. P. 214–219.
13. Augier C. et al. (Ricochet Collab.). First Demonstration of 30 eV ee Ionization Energy Resolution with Ricochet Germanium Cryogenic Bolometers. arXiv: 2306.00166.
14. Augier C. et al. (Ricochet Collab.). Fast Neutron Background Characterization of the Future Ricochet Experiment at the ILL Research Nuclear Reactor // Eur. Phys. J. C. 2023. V. 83, No. 1. P. 20.
15. Augier C. et al. (CUPID-Mo Collab.). Measurement of the $2\nu\beta\beta$ Decay Rate and Spectral Shape of ^{100}Mo from the CUPID-Mo Experiment // Phys. Rev. Lett. 2023. V. 131. 162501.
16. Karpov S., Karpova Z. et al. Search for Quantum Black Hole Production in Lepton + Jet Final States Using Proton-Proton Collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS Detector. arXiv:2307.14967 (submitted to Phys. Rev. D).
17. Khramov E. et al. Search for High-Mass $W\gamma$ and $Z\gamma$ Resonances Using Hadronic W/Z Boson Decays from 139 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS Detector // J. High Energy Phys. 2023. V. 07. 125.
18. Ablikim M. et al. (BES-III Collab.). Observation of a Vector Charmoniumlike State at 4.7 GeV/c² and Search for Zcs in $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\psi$ // Phys. Rev. Lett. 2023. V. 131. 211902.
19. Kalinnikov V., Velicheva E., Rozhdestvensky A. Measurement of the LYSO:Ce and LYSO:Ce,Ca Scintillator Response for the Electromagnetic Calorimeter of the COMET Experiment // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20, No. 5. P. 995–1001.
20. Sveshnikova L. G. et al. Status of the TAIGA Experiment: Gamma Astronomy // Phys. At. Nucl. 2023. V. 86, No. 9. P. 1–7; doi 10.1134/S1063778823090247.

21. Kurakina E. S., Wharton L., Khushvaktov J., Magomedbekov E. P., Radchenko V., Filosofov D. V. Separation of $^{44m}\text{Sc}/^{44g}\text{Sc}$ Nuclear Isomers Based on After-Effects // *Inorg. Chem.* 2023. V. 62, No. 50. P. 20646–20654.
22. Evseev S. A., Chernyshev B. A., Gurov Yu. B., Dovbnenko M. S., Kopylov Yu. A., Rozov S. V., Sandukovsky V. G., Hrubčín L., Zatko B. Radiation Damage of SiC Detectors Irradiated with Xe Ions and Neutrons // *Phys. At. Nucl.* 2023. V. 86. P. 841–844.
23. Inoyatov A. Kh., Vénos D., Kovalík A. Experimental Determinations of the Energy of the 9.4 keV ($M1 + E2$) Nuclear Transition in ^{83}Kr and the Kr Electron Binding Energies in Different Matrices by ICES Method // *Nucl. Phys. A.* 2023. V. 1035. 122666.
24. Atanov N. V., Bednyakov I. V., Budagov Yu. A., Glagolev V. V., Klemeshov Yu. V., Krasnoperov A. V., Kuzkin A. M., Lyablin M. V., Ni R. V., Pluzhnikov A. A., Polyakov K. D., Trubnikov G. V., Seletsky A., Di Girolamo B. Compact Precision Laser Inclinator: Measurement of Signals and Noise // *Phys. Part. Nucl.* 2023. V. 54, No. 4. P. 788–800.
25. Lyablin M. V., Klemeshov Yu. V. Laser Power Stabilization in a Precision Laser Inclinator // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2023. V. 20, No. 2. P. 140–155.
26. Samadov S. F., Abiyev A. S., Asadov A. G., Trung N. V. M., Sidorin A. A., Samedov O. A., Popov E. P., Demir E., Verzhinina T., Aliyev Y. I., Hasanov K. M., Mirzayev M. N. Investigating the Crystal Structure of ZrB_2 under Varied Conditions of Temperature, Pressure, and Swift Heavy Ion Irradiation // *Ceram. Int.* 2023. (Impact factor 5.2); doi: 10.1016/j.ceramint.2023.11.125.
27. Eseev M., Kuziv I., Kostin A., Meshkov I., Sidorin A., Orlov O. Investigation of Nitrogen and Vacancy Defects in Synthetic Diamond Plates by Positron Annihilation Spectroscopy // *Materials.* 2023. V. 16. P. 203; <https://doi.org/10.3390/ma16010203>.
28. Zarubin M., Azorskaya T., Kuldoshina O., Alekseev S., Mitrofanov S., Kravchenko E. The Tardigrade Dsup Protein Enhances Radioresistance in *Drosophila melanogaster* and Acts as an Unspecific Repressor of Transcription // *iScience.* 2023. V. 26, No. 7. 106998.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ им. Г. Н. ФЛЕРОВА

УСКОРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЛЯР

Работа и развитие ускорительного комплекса ЛЯР в 2023 г. могут быть подытожены следующим образом.

ДЦ-280

Циклотрон ДЦ-280 в 2023 г. отработал более 6000 часов, из них более 4500 часов были использованы для проведения экспериментов по синтезу сверхтяжелых элементов и изучению их химических свойств на физических установках DGFRS-2 и GRAND. Впервые проведены длительные эксперименты с пучками ^{54}Cr интенсивностью 2,5 мкА частиц [1].

Был опробован новый метод получения пучков ионов тугоплавких металлов из ЭЦР-источника, производимых в среде SF_6 . В результате удалось получить пучок ускоренных ионов ^{48}Tl

с интенсивностью 3,2 мкА частиц. Также была оптимизирована конструкция резонаторов Flat-Top системы для улучшения качества и повышения интенсивности ионных пучков, выводимых из циклотрона ДЦ-280.

У-400М

В рамках модернизации циклотрона У-400М были завершены работы по сборке ускоряющей системы с новой системой приводов ВЧ-резонаторов и системы ВЧ-питания. Осуществлен монтаж вакуумной системы, системы водяного охлаждения, систем радиационного контроля и контроля доступа, системы аксиальной инжекции, каналов ускоренного пучка и системы управления. Было смонтировано внутреннее оборудование циклотрона: элементы системы

27 марта. Визит в ОИЯИ генерального директора ГК «Росатом» А. Е. Лихачева. Экскурсия на Фабрику СТЭ



Ускоритель У-400М



Монтаж ДЦ-140



вывода ускоренного пучка и внутренние токовые пробники. В настоящее время ведутся пусконаладочные работы.

У-400

На циклотроне У-400 был выполнен широкий круг научных и прикладных исследований в области физики тяжелых ионов. В 2023 г. циклотрон У-400 отработал более 6400 часов. Были проведены эксперименты с ускоренными пучками ${}^7\text{Li}$ (МАВР), ${}^{24,26}\text{Mg}$ (CORSET, SHELS), ${}^{40}\text{Ar}$

(МАВР, ВАСИЛИСА), ${}^{40,48}\text{Ca}$ (МАВР, SHELS), ${}^{52,54}\text{Cr}$ (ВАСИЛИСА, CORSET), а также проводились прикладные исследования на пучках ионов Ne, Ar, Kr, Xe, Bi.

ИЦ-100

Ускорительный комплекс ИЦ-100, используемый для выполнения программы прикладных исследований ЛЯР, в 2023 г. отработал более 2900 часов. Ускоренные ионы от кислорода до ксенона с энергией 1,0–1,2 МэВ/нуклон были ис-

пользованы для облучения образцов графена, AlN, Si₃N₄, MgO, MgAl₂O₄, ODS-сталей, ВТСП-сплавов на основе титана (программа сотрудничества с ЮАР, Сербией, Белоруссией, Казахстаном).

В ноябре 2023 г. ускорительный комплекс ИЦ-100 был остановлен, выведен из эксплуатации и демонтирован. На его месте создается новый ускорительный комплекс для прикладных исследований ДЦ-140.

ДЦ-140

Продолжается переоборудование помещений для ускорительного комплекса ДЦ-140 и его инженерных систем. Был установлен основной магнит циклотрона ДЦ-140 и вакуумная камера. Возведены конструкции стен и перекрытий зала циклотрона. Созданы помещения для пульта

управления ускорителем и комплексом экспериментальных установок. Оборудование циклотрона и экспериментальных каналов получено от производителей и подготовлено к монтажу [2, 3].

MT-25

Ускоритель электронов, микротрон MT-25, отработал 800 часов. На микротроне проводилось облучение биологических образцов для ЛРБ ОИЯИ. В рамках совместных с «НПП Детектор» и НИИКП работ проводилось тестирование электронных компонентов. В совместных работах со специалистами из Вьетнама изучались свойства цеолитов. Кроме того, совместно с ЛЯП ОИЯИ и Томским государственным университетом отрабатывались методики измерения энергий электронов и параметров электронного пучка.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ЯДЕР НА ГРАНИЦАХ СТАБИЛЬНОСТИ

Эксперименты на газонаполненном сепараторе DGFRS-2

В 2023 г. были продолжены эксперименты на газонаполненном сепараторе DGFRS-2 Фабрики СТЭ ЛЯП ОИЯИ по синтезу изотопов Ds в реакции $^{232}\text{Th} + ^{48}\text{Ca}$. Свойства ядер в цепочках распада $^{275,276}\text{Ds}$ имеют большое значение для идентификации нового элемента 120 в реакции $^{245}\text{Cm}(^{54}\text{Cr}, 3-4n)^{295,296}120$. При двух максимальных энергиях ^{48}Ca (рис. 1) была зарегистрирована еще одна цепочка ^{276}Ds , открытого в 2022 г., а также синтезировано шесть цепочек распада нового изотопа ^{275}Ds . Впервые ^{275}Ds был получен в реакции ^{48}Ca с ядрами актинидного элемента и идентифицирован методом последовательных альфа-распадов, ведущих к известным ядрам ^{271}Hs , ^{267}Sg и ^{263}Rf , полученным ранее в реакции $^{248}\text{Cm}(^{26}\text{Mg}, 3n)^{271}\text{Hs}$.

Впервые с 1983 г., когда были проведены первые эксперименты по синтезу изотопов Ds в пря-

мых реакциях ^{40}Ar , ^{48}Ca с изотопами актинидных элементов (^{232}Th , $^{235,236,238}\text{U}$), измерено сечение реакции, которое оказалось на порядок меньше сечения реакции $^{226}\text{Ra}(^{48}\text{Ca}, 4n)^{270}\text{Hs}$. При переходе к более тяжелым элементам ($Z > 110$) сечение растет (рис. 2), достигая максимального значения для элементов 114–115, и затем уменьшается примерно в 30 раз для элемента 118. Такое изменение полностью согласуется с теоретическими моделями, предсказывающими заполнение нуклонных оболочек при $Z = 108$, $N = 162$ и $Z = 114$, $N = 184$.

В реакции $^{238}\text{U} + ^{40}\text{Ar}$ были зарегистрированы две цепочки распада изотопа ^{273}Ds с сечением 0,2 пб (см. рис. 1). Свойства ядер, полученных

Рис. 1. Сечения реакций $^{232}\text{Th} + ^{48}\text{Ca}$ (закрытые символы) и $^{238}\text{U} + ^{40}\text{Ar}$ (открытые символы)

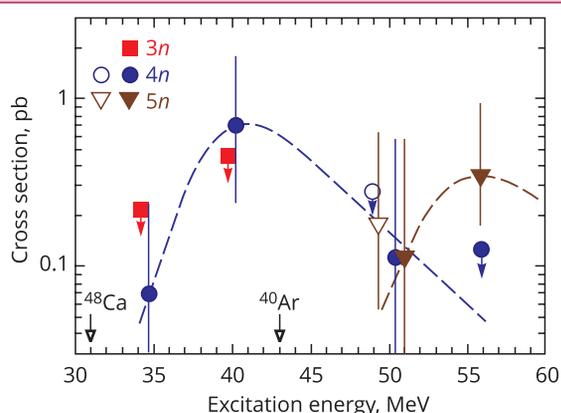
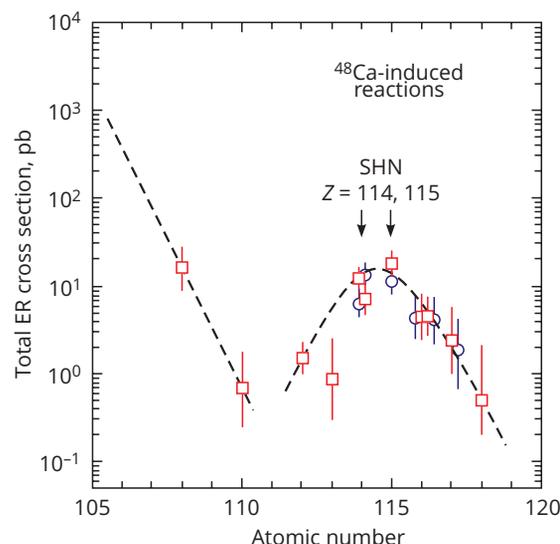


Рис. 2. Максимум сечения реакций ^{48}Ca с ядрами ^{226}Ra – ^{249}Cf . Результаты, полученные в ЛЯП, показаны красными квадратами



Комбинированная детектирующая система GABRIELA-III
в фокальной плоскости сепаратора GRAND (DGFRS-3) Фабрики СТЭ



в обеих реакциях, свидетельствуют о существовании изомерных состояний у ^{267}Sg , ^{271}Hs , ^{273}Ds и его дочерних ядер.

Впервые в реакции ^{54}Cr с актиноидными ядрами синтезирован новый изотоп ^{288}Lv и измерено сечение реакции $^{238}\text{U} + ^{54}\text{Cr}$ — около 70 фб. Этот результат позволит более точно оценить сечения реакций, ведущих к образованию новых элементов 119 и 120 в реакциях ^{54}Cr с мишенными ядрами ^{243}Am и $^{245,246,248}\text{Cm}$ соответственно.

Результаты проведенных экспериментов представлены в [4, 5].

Спектроскопия тяжелых и сверхтяжелых ядер

На сепараторе SHELS с использованием детектирующей системы SFiNX [6] были проведены эксперименты, нацеленные на изучение свойств спонтанного деления ядер трансфермиевой области. Получены новые данные по спонтанному делению короткоживущих ядер ^{244}Fm , ^{260}Rf и ^{260}Sg . Для ядер ^{260}Rf и ^{260}Sg впервые измерены выходы мгновенных нейтронов спонтанного деления.

Газонаполненный сепаратор GRAND (DGFRS-3) Фабрики СТЭ был оснащен модернизированной детектирующей системой GABRIELA-III для регистрации гамма-квантов. Система состоит из фокального многострипового детектора большой площади (100×100 мм) в комбинации с пятью гамма-детекторами клеверного типа из сверхчистого германия (HPGe). Детектирующая система GABRIELA-III обеспечивает эффективность регистрации гамма-квантов на уровне лучших мировых аналогов.

На сепараторе GRAND проведены эксперименты по изучению реакций полного слияния $^{26}\text{Mg} + ^{204,206,208}\text{Pb}$, приводящих к образованию короткоживущих нейтронодефицитных изотопов плутония ($^{226-231}\text{Pu}$). В ходе эксперимента были измерены сечения реакций, обновлены данные о радиоактивном распаде $^{228-231}\text{Pu}$, а так-

же зафиксированы события, которые могут быть отнесены к радиоактивному распаду ранее неизвестных изотопов $^{226,227}\text{Pu}$.

Также на сепараторе GRAND в реакции полного слияния $^{48}\text{Ca} + ^{204}\text{Pb}$ проведен эксперимент по изучению изомерных состояний нейтронодефицитного короткоживущего ядра ^{250}No . Был достигнут максимум функции возбуждения, соответствующий испарению четырех нейтронов [7]. В этом канале реакции может быть образован новый изотоп ^{248}No . Экспериментальные данные обрабатываются.

Химия трансактинидов

Для изучения химических свойств сверхтяжелых элементов на Фабрике СТЭ был создан экспериментальный комплекс, объединяющий газонаполненный сепаратор GRAND и химическую установку «Криодетектор». Анализ результатов первого химического эксперимента на Фабрике СТЭ, проведенного в конце 2022 г., показал, что очистка выделяемых атомов сверхтяжелого элемента флеровия от нежелательных продуктов побочных ядерных реакций увеличивается на 3–4 порядка. Это существенно повысило статистическую достоверность получаемых спектрометрических данных, что является новым стандартом в исследованиях химии СТЭ. В то же время было установлено, что после пресепарации ядер отдачи существенно снижается эффективность их выделения в химической установке за счет увеличения газового объема камеры сбора ядер отдачи. В связи с этим основной вектор исследований в 2023 г. был направлен на изучение пробега ядер отдачи ^{254}No , получаемых в реакции $^{208}\text{Pb}(^{48}\text{Ca}, x\text{n})^{256-x}\text{No}$ на сепараторе GRAND, в смеси инертных газов. В комбинации с изучением газодинамических потоков в конструкции камеры сбора ядер отдачи и хроматографического детектора была разработана модель и начато проектирование новых модулей химической установки. В следующем году будет

Дубна, 3 марта. Возложение цветов к памятнику основателя и первого директора ЛЯР Г. Н. Флорова в честь 110-летия со дня его рождения



продолжены on-line эксперименты после сепаратора, которые должны подтвердить увеличение эффективности выделения короткоживущих радиоизотопов ртути, моделирующих поведение FI, при сохранении преимуществ проведения исследований после физических сепараторов.

Также был разработан теоретический подход для моделирования адсорбции тяжелых и сверхтяжелых атомов из газовой фазы, основанный на микроскопическом рассмотрении процесса адсорбции и учитывающий потенциалы взаимодействия атома с поверхностью адсорбента [8]. Модель сочетает в себе квантово-механический подход для расчета потенциалов взаимодействия «атом–атом» и «атом–поверхность», метод молекулярной динамики для оценки газокинетических параметров, а также метод Монте-Карло для моделирования хроматографического распределения атомов по стрипам детектора.

Был завершен анализ данных, полученных в семилетнем цикле исследований на ускорительном комплексе У-400, направленном на изучение условий образования летучих соединений сверхтяжелых элементов нихония (Nh) и теннессина (Ts) в on-line экспериментах с ядрами отдачи легких гомологов [9, 10]. В экспериментах, после предварительной очистки ядер короткоживущих радиоизотопов таллия и астата в реакциях полного слияния $^{141}\text{Pr}(^{48}\text{Ti}, xn)^{189}\text{At}$ на кинематическом сепараторе SHELS, методами изотермической хроматографии и термохроматографии на поверхности кварца и золота выявлены химические формы как астата, так и таллия, характеризующихся различным адсорбционным поведением и летучестью. Результаты этих исследований сегодня являются критиче-

ски важными при планировании исследований химических свойств Nh в рамках коллаборации с Институтом современной физики (Китайская академия наук) в г. Ланьчжоу (Китай). Эти исследования логически продолжают пионерские работы ЛЯР по химической идентификации ^{284}Nh в цепочке распада ^{288}Mc . Были проведены первые совместные эксперименты в Ланьчжоу, которые продолжатся в 2024 г. на новой установке, созданной на модернизированном ускорительном комплексе HIRFL.

Динамика взаимодействия тяжелых ядер, деление тяжелых и сверхтяжелых ядер

В 2023 г. был закончен анализ массовых, энергетических и угловых распределений фрагментов, образующихся в реакции $^{90}\text{Zr} + ^{90}\text{Zr}$ [11]. Установлено, что при энергии взаимодействия вблизи кулоновского барьера вероятность образования компанд-ядра составляет всего ~20%. Ранее было показано, что в реакциях $^{36}\text{Ar} + ^{144}\text{Sm}$ и $^{68}\text{Zn} + ^{112}\text{Sn}$ [12], ведущих к образованию той же самой составной системы ^{180}Hg при близких энергиях возбуждения и вносимых угловых моментах, вероятность слияния составляет ~100 и 30% соответственно. Для детального исследования факторов, влияющих на конкуренцию между процессами образования составного ядра и квазиделения, были измерены массово-энергетические распределения фрагментов, образующихся в реакции $^{124}\text{Xe} + ^{\text{nat}}\text{Fe}$ (92% ^{56}Fe), также ведущей к образованию ^{180}Hg . Комплексный анализ всех полученных экспериментальных данных позволит выявить зависимость выхода

квазиделения от энергии взаимодействия, внесимого в систему углового момента, массовой асимметрии входного канала и произведения зарядов взаимодействующих ядер.

Было продолжено изучение свойств мульти-модального деления актинидных ядер. Проведен анализ массово-энергетических распределений фрагментов деления ^{238}Np , образующегося в реакции $^6\text{Li} + ^{232}\text{Th}$ [13]. Также были измерены массово-энергетические распределения фрагментов деления ^{224}Th , образованного в реакции $^{16}\text{O} + ^{208}\text{Pb}$, в широком диапазоне энергий возбуждения составного ядра. Измерения проводились на пучках ионов, выведенных из ускорителя У-400 ЛЯР, при помощи двухплечевого время-пролетного спектрометра CORSET. Проведенные высокоточные измерения позволяют изучить влияние внесенного в систему углового момента и энергии возбуждения составного ядра на выходы мод деления, получить зависимость дисперсии массового распределения от углового момента и энергии возбуждения.

В связи с предсказанной возможностью получения новых изотопов тяжелых и сверхтяжелых ядер в реакциях многонуклонных передач (MNT) в последние годы значительно возрос интерес к изучению этого процесса. Для исследования свойств фрагментов MNT, таких как сечение их образования, энергии возбуждения и вероятности выживания, на циклотроне У-400 с помощью установки CORSET были проведены измерения продуктов реакций $^{136}\text{Xe} + ^{238}\text{U}$ и $^{209}\text{Bi} + ^{238}\text{U}$ при энергиях пучков 1,11 ГэВ для ^{136}Xe и 1,85 ГэВ для ^{209}Bi . Измерены первичные и вторичные массовые и энергетические распределения снарядоподобных фрагментов (PLF) в совпадении либо с выжившими мишенеподобными (TLF), либо с обоими фрагментами последовательного де-

ления возбужденных TLF. Это позволило восстановить первичное массовое распределение делящихся фрагментов MNT. Наиболее тяжелые фрагменты, образующиеся в реакции $^{136}\text{Xe} + ^{238}\text{U}$, обнаруженные в полученном массовом распределении делящихся фрагментов MNT, имеют массу около 263 а. е. м. (изотопы Lr) с сечением в несколько сотен микробарн. Экспериментальные данные для реакции $^{209}\text{Bi} + ^{238}\text{U}$ находятся на стадии обработки. Подобные эксперименты по одновременному измерению массово-энергетических распределений для PLF в совпадении с выжившими TLF или с обоими фрагментами последовательного деления TLF ранее не проводились. Такая методика дает возможность детального экспериментального исследования свойств фрагментов MNT.

Реакции многонуклонных передач изучались также на сепараторе GRAND Фабрики СТЭ. Регистрировались продукты реакции под передними углами, образующиеся при взаимодействии ионов ^{48}Ca и ^{136}Xe с мишенями из ^{238}U и ^{198}Pt . Полученные экспериментальные данные обрабатываются.

Структура экзотических ядер

Продолжен анализ экспериментальных данных, полученных ранее на сепараторе ACCULINNA-2 ускорительного комплекса У-400М. В рамках программы изучения нейтроноизбыточных ядер $^{6,7}\text{H}$, образующихся в реакциях $^2\text{H}(^8\text{He}, ^4\text{He})^6\text{H}$ и $^2\text{H}(^8\text{He}, ^3\text{He})^7\text{H}$ при энергии пучка ^8He 26 МэВ/нуклон, выполнена обработка данных по реперным реакциям $^2\text{H}(^{10}\text{Be}, ^4\text{He})^8\text{Li}$ и $^2\text{H}(^{10}\text{Be}, ^3\text{He})^9\text{Li}$ с использованием радиоактивного пучка ^{10}Be (44 МэВ/нуклон) и идентичной детектирующей аппаратуры [14, 15]. Эти экспе-

Дубна, 4 мая. Вице-президент Кубинской академии наук К. де Хесус Родригес Кастельянос на экскурсии в ЛЯР



Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 21 апреля.
Торжественный семинар, посвященный 90-летию со дня рождения академика Ю. Ц. Оганесяна



Дубна, 25 января. Встреча научного руководителя ЛЯР ОИЯИ академика Ю. Ц. Оганесяна с учащимися Физмат-лицея им. В. Г. Кадышевского в рамках школьного проекта «Сто вопросов лидеру»



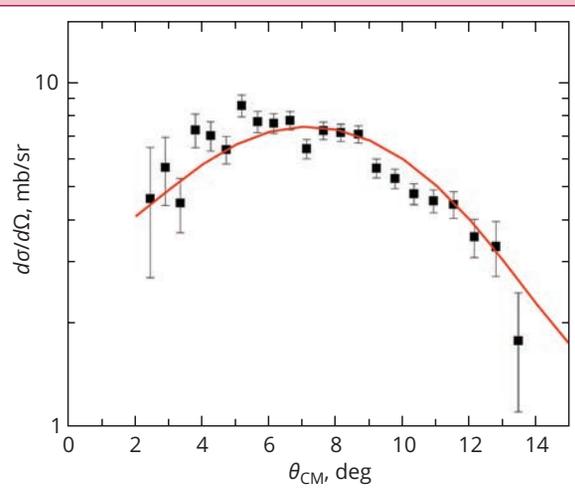
рименты дали следующие важные методические результаты:

1) по известному из литературы спектру уровней ядра ${}^9\text{Li}$ получена абсолютная энергетическая калибровка в методе недостающей массы,

имеющая принципиальное значение для анализа спектров ${}^6,7\text{H}$;

2) измерена зависимость экспериментального разрешения по энергии возбуждения от толщины дейтериевой мишени, и проведено

Рис. 3. Измеренное дифференциальное сечение для основного состояния ядра ${}^9\text{Li}$ из реакции ${}^2\text{H}({}^{10}\text{Be}, {}^3\text{He}){}^9\text{Li}$: точки — эксперимент, кривая — результат расчетов по программе FRESKO



сравнение полученных значений с результатами Монте-Карло моделирования;

3) из данных по заселению основного состояния ядра ${}^9\text{Li}$ в реакции ${}^2\text{H}({}^{10}\text{Be}, {}^3\text{He}){}^9\text{Li}$ получена информация об эффективности регистрации детекторной системы.

Анализ измеренных дифференциальных сечений $d\sigma/d\Omega_{\text{CM}}$ (рис. 3) с использованием кода FRESKO позволил определить спектроскопический фактор для канала кластеризации ${}^{10}\text{Be}(\text{g.s.}) = p + {}^9\text{Li}(\text{g.s.})$ $SF \approx 1,7$, который совпал с теоретическим расчетом в предположении одноступенчатого процесса. В реакции ${}^2\text{H}({}^{10}\text{Be}, {}^4\text{He}){}^8\text{Li}$ наблюдалось заселение второго возбужденного уровня ${}^8\text{Li}$ (2,255 МэВ, 3^+) при отсутствии основного и первого возбужденного состояний, что согласуется с предсказаниями оболочечной модели ядра, используемой при интерпретации спектра ${}^8\text{Li}$, с учетом структуры основного состояния ядра ${}^{10}\text{Be}$ и состояний ${}^8\text{Li}$ при низких энергиях возбуждения.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ И РАЗВИТИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Ионная газовая ловушка

В 2023 г. продолжилась работа по созданию криогенной газовой ионной ловушки — новой установки для Фабрики СТЭ, а именно:

- собрана механическая часть радиочастотной квадрупольной системы транспорта (RFQ-guide);
- собрана и оттестирована радиочастотная система как газовой ячейки, так и системы транспорта, включая трансформаторы. Настроены резонансы на целевой частоте ~ 1 МГц;
- смонтирована и отлажена система регистрации на выходе RFQ-guide на базе кремниевого детектора и оригинального программного комплекса, которая необходима для измерения эффективности ионной ловушки и времени экстракции альфа-радиоактивных продуктов;
- запущена система охлаждения внутренней камеры, достигнута температура 40 К при давлении гелия 10 мбар;
- отлажена система измерения состава остаточных газов на основе масс-спектрометра PrismaPro (Pfeiffer). Измерение спектров остаточных газов продемонстрировало снижение примесей в гелии при охлаждении буферного газа до температуры 40 К;
- продолжены работы по симуляции эффективности и времени экстракции из криогенной газовой ионной ловушки для продуктов, возникающих в следующих реакциях полного слияния: ${}^{40}\text{Ar} + {}^{144}\text{Sm} \rightarrow {}^{184}\text{Hg}^*$, ${}^{40}\text{Ar} + {}^{166}\text{Er} \rightarrow {}^{206}\text{Rn}^*$, ${}^{48}\text{Ca} + {}^{197}\text{Au} \rightarrow {}^{245}\text{Es}^*$, ${}^{48}\text{Ca} + {}^{208}\text{Pb} \rightarrow {}^{256}\text{No}^*$, ${}^{48}\text{Ca} + {}^{209}\text{Bi} \rightarrow {}^{257}\text{Lr}^*$, ${}^{48}\text{Ca} + {}^{242}\text{Pu} \rightarrow {}^{290}\text{Fl}^*$.

Совместно с Институтом аналитического приборостроения РАН (Санкт-Петербург) была продолжена работа по созданию многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра, предназначенного для прецизионного измерения масс тяжелых и сверхтяжелых ядер. На основе эскизного проекта масс-спектрометра подготовлен пакет документов для тендера на разработку конструкторской документации (КД) и изготовление прибора. Для изучения возможности использования ионизованных фрагментов фуллеренов в качестве калибровочных ионов заключен контракт на закупку стенда, основными частями которого являются источник ионов с электронным ударом и печным способом подачи пробы и квадрупольный масс-спектрометр. Подготовлены контракты на разработку КД для времяпролетного анализатора, а также на изготовление прецизионных источников питания и коммутаторов. Подготовлены контракты на закупку основного серийного оборудования.

Сверхпроводящий газонаполненный сепаратор GASSOL

Для расширения спектра сверхтяжелых элементов, а также их изотопов, доступных для проведения экспериментов по изучению химических свойств СТЭ, в ЛЯР создается сепаратор GASSOL, базовым элементом которого является сверхпроводящий газонаполненный соленоид [16, 17]. Основным преимуществом нового сепаратора над другими газонаполненными сепараторами Фабрики СТЭ станет малый размер



изображения сфокусированных в фокальной плоскости ионов сверхтяжелых элементов, что позволит использовать камеру остановки гораздо меньших размеров икратно повысить быст-

родействие химической установки. В 2023 г. был заключен контракт на создание рабочей документации и изготовление установки. Поставка оборудования в Дубну ожидается в конце 2024 г.

РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ И РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УСКОРИТЕЛЯХ ЛЯР

Выполнен комплекс поисковых исследований, направленный на применение материалов, создаваемых на основе трековых мембран (ТМ), прежде всего в сфере биологических и медицинских наук:

- методом магнетронного напыления получены самоорганизующиеся наноструктуры серебра и золота на поверхности трековых мембран (ПЭТФ и ПИ). Оценен коэффициент усиления и воспроизводимость сигнала гигантского комбинационного рассеяния света на поверхности функционализированных мембран. Оценен предел обнаружения человеческого метапневмовируса на основе серебряного аптасенсора на трековой мембране;
- для экспресс-диагностики вируса гриппа созданы трековые мембраны со слоем золота, напыленным магнетронным методом и функционализированным аптамерами для биосенсора на основе органических полевых транзисторов с электролитическим затвором;
- трековые мембраны были функционализированы с использованием белка, подавляющего повреждения нуклеиновых кислот (Dsup) по-

средством ковалентного связывания. Модифицированные таким способом ТМ способны захватывать свободную бесклеточную ДНК (cfDNA) из раствора в процессе фильтрации. Полученный биоматериал на основе ТМ может быть использован в устройствах для фильтрации, разделения, накопления из биологических растворов и окружающей среды молекул cfDNA;

- получены микрофильтрационные ТМ с иммобилизованными на поверхности наночастицами серебра (AgNPs) и куркумина. Полученные гибридные мембраны были использованы для фильтрации вирусов герпеса, стоматита, гриппа и энцефаломиокардита. Установлено, что такие мембраны позволяют с высокой эффективностью ингибировать вирусы, переносимые воздушно-капельным путем;
- разработана технология получения контейнера для имплантируемого биореактора на основе нанопористых ТМ, обеспечивающего избирательную изоляцию тканеинженерной конструкции от клеток и жидкостей организма реципиента;



- создан мембранно-сорбционный материал с применением технологий травления ионных треков в полимерах, вакуумного напыления, электроформования полимерных нановолокон и направленной химической модификации. Микрофильтр позволяет очищать воду от катионов цезия, находящихся в ионной форме и адсорбированных на неорганических частицах, коллоидах и биообъектах. Результаты работы являются основой для разработки новых мембранно-сорбционных материалов в низконапорных устройствах индивидуальной очистки воды от продуктов радиационного распада;
- разработаны методики гидрофилизации ТМ путем осаждения наноразмерных покрытий из диоксида кремния из смеси силана и закиси азота в индуктивно-связанной плазме и модификации трековых мембран водорастворимыми amino- и меркаптосиланами. Методики предназначены для обеспечения возможности функционализации поверхности трековых мембран биологически активными соединениями.

Помимо этого, методами лазерной конфокальной сканирующей микроскопии изучен спектральный состав фотолюминесценции монокристаллов алюмомагниевого шпинели, облученных быстрыми тяжелыми ионами [18]. Установлено, что основной вклад в выход люминесценции в спектральной области 370–800 нм обусловлен антисайт-дефектами в катионной подрешетке $MgAl_2O_4$. Численными методами исследована кинетика образования треков тяжелых ионов высоких энергий в поликристаллических материалах (Al_2O_3 , MgO , Si_3N_4 , $Y_3Al_5O_{12}$) в зависимости от размеров зерна. Показано, что процессы рекристаллизации в Al_2O_3 , MgO могут значительно влиять на морфологию зерен и их границ в области трека иона. Показана значительная роль напряжений и кислородных вакансий в стабилизации нанокристаллических областей тетрагональной фазы в единичных треках в ZrO_2 . С использованием численных и экспериментальных методов установлено, что облучение ускоренными тяжелыми ионами может формировать сквозные наноканалы в тонких пленках оксида графена и оксида вольфрама [19, 20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bondarchenko A., Bogomolov S., Efremov A., Loginov V., Mironov V., Pugachev D., Protasov A. Metallic Ion Beams Development with ECR Ion Sources at FLNR JINR // Тр. конф. «RuPAC'23» (принята в печать).
2. Kazarinov N. Yu., Lisov V. I., Bekhterev V. V., Bogomolov S. L., Gulbekyan G. G., Zabanov A. S., Ivanenko I. A., Kalagin I. V., Mitrofanov S. V., Osipov N. F., Semin V. A. Injection System of the DC140 Cyclotron at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20, No. 4. P. 845–850.
3. Lisov V. I., Ivanenko I. A., Ivanov G. N., Kalagin I. V., Kazarinov N. Yu., Kirilkin N. S., Mitrofanov S. V., Osipov N. F., Semin V. A., Zabanov A. S. Beam Trans-

- port Lines for Multipurpose Applied Science at the DC-140 Cyclotron // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2023. V. 20, No. 4. P. 825–830.
4. Oganessian Yu. Ts., Utyonkov V. K., Solovyev D. I., Abdullin F. Sh., Dmitriev S. N., Ibadullayev D., Itkis M. G., Kovrizhnykh N. D., Kuznetsov D. A., Petrushkin O. V., Podshibiakin A. V., Polyakov A. N., Popeko A. G., Sagaidak R. N., Schlattauer L., Shubin V. D., Shumeiko M. V., Tsyganov Yu. S., Voinov A. A., Subbotin V. G., Bodrov A. Yu., Sabel'nikov A. V., Rykaczewski K. P., King T. T., Roberto J. B., Brewer N. T., Grzywacz R. K., Gan Z. G., Zhang Z. Y., Huang M. H., Yang H. B. Average Charge States of Heavy Ions in Rarefied Hydrogen // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2023. V. 1048. 167978.
 5. Oganessian Yu. Ts., Utyonkov V. K., Shumeiko M. V., Abdullin F. Sh., Dmitriev S. N., Ibadullayev D., Itkis M. G., Kovrizhnykh N. D., Kuznetsov D. A., Petrushkin O. V., Podshibiakin A. V., Polyakov A. N., Popeko A. G., Rogov I. S., Sagaidak R. N., Schlattauer L., Shubin V. D., Solovyev D. I., Tsyganov Yu. S., Voinov A. A., Subbotin V. G., Bublikova N. S., Voronyuk M. G., Sabel'nikov A. V., Bodrov A. Yu., Gan Z. G., Zhang Z. Y., Huang M. H., Yang H. B. New Isotope ^{276}Ds and Its Decay Products ^{272}Hs and ^{268}Sg from the $^{232}\text{Th} + ^{48}\text{Ca}$ Reaction // *Phys. Rev. C.* 2023. V. 108. 024611.
 6. Isaev A. V. et al. The SFINx Detector System // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2022. V. 19, No. 1. P. 37.
 7. Tezekbayeva M. S. et al. Study of the Production and Decay Properties of Neutron-Deficient Nobelium Isotopes // *Eur. Phys. J. A.* 2023. V. 58, No. 52. P. 1.
 8. Astakhov A. A., Bozhikov G. A., Aksenov N. V. Theoretical Modeling of the Gas-Phase Thermochromatography Profiles of Heavy and Superheavy Atoms on Gold Surface: Combining Quantum-Chemical, Molecular Dynamic and Monte-Carlo Approaches // *Inorgan. Chem.* 2024 (submitted).
 9. Chiera N. M., Aksenov N. V., Albin Y. V., Bodrov A. Y., Bozhikov G. A., Chuprakov I., Dmitriev S. N., Dressler R., Eichler R., Kraus B., Madumarov A. S., Pigué D., Sabel'nikov A. V., Vögele A., Wittwer Y., Steinegger P. Observation of a Volatile Astatine Hydroxide Species in Online Gas-Adsorption Thermochromatography Experiments // *Mol. Phys.* 2023; doi: 10.1080/00268976.2023.2272685.
 10. Wilson J. M., Aksenov N. V., Albin Yu. V., Asfari Z., Astakhov A. A., Bodrov A. Y., Bozhikov G. A., Chepigin V. I., Chuprakov I., Dmitriev S. N., Dressler R., Eichler R., Gall B., Gustova N. S., Herrmann D., Isaev A. V., Madumarov A. Sh., Malyshev O. N., Melnik Y., Popov Y. A., Sabel'nikov A. V., Svirkin A. I., Voronyuk M. G., Zobnin V., Steinegger P. Online Gas-Adsorption Chromatography with Thallium on Fused Silica Surfaces for Next-Generation Chemistry Experiments with Nihonium // *Inorgan. Chem.* 2024 (submitted).
 11. Kulkov K. A., Kozulin E. M., Bogachev A. A., Knyazheva G. N., Itkis I. M., Novikov K. V., Vorobiev I. V., Pchelintsev I. V., Bublikova N. S., Voronyuk M. G. Experimental Study of Mass-Energy Distribution of Fragments Produced in the $^{90}\text{Zr} + ^{90}\text{Zr}$ Reaction Leading to the Formation of ^{180}Hg at Energies near the Coulomb Barrier // *Phys. Atom. Nucl.* 2022. V. 85. P. 756.
 12. Kozulin E. M., Vardaci E., Trzaska W. H., Bogachev A. A., Itkis I. M., Karpov A. V., Knyazheva G. N., Novikov K. V. // *Phys. Lett. B.* 2021. V. 819. 136442.
 13. Banerjee T., Kozulin E. M., Knyazheva G. N., Bogachev A. A., Itkis I. M., Vardaci E., Di Nitto A., Ashaduzzaman M., Setaro P. A., Alifano G. Evolution of Multi-Modal Fission with Energy in ^{238}Np Populated by $^6\text{Li} + ^{232}\text{Th}$ // *Phys. Rev. C.* 2023. V. 108. 064601.
 14. Nikolskii E. Yu., Muzalevskii I. A., Krupko S. A. et al. Study of Proton and Deuteron Pickup Reactions ($d, ^3\text{He}$), ($d, ^4\text{He}$) with ^8He and ^{10}Be Radioactive Beams at ACCULINNA-2 Fragment Separator // *Nucl. Instr. Meth. B.* 2023. V. 541. P. 121–125.
 15. Nikolskii E. Yu., Krupko S. A., Muzalevskii I. A. et al. Study of Proton and Deuteron Pickup Reactions $^2\text{H}(d, ^3\text{He})^9\text{Li}$ and $^2\text{H}(d, ^4\text{He})^8\text{Li}$ with 44 A MeV ^{10}Be Radioactive Beam at ACCULINNA-2 Fragment Separator // *Phys. Atom. Nucl.* 2023. V. 86, No. 6.
 16. Solovyev D. I., Kovrizhnykh N. D., Gulbekyan G. G., Kazarinov N. Y., Gikal K. B., Lisov V. I., Papenkov K. V. Simulation of Ion Optics in a Gas-Filled Solenoid GASSOL // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2023. V. 1052. 168263.
 17. Koshurnikov E. K., Gikal K. B., Gulbekyan G. G., Cuneo S., Okhrimenko V. Yu., Solovyov D. I., Torazza D. Magnetic System of the Gas-Filled Separator GASSOL for Studying Properties of Superheavy Elements // *Phys. Part. Nucl.* 2023. V. 54, No. 4. P. 776–787.
 18. Mamatova M., Skuratov V., Kirilkin N., Dauletbekova A., Lê P. Th., Akilbekov A. Photoluminescence of High Energy Xenon Ion Irradiated Magnesium Aluminate Spinel Single Crystals // *Rad. Meas.* 2023. V. 167. 106998.
 19. Olejniczak A., Rymzhanov R. A. From Nanohole to Ultralong Straight Nanochannel Fabrication in Graphene Oxide with Swift Heavy Ions // *Nat. Commun.* 2023. V. 14. P. 889.
 20. Xu L., Rymzhanov R. A., Zhai P., Zhang S., Hu P., Meng X., Zeng J., Sun Y., Liu J. Direct Fabrication of Sub-10 nm Nanopores in WO_3 Nanosheets Using Single Swift Heavy Ions // *Nano Lett.* 2023. V. 23. P. 4502–4509.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ им. И. М. ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка в 2023 г. была направлена на получение новых результатов в рамках шести 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», 03-4-1128-2017/2023, руководитель Е. В. Лычагин); по развитию базовых установок лаборатории («Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов», 04-4-1105-2011/2023, руководители 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», 04-4-1140-2020/2023, руководители В. Н. Швецов, М. В. Булавин).

НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Структурные исследования новых оксидных, интерметаллических и наноструктурированных материалов

Открытие графена инициировало активный поиск двумерных магнитных материалов с похожей структурой и необычными физическими свойствами. Среди них одними из наиболее обещающих являются слоистые двумерные ван-дер-ваальсовы магнитные системы, демонстрирующие широкие возможности контроля и управления магнитными свойствами вплоть до предела монослоя. Материал Fe_3GeTe_2 (FGT), являющийся зонным ферромагнетиком с высокой температурой Кюри $T_C \sim 220$ К, представляет особый интерес, поскольку при изменении термодинамических параметров в нем наблюдается ряд новых необычных явлений. Низкоразмерная природа FGT предполагает возможность реализации квантовых критических явлений. Для их поиска проведено исследование магнитных и структурных свойств методами синхротронной мессбауэровской спектроскопии, рентгеновской дифракции и рамановской спектроскопии в диапазоне значений давления 0–20 ГПа и температур 10–290 К, а также теоретические DFT-рас-

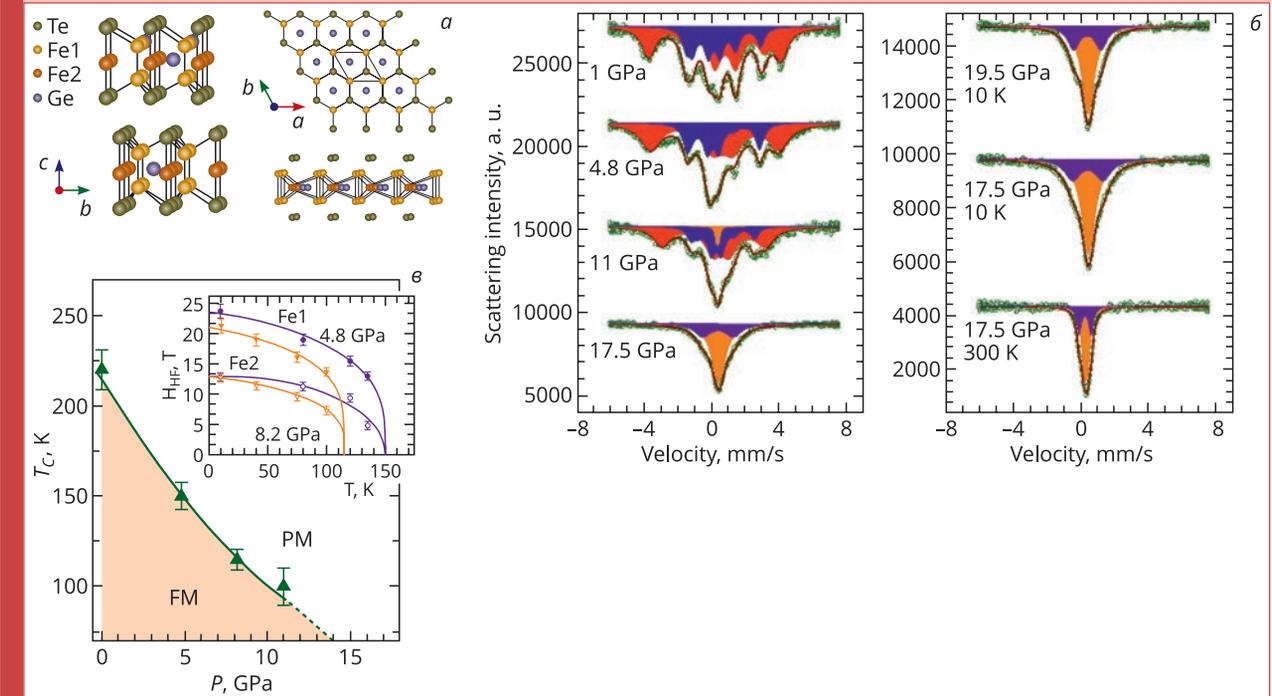
четы [1]. Обнаружено быстрое подавление ферромагнитного порядка и появление парамагнитного состояния в области давления, превышающего критическую величину $P_{PM} \sim 15$ ГПа (рис. 1). Также в области более низких давлений $P_C \sim 7$ ГПа наблюдалось аномальное поведение структурных параметров и колебательных мод, связанное с изоструктурным фазовым переходом. Показано, что высокое давление является движущей силой магнитных квантовых критических явлений в слоистых ван-дер-ваальсовых системах.

Перовскитоподобные манганиты обнаруживают большое разнообразие физических явлений, активно исследуемых в последние годы, среди которых — эффект колоссального магнитосопротивления, переход диэлектрик–металл, магнитоэлектрический эффект, зарядовое и орбитальное упорядочение, структурные и магнитные фазовые переходы. Реализация данных явлений связана с сильной корреляцией спиновых, зарядовых, решеточных и орбитальных степеней свободы. Удобной модельной системой для изучения механизмов их формирования является манганит лантана LaMnO_3 . При нормальном давлении в данном соединении ниже $T_J \sim 750$ К

Молодые ученые сектора нейтронно-активационного анализа и прикладных исследований ЛНФ — победители 15-й Европейской выставки изобретений «Euroinvent-2023»



Рис. 1. Гексагональная кристаллическая структура Fe_3GeTe_2 (а); синхротронные мессбауэровские спектры, измеренные при различных значениях температуры и давления (б); зависимость температуры Кюри от давления и температурные зависимости сверхтонких магнитных полей при различных значениях давления (вставка) (в)



наблюдается статический кооперативный эффект Яна-Теллера и появление орбитального упорядочения, обусловленные снятием двукратного вырождения энергетических уровней e_g орбиталей ионов Mn^{3+} и приводящие к выраженному искажению орторомбической структуры симметрии $Pnma$. В области температур ниже $T_N = 140$ К формируется антиферромагнитное (АФМ) упорядочение А-типа. Ранее при воздействии высоких давлений наблюдалось постепен-

ное подавление статического кооперативного эффекта Яна-Теллера и орбитального упорядочения, сопровождающихся структурными изменениями в области 7–18 ГПа, а при $P \sim 32$ ГПа был обнаружен переход диэлектрик–металл. При этом возможные изменения магнитного состояния оставались неисследованными. Для изучения взаимосвязи между изменениями дальнего магнитного порядка и кристаллической структуры LaMnO_3 при высоких давлениях проведены

исследования с помощью методов нейтронной дифракции в диапазоне до 39 ГПа (дифрактометр ДН-6), а также рентгеновской дифракции и рамановской спектроскопии в диапазоне до 50 ГПа [2]. По изменениям в спектрах рамановской спектроскопии, измеренных при $T = 50$ К, в диапазоне 4–17 ГПа обнаружен постепенный структурный фазовый переход из орторомбической фазы со статическим кооперативным ян-теллеровским искажением кислородных октаэдров в орторомбическую фазу, в которой ян-теллеровские искажения носят локальный характер. Данный переход сопровождался постепенным подавлением АФМ-фазы А-типа и уменьшением упорядоченного магнитного момента ионов Mn. В диапазоне 30–39 ГПа, где возникает переход диэлектрик–металл, наблюдалось полное подавление локальных структурных ян-теллеровских искажений и АФМ-фазы А-типа. Полученные результаты свидетельствуют о магнитно-разупорядоченном характере индуцированной давлением металлической фазы LaMnO_3 .

Проведено исследование особенностей структурных и магнитных фазовых переходов в магнитострикционном стехиометрическом сплаве Fe_3Ge , находящемся в разных начальных состояниях, с помощью нейтронной дифракции на дифрактометре ФДВР в широком интервале температур до 1000 К. Комплементарный анализ на основе метода Ритвельда с использованием данных рентгеновской дифракции позволил разделить ядерный и магнитный вклады в ин-

тенсивности дифракционных пиков и уточнить характеристики магнитной структуры сплава. Установлено, что две основные структурные фазы, присутствующие в Fe_3Ge , являются ферромагнитными с $T_C = 629$ К (гексагональная, D0_{19}) и $T_C = 714$ К (кубическая, L1_2). В фазе D0_{19} присутствует спин-флип переход ($T_{\text{sf}} = 385$ К) с изменением ориентации магнитных моментов между гексагональными осью и плоскостью. Показано, кроме того, что переход между упорядоченными структурными состояниями L1_2 и D0_{19} , предсказываемый равновесной фазовой диаграммой, включает три стадии: две диффузионных ($\text{L1}_2 \rightarrow \text{A1}$, $\text{A3} \rightarrow \text{D0}_{19}$) и одну типа смещения ($\text{A1} \rightarrow \text{A3}$). Полученные данные свидетельствуют о том, что как в Fe-Ge , так и в Fe-Ga сплавах прямые переходы между упорядоченными фазами не реализуются и происходят через стадию формирования неупорядоченного состояния [3].

Методом рентгеновской дифракции выполнены исследования *in situ-operando* коммерческого гексацианоферрата натрия Prussian White (PW), катодного материала для натрий-ионных источников тока [4]. Преимуществом данного соединения являются высокие значения энергоёмкости и скорости заряда-разряда, а недостатком — быстрая деградация во время работы аккумулятора, которую связывают с наличием в структуре воды, влияющей на устойчивость кристаллической решетки. Поэтому удаление воды из структуры является важным этапом подготовки электродов из этого катодного материала. Определено влияние

25–28 сентября, Екатеринбург. Участники Национальной конференции по использованию рассеяния нейтронов в конденсированных средах «РНИКС-2023»



изменения морфологии коммерческого материала РW после механического помола в планетарной мельнице на его дегидратацию в ходе нагрева и электрохимические свойства. При дегидратации исходного порошка РW гидратированная ромбоэдрическая структура («R», пр. гр. R-3) при 100 °С переходит в кубическую фазу (пр. гр. *Fm-3m*), которая при дальнейшем повышении температуры до 113 °С начинает трансформироваться в дегидратированную ромбоэдрическую фазу (*d-R*) и полностью исчезает при температуре выше 190 °С. Перемолотый в течение 6 часов порошок, который до помола имеет преимущественно ромбоэдрическую структуру (объемная доля ~ 85 %) с долей кубической структуры, вследствие абсорбции воды из окружающей среды за время помола переходит в полностью кубическую фазу. При нагреве кубическая фаза начинает трансформироваться в *d-R* фазу уже при 82 °С. Более эффективная дегидратация перемолотого порошка приводит к повышению емкости и более стабильной работе по сравнению с исходным материалом. Достигнутые значения емкости, особенно на высоких скоростях заряда-разряда, превышают ранее приведенные в литературе для аналогичного коммерческого материала.

Исследование углеродных наноматериалов

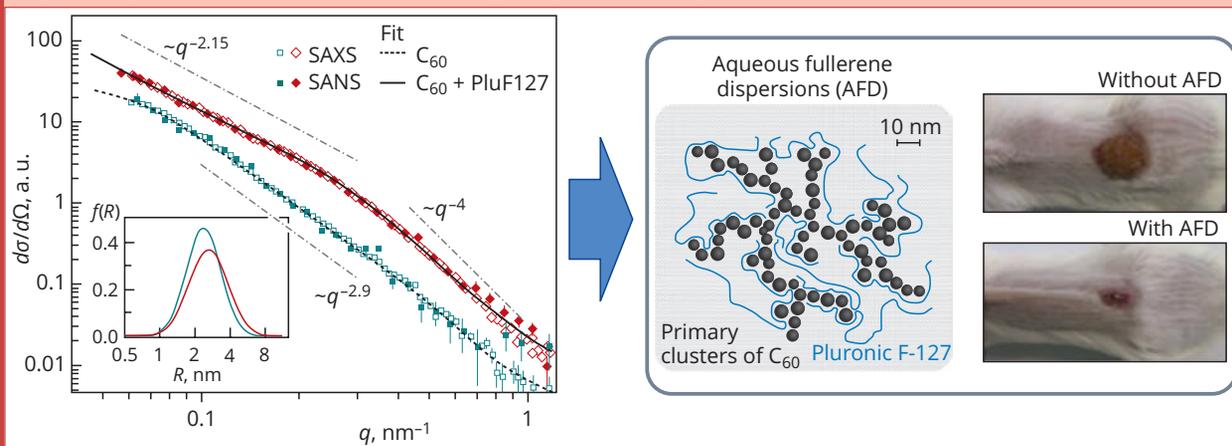
Исследована структура водных дисперсий фуллеренов, произведенных в НИЦ «Институт иммунологии ФМБА России» (Москва) и предназначенных для изучения ранозаживляющего действия фуллерена C_{60} [5]. Для улучшения стабильности растворов в них добавлялось поверхностно-активное вещество Pluronic F-127. Использовались широкие возможности ЛНФ, включая малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов, динамическое светорассеяние, оптическую спектроскопию и др. В результате экспериментов удалось прояснить, как

молекулы C_{60} группируются в кластеры при взаимодействии с ПАВ (рис. 2). Данные дисперсии использовались в качестве регенерирующего компонента лечебной мази. Эксперименты на мышах демонстрируют показатели, конкурирующие с такими известными коммерческими препаратами, как Бепантен и Дексапантенол. В то же время в препарате на основе фуллеренов отсутствуют побочные эффекты, такие как гемолитическая активность и токсичность.

Исследование слоистых наноструктур

Продолжены исследования по изучению взаимодействия магнитного и сверхпроводящего параметров порядка на границе раздела в слоистых наноструктурах $Al_2O_3(11\text{-}02)/Nb(40\text{ нм})/[Dy(6\text{ нм})/Ho(6\text{ нм})]_{34}/Nb(10\text{ нм})$ [6]. Нейтронные измерения проводились на времяпролетном рефлектометре поляризованных нейтронов РЕМУР при угле скольжения нейтронного пучка на образце $\theta = 19,1$ мрад, в диапазоне длин волн нейтронов $\lambda_n = 1\text{-}10$ Å. Образец охлаждался в магнитном поле $H = 1$ кЭ, измерение проводилось в этом же поле. С уменьшением температуры параметр спиновой асимметрии S возрастает, что указывает на то, что геликомагнитное упорядочение трансформируется в веерное, поскольку возрастает коллинеарная компонента намагниченности. Но при $T = 1,5\text{ К} < T_c$ (Nb) наблюдается обратное поведение, т. е. уменьшение S , что указывает на восстановление геликомагнитной фазы из веерной. Данное поведение связано с тем, что геликомагнитная фаза является энергетически более выгодной для существования сверхпроводящих корреляций. Интегральное макроскопическое значение магнитной индукции в геликомагнетике равно нулю, что более выгодно для сверхпроводящих корреляций, в то время как для магнетика с веерным магнитным упорядочением данное значение отлично от нуля.

Рис. 2. Слева — пример данных SAXS/SANS водных дисперсий фуллерена C_{60} с добавлением Pluronic F-127. Справа — схематическая структура дисперсий на основе данных SAXS, SANS, DLS, UV-Vis с иллюстрацией ранозаживляющего действия фуллерена в экспериментах *in vivo*



Исследование биологических наносистем, липидных мембран и липидных комплексов

Болезнь Альцгеймера (БА) — это конформационное заболевание, вызванное образованием сенильных бляшек, состоящих в основном из бета-амилоидных пептидов (БАП). Бета-амилоидный пептид считается ключевым фактором БА с момента ее открытия. Однако в последнее время понимание повреждающего воздействия пептида сместилось от крупных фибрилл, наблюдаемых в межклеточной среде, к небольшим олигомерам, взаимодействующим с клеточной мембраной. В 2023 г. продолжены исследования ранее обнаруженного эффекта реорганизации липидной мембраны при воздействии встроенного в нее БАП ($A\beta(25-35)$), а именно исследования морфологии системы, изменяемой между бицеллоподобными объектами (БПО), появляющимися ниже температуры фазового перехода липидов в мембране (T_m), и малыми однослойными везикулами (МОСВ) выше этой температуры. Этот эффект объясняется разрушающими мембрану свойствами пептида. С помощью ^{31}P ЯМР было показано присутствие в образцах морфологических превращений БПО-МОСВ при пересечении T_m благодаря эффекту ориентации БПО в магнитном поле спектрометра [7]. Также была установлена липид-пептидная структура БПО и рассмотрена организация пептидов в этих объектах (рис. 3).

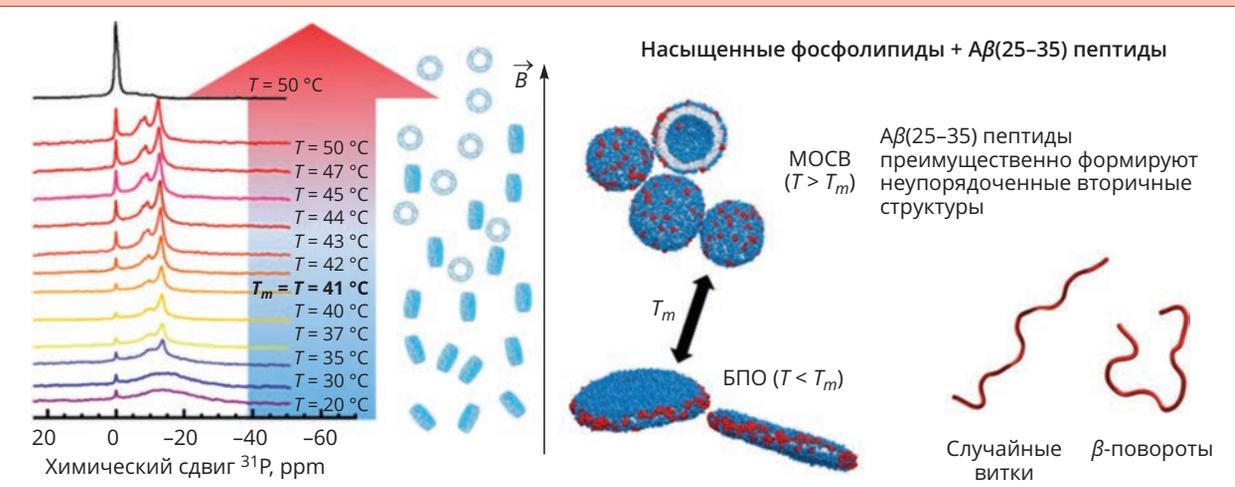
Более конкретно, часть липидов покрывает кольцо БПО, закрывая гидрофобную часть липидов, находящихся в плоскости БПО. В то же время пептиды, смешиваясь с липидами, также расположены по периметру БПО для поддержания всей его структуры. При этом пептиды $A\beta(25-35)$ преимущественно формируют случайные витки и β -повороты (нерегулярная вторичная структура) как в МОСВ выше T_m , так и в БПО ниже T_m , что

было показано с помощью измерений кругового дихроизма и спектроскопии комбинационного рассеяния света. С помощью МУРН и компьютерного моделирования методом молекулярной динамики было показано, что добавление к липидной мембране холестерина и мелатонина не влияет на способность пептидов $A\beta(25-35)$ вызывать реорганизацию, несмотря на то, что холестерин и мелатонин влияют на структурно-динамические свойства липидной мембраны [8].

Исследование полимерных материалов и пленок

В коллаборации с физическим факультетом МГУ исследована структура и химический состав полиакриламидных полимерных щеток на планарной поверхности (диоксид кремния), синтезированных методом «grafting through» [9]. Синтез щеток осуществлялся в три этапа: активация поверхности, модификация поверхности путем прививки якорных мономеров и прикрепление растущих полимерных цепей к поверхности. На каждом этапе изменения химического состава поверхности анализировались методами фотоэлектронной и инфракрасной спектроскопии. С помощью рентгеновской рефлектометрии на высушенных образцах показано, что толщину полимерной пленки можно регулировать от 1 до 10 нм, варьируя температуру полимеризации от 60 до 30 °C и меняя таким образом длину макромолекул. Путем сравнения данных рефлектометрии для полимерных щеток на поверхности и динамического светорассеяния для клубков аналогичных полимеров в растворе определена скейлинговая зависимость толщины высушенной щетки от длины полимерной цепи $d \sim L^{0,85}$. Значение показателя степени $\nu = 0,85$ соответствует промежуточной плотности прививки между грибовидной ($\nu \sim 1/3$) и полностью растянутой полимерной щеткой ($\nu \sim 1$). Показано, что пред-

Рис. 3. ^{31}P ЯМР спектры липид-пептидной системы ДПФХ+ $A\beta(25-35)$ при разных значениях температуры, а также визуализация структуры наблюдаемых липидных объектов, полученных с помощью компьютерного моделирования методом МД, и вторичной структуры пептидов



ложенный подход на основе метода «grafting through» позволяет получать достаточно толстые полимерные щетки с высокой плотностью прививки и высокой стабильностью. Это открывает сравнительно простой путь для модификации поверхностей слоями синтетических полимеров контролируемой толщины различных виниловых мономеров и их сополимеров.

Атомная и молекулярная динамика

В группе НЕРА продолжены ставшие уже традиционными исследования структуры и динамики биологически активных веществ. В приближении DFT и полуэмпирических квантово-химических методов исследована внутримолекулярная динамика известных представителей нестероидных противовоспалительных препаратов (ибупрофен, кетопрофен) [10]. Обоснован выбор функционала и базисного набора (BP86/def2-SVP) для дальнейших исследований в приближении DFT. Получены удовлетворительные линейные корреляции между экспериментальными и рассчитанными колебательными частотами для биоактивных энантиомеров ибупрофена и кетопрофена.

Прикладные работы

Помимо макроскопических остаточных напряжений, которые обычно возникают в масштабе размера материала образца (изделия) при различных технологических процессах, могут также возникать микронапряжения, варьирующиеся между соседними кристаллическими зернами.

Оценка уровня остаточных микронапряжений имеет большое технологическое значение, поскольку они могут быть причиной усталостного повреждения и/или коррозионного растрескивания под напряжением различных элементов конструкций. Предложен оригинальный метод расчета остаточных микронапряжений в цилиндрических образцах из нестареющего алюминиевого сплава 5083Al (Al-Mg), возникающих при закалке в пресную воду от температуры 530 °С [11, 12], с помощью генетического алгоритма (ГА), который является одной из разновидностей направления искусственного интеллекта — эволюционных вычислений. Входными данными для ГА были параметры микроструктуры (площадь, соотношение сторон и наклон отдельного кристаллита, количество соседних кристаллитов), полученные методом дифракции обратного рассеяния электронов (EBSD), и нейтронные дифракционные пики от кристаллитов с определенной ориентацией $\langle hkl \rangle$, измеренные на ФСД. С помощью ГА решалась задача символьной регрессии, в ходе которой выполнялся поиск математической функции, описывающей зависимость межплоскостного расстояния d_{hkl}^n (n — номер кристаллита) от вышеуказанных микроструктурных параметров кристаллитов. В результате расчетов методом ГА была построена карта остаточных микронапряжений для кристаллитов с ориентацией $\langle 111 \rangle$. Показано, что модель на основе ГА позволяет получать разумные значения остаточных микронапряжений для каждого кристаллита $\langle 111 \rangle$, которые в зака-

Установка по магнетронному напылению пленок карбида бора на подложки из различных материалов



ленном цилиндрическом образце сплава 5083Al могут варьироваться в весьма значительных пределах: от –263 до 301 МПа [12].

Методом дифракции нейтронов на установке SKAT с применением вспомогательных методов проведено сравнение глобальной кристаллографической текстуры ископаемой древесины и конкреций. Органическое вещество древесины было замещено минералом пирит. Выявлено, что пирит имеет кубическую кристаллическую симметрию с пространственной группой Pa-3. Сравнилось распределение ориентаций кристаллов пирита в ископаемой древесине и шаровидных пиритовых конкрециях мезозойской эры юрского периода из одного и того же местонахождения Орловской обл. России. Конкреции представляют собой неорганическое вещество абиогенного происхождения. С помощью рентгеновской томографии выявлено, что внутри конкреций нет остатков древесины, т. е. их формирование происходило без присутствия органической матрицы. Установлено, что минеральные кристаллы, замещающие ископаемую древесину, более упорядочены, чем эти же минеральные кристаллы в конкрециях, причем получена количественная характеристика этого упорядочения в виде максимальной остроты полюсной плотности на полюсных фигурах пирита $\langle 111 \rangle$ и $\langle 200 \rangle$. Проведено сравнение с кристаллографической текстурой кальцита, заполнившего внутреннюю полость раковины брюхоногого моллюска *Bellerophon sp.* (каменноугольные отложения в Московской обл.). Выявлено сходство с текстурами пирита из конкреций, поскольку кристаллы минералов не росли по биологической (органической) матрице. Этот факт подтверждает идею о том, что с помощью органической матрицы можно будет выращивать кристаллы в заданных направлениях, заранее планируя свойства новых материалов [13].

В настоящее время структурные исследования археологических металлических материалов сосредоточены на поиске характерных структурных маркеров, которые могут помочь восстановить информацию о местонахождении рудника или кузницы, путях импорта металлического сырья, выявить особенности процессов литья металлических артефактов. С этой точки зрения чугуны изделия являются не только культур-

ными и историческими памятниками, но и удобными модельными объектами для изучения процессов распространения коррозии и трещин в металлических изделиях, особенностей литья и штамповки, методов химической обработки металлических изделий. С этой точки зрения нейтронные методы неразрушающей структурной диагностики, такие как нейтронная томография и дифракция, обеспечивают достаточную глубину проникновения в массивные металлические объекты для исследования внутреннего объема металлических артефактов.

Крупные фрагменты чугунов казанов средневековой Золотой орды исследованы методом нейтронной томографии [14]. Основываясь на полученных трехмерных данных, удалось идентифицировать внутренние поры этих чугунов изделий. Универсальность процессов газоусадочной пористости в древних чугуновых изделиях выделяет особенности порового пространства в качестве структурных маркеров для определения местоположения чугуновых производств, наличия дополнительнойковки чугуновых изделий, а также особенностей и состава литейных форм.

Методические результаты

Продолжены работы по созданию нового спектрометра неупругого рассеяния в обратной геометрии. Совместно с компанией «Атомграф» проводилась работа по созданию пластин из высоко ориентированного пиролитического графита (ВОПГ) и оптимизации технологии их изготовления для получения нужных параметров. Совместно с компанией «FrasoTerm» (Польша) проведены работы по инженерной разработке конструкторской документации (графический дизайн, чертежи и список материалов) и изготовлению модельного элемента прототипа спектрометра. Модель представляет один ряд кристаллов ВОПГ, но без бериллиевого фильтра, так как его роль устранения отражений высших порядков от ВОПГ не существенна для экспериментальной оценки параметров вторичного спектрометра. Создание модели спектрометра позволит отработать технологию изготовления держателей пластин ВОПГ, включая двухмиллиметровую прокладку из карбида бора, и их крепление с постоянным значением угла Брэгга.

РАМАНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Тема с проектом «Биофотоника» были нацелены на фундаментальные и прикладные исследования в области спонтанной и усиленной рамановской микроспектроскопии. Один блок задач был связан с изучением механизмов и природы аномального соотношения интенсивностей линий антистоксовой (аСт) и стоксовой (Ст) компо-

нент в спектрах гигантского комбинационного рассеяния (ГКР). Второй крупный блок исследований касался ряда задач в области наук о жизни с применением рамановской спектроскопии и флуоресцентной микроскопии. В частности, это фундаментальные вопросы по выявлению механизмов и сигнальных путей фотоиндуциро-

ванного нетоза — программируемой клеточной гибели, поиску спектральных маркеров этого явления, а также некоторых особенностей липид-пептидного взаимодействия в различных мембранных миметиках.

Исследование особенностей соотношения интенсивности рамановских пиков α Ст/Ст в спектрах ГКР в зависимости от мощности излучения накачки

Спектры ГКР, наряду с интенсивным сигналом, демонстрируют ряд отличительных особенностей по сравнению со спектрами спонтанного комбинационного рассеяния света. В частности, это относится к соотношениям интенсивностей антистоксовых и стоксовых спектральных линий.

Получены зависимости соотношения интенсивности линий для трех соответствующих пар колебательных полос тиолата 2-нитробензойной кислоты (TNB) от плотности мощности возбуждающего излучения в спектрах ГКР. С помощью этих данных были уточнены и количественно оценены вклады, ответственные за несоответствия полученных соотношений, определяемых тепловыми равновесными населенностями верхнего и нижнего колебательных уровней, соответствующих комбинационным переходам. Этими вкладками являются: (i) спектральный профиль контура локального фактора усиления электромагнитного поля (ЛФУЭ); (ii) локальный нагрев конъюгатов молекул-репортеров / AgP под действием излучения на длине волны 785 нм; (iii) оптическая накачка верхних колебательных уровней рассматриваемых переходов.

Экспериментально было показано, что при интенсивности возбуждения непрерывным лазером на длине волны 785 нм в диапазоне 3–105 мВт/мм² спектры комбинационного рассеяния молекул-репортеров TNB на произвольно наноструктурированной ГКР-активной поверхности AgP/por-Si воспроизводимы. Это демонстрирует стабильность исследуемого образца и дает возможность измерить соотношение интенсивности одновременно регистрируемых амплитуд антистоксовой и стоксовой линий. Измерения показывают, что в диапазоне воспроизводимости стоксовых и антистоксовых линий TNB соотношения интенсивностей полос с волновыми числами ± 1070 , ± 1388 и ± 1570 см⁻¹ следуют линейной и квадратичной зависимости от интенсивности возбуждения соответственно.

Выявление конформационных преобразований в спектре комбинационного рассеяния пептидов, присутствующих в мембранных миметиках

Нормированные рамановские частоты показывают, что интенсивность / спектральный вес полосы Амид I с частотой 1671 см⁻¹ (β -поворот)

заметно падает к четвертому дню измерений, что указывает на конформацию белка до более стабильной структуры с характерной рамановской частотой 1656 см⁻¹ (α -спираль). Известно, что объединение множества бета-листов/бета-поворотов может привести к агрегации белков и образованию фибрилл, что является предшественником болезни Альцгеймера. Логично предположить, что сополимер, опоясывающий систему липодиск/пептид, приводит к упорядочению карбоксильных цепей бислоя и тем самым влияет на вторичную структуру пептида A β 42.

Фотоиндуцированный нетоз при возбуждении нейтрофильных клеток УФ-излучением и светом в видимой области спектра: идентификация механизмов и сигнальных путей

Понимание механизмов высвобождения внеклеточных ловушек нейтрофилов (ВЛН) под воздействием УФ и видимого света важно для контроля последствий повреждающего действия электромагнитного излучения. В исследованиях [15] применялась рамановская спектроскопия для регистрации характерных колебательных частот различных активных форм кислорода (АФК), а также низкочастотных мод колебаний решетки цитруллина.

Впервые было продемонстрировано, что образование ВЛН активируется не только под действием УФ-А излучения, но и тремя спектрами видимого диапазона: синим, зеленым и оранжевым, в дозозависимой форме. С помощью ингибиторного анализа было установлено, что сигнальные пути фотоиндуцированного нетоза протекают через NADPH-оксидазу и PAD4.

Первичными АФК в активированных нейтрофилах являются анионы супероксида O₂⁻, которые, будучи не сильными окислителями, быстро дисмутируют до пероксида водорода H₂O₂. Последние, в свою очередь, могут подвергаться дальнейшему процессингу, в результате которого образуются более активные метаболиты, например гидроксильный радикал (OH[•]) и гипохлорная кислота (HOCl). Применение высокочувствительной рамановской спектроскопии позволило обнаружить и зарегистрировать спектры вышеперечисленных радикалов.

Методом флуоресцентной микроскопии было установлено, что количественный выход ВЛН зависит от дозы облучения нейтрофилов как в УФ, так и в видимом диапазоне. Для выявления участия NADPH-оксидазы в образовании фотонетоза был использован специфический ингибитор NADPH-оксидазы — апоцинин.

Результаты исследований показали, что апоцинин ингибирует выход нетотических клеток, индуцированный УФ-А и тремя длинами волн видимого света, что указывает на участие NADPH-оксидазы в фотоиндуцированном нетозе.

Что касается ингибитора PAD4, то он вызывал более умеренное подавление нетоза, что, однако, также указывает на сигнальный путь через PAD4 в формировании ВЛН.

При изучении роли излучения с различными длинами волн от ультрафиолета до красного света в формировании ВЛН на модели нейтрофилов человека впервые было обнаружено, что

не только УФ-А, но и видимый свет индуцирует фотонетоз. Таким образом, с помощью рамановской спектроскопии впервые продемонстрирована возможность использования этого метода для регистрации окислительного взрыва (H_2O_2 и $HClO$) и активации сигнального пути PAD4 (выброс цитруллина).

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В 2023 г. в области ядерной физики работы велись в традиционных направлениях: изучение процессов нарушения пространственной и временной четности при взаимодействии нейтронов с ядрами; изучение процесса деления; экспериментальные и теоретические исследования фундаментальных свойств нейтрона; гамма-спектроскопия нейтронно-ядерных взаимодействий; изучение структуры атомного ядра; получение новых данных для реакторных приложений и для ядерной астрофизики; эксперименты с ультрахолодными нейтронами; прикладные работы, связанные с применением НАА, резонансного анализа, инфракрасной спектроскопии и других методов. Успешно реализуется научная программа по исследованию неупругого рассеяния быстрых нейтронов (проект «TANGRA»).

Ряд экспериментов в области фундаментальной физики и физики ультрахолодных нейтронов проводился на установках зарубежных ядерных центров.

Проект «TANGRA»

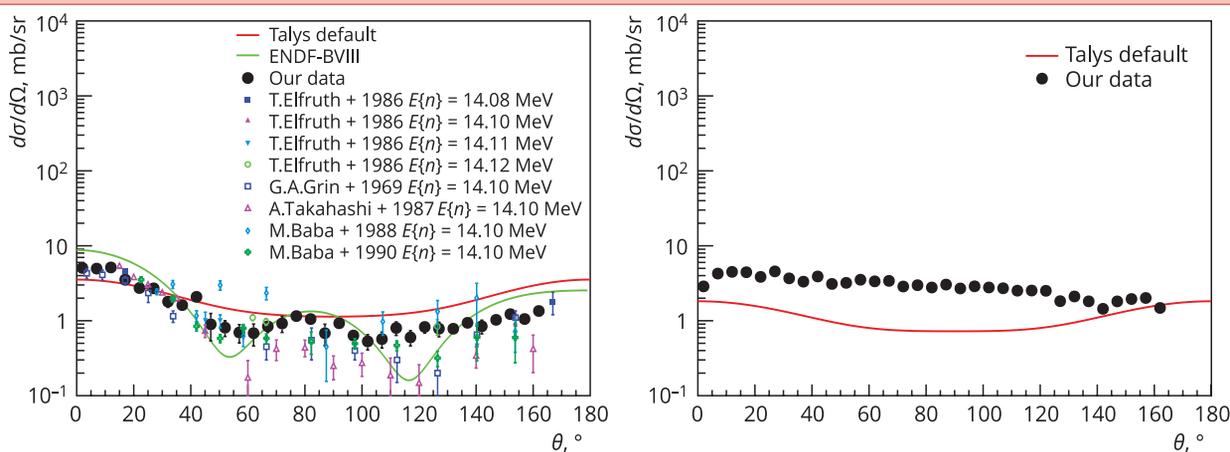
В 2023 г. коллаборацией TANGRA продолжен анализ накопленных ранее данных по неупругому рассеянию нейтронов на ядрах O, P, S. Выполнены эксперименты по изучению угловых распределений рассеянных нейтронов на ядрах углерода.

В качестве источника нейтронов в экспериментах коллаборации TANGRA используется нейтронный генератор ИНГ-27 непрерывного действия, серийно производимый во Всероссийском научно-исследовательском институте автоматики им. Н. Л. Духова (ФГУП «ВНИИА»). Основным элементом конструкции нейтронного генератора является отпаянная необслуживаемая нейтронная трубка, представляющая из себя компактный ускоритель дейтронов, мишень, состоящую из гидрида титана, обогащенную тритием, и α -детектор, совмещенные в одном герметичном металлостеклянном или металлокерамическом

Экспериментальный зал №1 ускорителя ЭГ-5 после модернизации



Рис. 4. Полученные угловые распределения рассеянных нейтронов для (n, n_2) (слева) и (n, n_4) (справа) для возбужденных состояний ядра ^{12}C



корпусе. Генерация нейтронов происходит в результате реакции слияния дейтронов и тритонов, из-за чего происходит излучение нейтронов и α -частиц. Регистрация α -частиц позиционно-чувствительным детектором при небольшом размере мишени позволяет оценить направление вылета нейтрона и получить временную привязку к моменту его рождения, т. е. «пометить» его.

В рамках проекта «TANGRA» также был выполнен новый эксперимент по измерению угловых распределений рассеянных нейтронов. В качестве мишени использовался наборный блок из графитовых пластин размером $44 \times 44 \times 2$ см. Большая площадь образца была продиктована желанием использовать все пучки меченых нейтронов при размещении мишени на расстоянии 27 см от генератора. Время измерения составило 48 часов. Также было проведено измерение без образца в течение 28 часов.

В результате обработки данных по угловым распределениям нейтронов на углероде были определены площади пиков во времяпролетных спектрах для детекторов под разными углами, соответствующих упругому рассеянию и неупругому рассеянию с возбуждением первых пяти возбужденных состояний. Пример сравнения полученных угловых распределений с дифференциальными сечениями рассеяния нейтронов на ядрах ^{12}C из работ других авторов приведен на рис. 4, указаны статистические погрешности. Полученные предварительные результаты для угловых распределений в целом хорошо согласуются с другими экспериментальными данными, а для (n, n_4) эти данные измерены впервые.

Разработка концепции источника УХН на импульсном реакторе

В 2023 г. продолжалась работа над созданием концепции интенсивного источника ультрахолодных нейтронов (УХН) на импульсном реакторе умеренной мощности. В качестве основного варианта рассматривается источник, основан-

ный на идее Ф. Л. Шапиро об импульсном наполнении ловушки для УХН. Было понято [16], что в случае большого сброса энергии нейтронов некоторым локальным устройством — деселератором и, соответственно, большой изначальной энергии и скорости нейтронов разброс времен пролета δt от импульсного источника до деселератора и, соответственно, до ловушки у таких нейтронов может быть много меньше самого времени пролета $t = L/V$, где L — длина транспортного нейтронотода.

На основе этих идей была сформирована концепция источника УХН с деселератором, рассчитанным на большой сброс энергии. В качестве деселератора предлагается использовать адиабатический спин-флиппер, в котором переворот спина происходит под действием переменного высокочастотного магнитного поля, направленного перпендикулярно к большому стационарному, но зависящему от координаты магнитному полю. Изменение энергии при перевороте спина составляет величину $ED = 2\mu B$, где μ — магнитный момент нейтрона, а B — величина постоянного магнитного поля в области переворота спина. Из-за начального разброса скоростей будет возникать дисперсия времен замедления, так как более медленные нейтроны на процесс замедления в деселераторе будут затрачивать больше времени. Чтобы скомпенсировать возникающую дисперсию времен замедления, предложено перед деселератором использовать временную линзу, которая может менять энергию проходящих на нее нейтронов по определенному заданному закону так, чтобы первыми покидали линзу нейтроны с меньшими скоростями. Предлагаемый принцип действия временной линзы основан на изменении нейтроном своей энергии при прохождении однородного в пространстве, изменяющегося во времени магнитного поля. Проведенные расчеты показали, что таким образом можно полностью скомпенсировать дисперсию времен замедления. Найдена компания-произ-

водитель, которая способна создать основной компонент установки — магнит с полем порядка 10 Тл на основе ВТСП-ленты.

Прикладные исследования

В 2023 г. в секторе активационного анализа и прикладных исследований был проведен многоэлементный анализ около 2500 образцов: растительности, почв, технологических, биологических и геологических образцов — в рамках программ сотрудничества со странами-участниками и странами-неучастницами ОИЯИ.

В рамках международной программы «Атмосферные выпадения тяжелых металлов в Европе — оценки на основе анализа мхов-биоиндикаторов» завершены работы по оценке уровня загрязнения воздуха в Северной Македонии, ряде провинций Вьетнама и нескольких регионах России. Так, впервые биомониторинг был проведен на всей территории Тверской обл. При помощи оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой было определено содержание 15 элементов во мхах (Al, S, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Cd, Ba, Hg и Pb). Для выявления возможных источников загрязнения был применен многомерный факторный анализ, который позволил определить 3 фактора с 60 % общей дисперсии. Первый фактор (естественно-антропогенный) включил в себя следующие элементы: Al, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, S и V. Второй фактор представлен Cd, Mn, Ni и Zn. Повышенные концентрации данных элементов наблюдаются вдоль автомагистралей и вблизи крупных городов. Таким образом, основными источниками выброса элементов можно считать транспорт и промышленные предприятия. Элементы третьего фактора (Ba и Sr) могут быть связаны с эрозией почвы и транспортом. Сравнение этих результатов с данными, полученными в 2004 и 2014 гг. (биомониторинг проводился не на всей территории области), показало, что значительных изменений в содержании элементов не произошло.

В группе нейтронно-активационного анализа на ИРЕН были продолжены работы по массовому исследованию образцов различного проис-

хождения. Элементный анализ проводили с помощью нейтронного активационного анализа и рентгенофлуоресцентного анализа. Минеральный и молекулярный состав исследовали с помощью инфракрасной спектроскопии с фурье-преобразованием и рамановской спектроскопии. Дополнительно применяли стратиграфию, поляризационную и оптическую микроскопию, а также капельный микроанализ. Для обработки полученных данных использовали методы математической статистики. Основной объем объектов составляли различные компоненты древнерусской настенной живописи (пигменты, связующие и штукатурные основания), средневековые строительные материалы, экологические и геологические образцы.

Работы велись в рамках соглашений о сотрудничестве с Федеральным государственным бюджетным научно-исследовательским учреждением «Государственный институт искусствознания», Межобластным научно-реставрационным художественным управлением, Институтом археологии Российской академии наук, Федеральным государственным бюджетным учреждением культуры «Государственный историко-культурный музей-заповедник „Московский Кремль“», Государственным бюджетным учреждением культуры Ленинградской обл. «Староладожский историко-архитектурный и археологический музей-заповедник», ИЯФ, Институтом геологии и геофизики Национальной академии наук Азербайджана, а также в рамках трех совместных проектов с Египтом, одного совместно с Вьетнамом.

Выполнено комплексное исследование живописи Спасо-Преображенского собора Мирожского монастыря (Псков) [17]. Полученные данные физико-химических исследований включены в проект реставрации данного памятника.

Для поиска путей решения проблемы изменения колорита настенных росписей выполнены эксперименты по имитации воздействия высоких температур на фресковую живопись. Построена шкала температурных переходов для пяти основных пигментов XII в. из Георгиевского собора Юрьева монастыря в Великом Новгороде [18].

БАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ ЛНФ

Исследовательская ядерная установка ИБР-2

В 2023 г. исследовательская ядерная установка (ИЯУ) ИБР-2 в связи с окончанием действия лицензии Ростехнадзора эксплуатировалась в режиме временного останова. В октябре 2022 г. в соответствии с Административным регламентом по предоставлению Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной услуги по лицензированию деятельности в области использова-

ния атомной энергии в Ростехнадзор направлен комплект документов, обосновывающих обеспечение безопасности установки ИБР-2, для получения новой лицензии. В течение 2023 г. указанный комплект проходил экспертизу в НТЦ ЯРБ, являющемся экспертной организацией.

В течение 2023 г. на установке ИБР-2 персоналом технологических отделов ЛНФ проводились работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования систем ИЯУ ИБР-2 с целью поддержания работоспособного состояния.



Установка ИРЕН

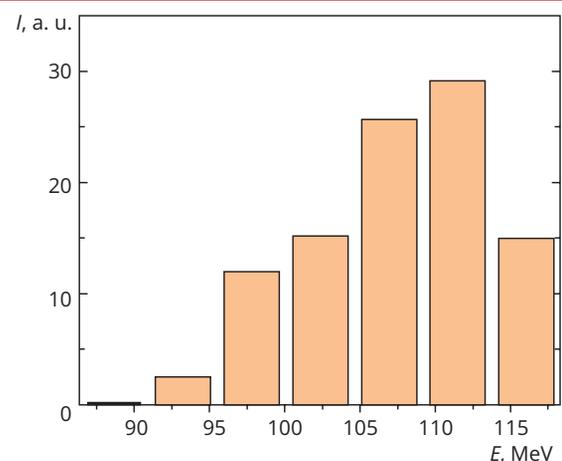
В 2023 г. ускоритель ЛУЭ-200 — драйвер источника нейтронов ИРЕН [19] регулярно работал на частоте циклов 50 Гц с энергией пучка, доведенной до 110–115 МэВ. Увеличение мощности пучка составило около 40 %. На ускорителе продолжались исследования влияния рассогласования (отклонения) частот СВЧ-мощности, поступающей в структуру, от собственной (резонансной) частоты структуры на темп набора энергии пучка [20]. Ускоритель отработал на эксперимент более 2300 часов.

Увеличить энергию пучка на выходе ускорителя удалось в результате системных поисков оптимальной частоты генератора и тщательной подстройки собственных частот резонаторов SLED. На ускорителе ЛУЭ-200 установки ИРЕН в 2023 г. было измерено влияние изменения частоты задающего генератора источника СВЧ-мощности и подбора собственных частот резонаторов систем компрессии СВЧ-мощности типа SLED на энергетические характеристики пучка электронов с целью определения оптимальных режимов работы. Подобная задача для ускорителя в целом осложняется тем, что «согласованию» подлежат одновременно несколько объектов: две ускоряющие секции и по два резонатора в системах SLED каждой секции. При этом частотные характеристики секций и резонаторов SLED существенно отличаются (рис. 5).

В течение начальных этапов эксплуатации ускорителя ЛУЭ-200 частота задающего генерато-

ра для возбуждения клистронов (источников СВЧ ускоряющих секций) устанавливалась на уровне 2855,7–2856,5 МГц и, скорее всего, отличалась от оптимальной, что снижало эффективность передачи в пучок СВЧ-мощности и приводило к меньшему темпу набора энергии частицами ускоренного пучка.

Рис. 5. Энергетический спектр ускоренных электронов. Подстройками частоты задающего генератора, собственных частот систем SLED, фазы 2-й ускоряющей секции и задержки запуска электронного пучка по отношению к «перевороту фазы» СВЧ средняя энергия пучка на выходе ускорителя настраивается на величину более 100 МэВ



Обсуждение полученных результатов
после успешного тестового запуска рефрижератора Linde 1800



НОВЫЙ ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ

Разработка топлива для нового источника нейтронов

В настоящее время проходит согласование технического задания на выполнение научно-исследовательской, опытно-конструкторской и опытно-технологической работы «Проведение подготовительных работ для разработки топлива из нитрида нептуния и твэлов на его основе для реактора «Нептун», в рамках которой планируется подготовить документацию для получения 4 кг ядерного материала — нептуния-237, а также провести подготовку к проведению экспериментов по изготовлению топливной таблетки из нитрида нептуния на базе АО «ВНИИНМ».

Оптимизация конструкции реактора

Совместно с АО «НИКИЭТ» (ГК «Росатом») было согласовано техническое задание и заключен договор на выполнение НИОКР «Расчетные обоснования конструктивных решений модулятора реактивности и корпуса импульсного реактора периодического действия «Нептун». По итогам данной НИОКР будет определена степень работоспособности наиболее нагруженных элементов реактора и дана оценка обоснованности перехода к эскизному проекту реакторной установки.

Совместно с АО «НИКИЭТ» проводятся тепловые расчеты модулятора реактивности с целью

определения максимального нагрева гидрида титана в рабочем режиме реактора «Нептун» и определения условий, при которых гидрид титана сохраняет свои свойства. Разрабатываются технические решения для создания условий, не допускающих возможного перегрева гидрида титана: вставки из никеля, карбида бора, термоизолирующие прокладки и т. п.

Модель динамики импульсного реактора

Разработана модель динамического изгиба твэла, описывающая динамику реактора «Нептун» для варианта потвэльной компоновки активной зоны или варианта монозоны и позволяющая анализировать стабильность и устойчивость работы реактора «Нептун». Разрабатывается метод для количественного описания эволюции реактора в рамках данной модели.

Основной задачей исследований на экспериментальных установках РФЯЦ-ВНИИТФ является непосредственное наблюдение явления динамического изгиба твэла в нейтронном поле, а также измерение влияния энерговыделения в топливе на движение твэла.

В настоящее время завершены работы по расчетному обоснованию постановки экспериментов, моделирующих основные особенности термомеханических процессов в твэлах реактора «Нептун», выполняемые по договору на НИР

«Изучение термомеханических процессов в твэлах пульсирующего реактора „Нептун“. Этап 1» с РФЯЦ-ВНИИТФ.

К настоящему времени изготовлена конструкторская документация и начаты работы по

изготовлению экспериментального стенда для периодического нагрева макета твэла в опытно-экспериментальном производстве Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

МЕРОПРИЯТИЯ

- 15 марта — общелабораторный семинар «О проверке принципа относительности в β -распаде нейтрона» (В. Р. Ской)
- 23 марта — общелабораторный семинар. Презентация сборника А. И. Франка «Вопросы оптики длинноволновых нейтронов»
- 21 апреля — юбилейный семинар к 60-летию В. Р. Скоя «Спиновый фильтр нейтронов на основе спин-обменного взаимодействия ядер ${}^3\text{He}$ с атомами намагниченного ферромагнетика» (В. Р. Ской)
- 24 мая — общелабораторный семинар «Особенности динамики пульсирующего реактора, эффект потока теплоносителя» (Е. П. Шабалин)
- 29 мая – 2 июня — 29-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-29)
- 14 июня — общелабораторный семинар «Новые трековые детекторы на основе сцинтилляционных волокон (SciFi), их применение в физике высоких энергий, астрофизике и медицине» (А. Г. Малинин)
- 26 июня — общелабораторный семинар «РУ МБИР с натриевым теплоносителем. Технические характеристики реактора. Внутризонные и закорпусные экспериментальные возможности» (Д. А. Клинов)
- 5 октября — общелабораторный семинар «1. Важность, механизм и применение устройства инерционного электростатического термоядерного синтеза (IECF) и разработка для него оптимальной защиты. 2. Расчет плотности ядерных уровней с использованием метода статистической суммы» (М. Н. Насрабади)
- 4–6 декабря — конференция молодых ученых и специалистов Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка
- 19 декабря — рабочее совещание ЛНФ ОИЯИ – АО «НИКИЭТ» по новому источнику нейтронов ИРПД «Нептун»
- 21 декабря — рабочее совещание ЛНФ ОИЯИ – РФЯЦ-ВНИИТФ по модели динамики ИРПД «Нептун»
- 27 декабря — общелабораторный семинар «Нейтронная физика на реакторах» (Е. А. Якушев)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dang N. T., Kozlenko D. P., Lis O. N., Kichanov S. E., Lukin E. V., Golosova N. O., Savenko B. N., Duong D.-L., Phan T.-L., Tran T. A., Phan M. H. High Pressure-Driven Magnetic Disorder and Structural Transformation in Fe_3GeTe_2 : Emergence of a Magnetic Quantum Critical Point // *Adv. Sci.* 2023. V. 10. P. 2206842.
2. Kozlenko D. P., Lukin E. V., Kichanov S. E., Jirak Z., Golosova N. O., Savenko B. N. High-Pressure Evolution of the Magnetic Order in LaMnO_3 // *Phys. Rev. B.* 2023. V. 107. P. 144426.
3. Balagurov A. M., Samoylova N. Yu., Sumnikov S. V., Palacheva V. V., Golovin I. S. Structural and Magnetic Phase Transitions in Fe_3Ge : A Neutron Diffraction Study // *Phys. Rev. Mat.* 2023. V. 7. 063603.
4. Shcherbakov A. A., Vasin R. N., Balagurov A. M., Khovaylo V., Golovin I. S. Phase Transformations and Martensite Stabilization in $\text{Ni}_{2.36}\text{Mn}_{0.64}\text{Ga}$ High-Temperature Shape Memory Alloy // *Advances in Mass and Thermal Transport in Engineering Materials.* IV (accepted).
5. Shershakova N. N., Andreev S. M., Tomchuk A. A., Makarova E. A., Nikonova A. A., Turetskiy E. A., Petukhova O. A., Kamyshnikov O. Y., Ivankov O. I., Kyzyma O. A., Tomchuk O. V., Avdeev M. V., Dvornikov A. S., Kudlay D. A., Khaitov M. R. Wound Healing Activity of Aqueous Dispersion of Fullerene C_{60} Produced by "Green Technology" // *Nanomed.: Nanotechn., Biol. Med.* 2023. V. 47. P. 102619.
6. Zhaketov V. D., Devyaterikov D. I., Avdeev M. M., Norov D. A., Kolupaev E. D., Kuzmenko M. O., Pugach N. G., Khaydukov Yu. N., Kravtsov E. A., Nikitenko Yu. V., Akseynov V. L. Structural Properties of Nb/Dy and Nb/Ho Superlattices // *Phys. Solid State.* 2023. V. 65, No. 7. P. 1076–1080.
7. Kurakin S., Badreeva D., Dushanov E., Shutikov A., Efimov S., Timerova A., Mukhametzyanov T., Murugova T., Ivankov O., Mamatkulov K., Arzumanyan G., Klochkov V., Kučerka N. Arrangement of Lipid Vesicles and Bicelle-Like Structures Formed in the Presence of $\text{A}\beta(25-35)$ Peptide // *BBA — Biomembranes.* 2024. V. 1866. P. 184237.
8. Ivankov O., Kondela T., Dushanov E. B., Ermakova E. V., Murugova T. N., Soloviov D., Kuklin A. I., Kučerka N. Cholesterol and Melatonin Regulated Membrane Fluidity does not Affect the Membrane Breakage Triggered by Amyloid-Beta Peptide // *Biophys. Chem.* 2023. V. 298. P. 107023.
9. Avdeev M. M., Shibaev A. V., Maslakov K. I., Dvoryak S. V., Lokshin B. V., Gorshkova Yu. E., Tropin T. V., Philippova O. E. Polymer Brushes Synthesized by "Grafting Through" Approach: Characterization and Scaling Analysis // *Coll. Surf. A.* 2023 (submitted).

10. Logacheva K., Gergezhiu P., Raksha E., Savostina L., Arzumanyan G., Eresko A., Malakhov S., Mamatkulov K., Ponomareva O., Belushkin A., Chudoba D. Vibrational Spectroscopic Features of Ibuprofen and Ketoprofen: IR and Raman Spectroscopy Combined with DFT calculations // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2024 (submitted).
11. Millán-García L., Bokuchava G., Halodova P., Sáez-Maderuelo A., González-Doncel G., Hidalgo J. I., Velasco J. M., Fernández R. Using Genetic Programming and the Stress Equilibrium Method to Obtain the Un-Stressed Lattice Parameter for Calculating Residual Stresses // *J. Mat. Res. Techn.* 2023. V. 23. P. 1543–1558.
12. Millán L., Kronberger G., Fernández R., Bokuchava G., Halodova P., Sáez-Maderuelo A., González-Doncel G., Hidalgo I. J. Prediction of Microscopic Residual Stresses using Genetic Programming // *Appl. Engin. Sci.* 2023. V. 15. 100141.
13. Pakhnevich A., Nikolayev D., Lychagina T. Global Crystallographic Texture of Pyrite in Fossil Wood (Jurassic, Oryol Region, Russia) // *Minerals.* 2023. V. 13. P. 1050.
14. Bakirov B., Smirnova V., Kichanov S., Shaykhutdinova E., Murashev M., Kozlenko D., Sitdikov A. Structural Features of the Fragments from Cast Iron Cauldrons of the Medieval Golden Horde: Neutron Tomography Data // *J. Imaging.* 2023. V. 9. P. 97.
15. Arzumanyan G., Mamatkulov K., Arynbeke Ye., Zakrytnaya D., Jevremović A., Vorobjeva N. Radiation from UV-A to Red Light Induces ROS-Dependent Release of Neutrophil Extracellular Traps // *Intern. J. Mol. Sci.* 2023. V. 24. P. 5770; <https://doi.org/10.3390/ijms24065770>.
16. Frank A. I., Kulin G. V., Zakharov M. A. On a New Possibility of Pulsed Accumulation of Ultra Cold Neutrons in a Trap // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2023. V. 20, No. 4. P. 664–667; doi: 10.1134/S1547477123040295.
17. Philippova O. S., Grebenshchikova A. B., Dmitriev A. Yu., Lennik S. G. Systematic Study of Wall Painting of the Twelfth Century from the Christ's Transfiguration Cathedral of the Mirozhsky Monastery in Pskov (Russia) by Complementary Physico-Chemical Methods // *Heritage Science.* 2023. 11; <http://dx.doi.org/10.1186/s40494-023-00955-y>.
18. Филиппова О. С., Дмитриев А. Ю., Царевская Т. Ю., Дмитриева С. О. Исследование элементного и молекулярного состава пигментов фресок Георгиевского собора Юрьева монастыря, а также изменения колорита средневековой фресковой живописи — возможности физико-химических методов анализа на базе Объединенного института ядерных исследований // *Материалы IX науч.-практ. конф. «Новгород и Новгородская земля. Искусство и реставрация», 13–15 окт. 2020 г., Новгородский музей-заповедник. Великий Новгород, 2023. Вып. 9. С. 221–241.*
19. Sumbaev A., Kobets V., Shvetsov V., Dikansky N., Logatchov P. LUE-200 Accelerator — A Photo-neutron Generator for the Pulsed Neutron Source IREN // *J. Instrum.* 2020. 15. T11006; doi:10.1088/1748-0221/15/11/T11006
20. Левичев А. Е., Арсентьева М. В., Самойлов С. Л., Жиронкин И. С., Михайлов К. И., Сумбаев А. П., Кобец В. В. О влиянии смещения рабочей частоты на эффективность ускоряющей структуры ускорителя ЛУЭ-200. Сообщение на «RuPAC23», Новосибирск, 2023 г.; Письма в ЭЧАЯ (принято к печати).

ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ им. М. Г. МЕЩЕРЯКОВА

Деятельность Лаборатории информационных технологий им. М. Г. Мещерякова в 2023 г. была сосредоточена на обеспечении надежного функционирования и развитии сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры (тема 05-6-1118-2014/2023 «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ»), а также на развитии математического и программного обеспечения научно-производственной деятельности Института и научных центров государств-членов ОИЯИ (тема 05-6-1119-2014/2023 «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической

обработки и анализа экспериментальных данных») на базе Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК) ОИЯИ. Отличительной особенностью направленных проводимых исследований является тесное сотрудничество со всеми лабораториями Института, институтами государств-членов ОИЯИ и других стран.

В 2023 г. сотрудниками ЛИТ опубликовано свыше 200 научных работ, 5 монографий, более 100 статей в рамках международных коллабораций, представлено более 150 докладов на международных и российских конференциях.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ОИЯИ

Для достижения главных целей ведущих проектов ОИЯИ необходимо обеспечивать высокую производительность, надежность и доступность в режиме $24 \times 7 \times 365$ всех компонентов Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК) как крупного инфраструктурного проекта.

В 2023 г. были продолжены работы по модернизации и наращиванию производительности гиперконвергентного суперкомпьютера «Говорун», систем распределенных вычислений и хранения данных на основе грид-технологий, облачных вычислений. Эти работы базировались на надежных инженерных компонентах и современной сетевой инфраструктуре с пропускной способностью до 4×100 Гбит/с.

Продолжилось активное использование ресурсов МИВК для научно-исследовательских и прикладных задач ОИЯИ. Платформа HybridLIT, включающая в себя суперкомпьютер (СК) «Говорун» и учебно-тестовый полигон, активно использовалась для выполнения исследований в рамках Проблемно-тематического плана ОИЯИ. С применением грид-технологий на базе DIRAC Interware удалось объединить выделенные не только вычислительные ресурсы всех компонентов МИВК, но и кластеры организаций стран-участниц. Такой подход позволил впервые в ОИЯИ осуществить полный цикл обработки

экспериментальных данных, полученных в ходе 8-го сеанса эксперимента VM@N, и успешно провести сеансы моделирования для эксперимента MPD. Грид-сайт Tier-1 для эксперимента CMS на LHC продолжил занимать лидирующую позицию среди аналогичных мировых сайтов. Tier-2/ЦИВК обеспечивал обработку и анализ данных всех экспериментов на LHC, NICA и других крупномасштабных экспериментов, а также поддержку пользователей лабораторий ОИЯИ и стран-участниц. Облачная среда ОИЯИ и стран-участниц применялась главным образом для вычислений по нейтринной программе ОИЯИ.

Сетевая инфраструктура ОИЯИ

Локальная сетевая инфраструктура и телекоммуникационные каналы связи ОИЯИ являются фундаментом для продолжающей постоянно развиваться информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ, обеспечивая доступ к вычислительным ресурсам, системам хранения как внутри Института, так и во внешних научных организациях, сотрудничающих с ОИЯИ.

В 2023 г. надежно функционировали телекоммуникационные каналы связи ОИЯИ. В первую очередь была обеспечена надежная работа резервированного канала до Москвы с пропускной способностью 4×100 Гбит/с. Для работы

грид-сайта уровня Tier-1 необходимо быть полноценным участником сети LHCOPN для связи с Tier-0 (ЦЕРН) и другими Tier-1-сайтами. Эту связь обеспечивают прямой канал связи ОИЯИ–ЦЕРН 100 Гбит/с и резервный канал 100 Гбит/с, проходящий через Москву и Амстердам. Связность Tier-2 ОИЯИ обеспечена внешней наложенной сетью LHCONE, предназначенной для грид-сайтов второго уровня. Для связи с российскими институтами, участвующими в обработке данных с LHC, используется технология RU-VRF. Национальная исследовательская компьютерная сеть (НИКС) России, созданная в результате интеграции федеральной университетской компьютерной сети RUNNet (Russian UNiversity Network) и сети организаций Российской академии наук RASNet (Russian Academy of Science Network), обеспечивает связь с научными и образовательными организациями Российской Федерации. Для передачи данных по внешнему оптическому телекоммуникационному каналу используется технология DWDM (Dense Wave Division Multiplexing).

Распределение входящего и исходящего трафика по подразделениям ОИЯИ в 2023 г. (превышающего по входящему трафику 25 ТБ) приведено в таблице.

| Подразделение | Входящий трафик, ТБ | Исходящий трафик, ТБ |
|-------------------------|---------------------|----------------------|
| ЛИТ | 639,8 | 519,5 |
| ГРК | 459,46 | 75,97 |
| ЛФВЭ | 406,14 | 191,04 |
| ЛЯП | 253 | 111,8 |
| ЛЯР | 156,41 | 30,47 |
| ЛНФ | 155,12 | 48,98 |
| Университет «Дубна» | 147,03 | 37,45 |
| Управление | 121,02 | 64,59 |
| Узел удаленного доступа | 88,18 | 12,76 |
| УНЦ | 52,73 | 9,84 |
| ЛТФ | 35,78 | 11,76 |
| ЛРБ | 30,98 | 3,8 |
| УСИ | 30,4 | 4,55 |
| ОГЭ | 29,59 | 2,08 |

Общий входящий трафик ОИЯИ, включая серверы общего назначения, Tier-1, Tier-2, СК «Говорун» и облачные вычисления, составил в 2023 г. 41,45 ПБ, общий исходящий — 27,28 ПБ. Трафик с научно-образовательными сетями является основным и составляет 96,21 % от общего.

Локальная вычислительная сеть (ЛВС) базируется на магистральной опорной сети ОИЯИ с пропускной способностью 2 × 100 Гбит/с и распределенной многоузловой кластерной сетью между площадками ЛЯП и ЛФВЭ (4 × 100 Гбит/с).

Сетевая служба регулярно обновляет программное обеспечение (ПО) на 20 серверах (webmail.jinr.ru, indico.jinr.ru, mail.jinr.ru, maillist.jinr.ru, mx1.jinr.ru, mx2.jinr.ru, auth-1.jinr.ru (login.jinr.ru), auth-2.jinr.ru и т. д.), что позволяет системам быть в актуальном состоянии.

В 2023 г. обработано более 1400 заявок пользователей ОИЯИ по работе сети, сервисов электронной почты, VPN, DNS, электронных библиотек, Wi-Fi, безопасности и т. д. Модернизирована база данных IPDB сетевой службы: расширена поисковая система, добавлены новые средства регистрации. Общая база содержит 40 тыс. элементов (пользователей и оборудования). Осуществлена проверка около 60 инцидентов с нарушениями сетевой безопасности ОИЯИ, проверено 25 местных веб-сайтов на наличие уязвимостей, велась поддержка работоспособности более 30 серверов и виртуальных машин сетевой службы и мониторинг свыше 800 сетевых устройств.

ЛВС ОИЯИ содержит 12 803 сетевых элемента, 21 640 IP-адресов ipv4, 1385 IP-адресов ipv6, 5750 пользователей, 4554 адреса электронной почты @jinr.ru, 1165 пользователей электронных библиотек, 854 пользователя сервиса удаленного доступа и 130 пользователей сервиса EDUROAM.

Инженерная инфраструктура МИВК

В 2023 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. Система электроснабжения обеспечивается двумя трансформаторами по 2500 кВА каждый, двумя дизельгенераторными установками по 1500 кВА и системой источников бесперебойного питания (8 × 300 кВА).

Система климатического контроля грид-компонентов построена по смешанному типу и включает в себя как подпольную подачу холодного воздуха с принудительным отводом горячего вентиляционными панелями, так и охлаждение холодного коридора модуля межрядными кондиционерами. Общее потребление хладо-снабжения составляет 1400 кВт.

С учетом необходимости расширения вычислительных ресурсов и систем хранения данных были начаты работы по расширению серверного помещения за счет реконструкции машинного зала на 4-м этаже здания ЛИТ.

Для контроля и учета оборудования МИВК продолжено использование системы DCIM (Data Center Infrastructure Management).

Грид-среда ОИЯИ (сайты Tier-1 и Tier-2)

В 2023 г. продолжалось успешное функционирование грид-сайтов ОИЯИ, были обеспечены их практическая 100%-я надежность и доступность [1]. Создание в ОИЯИ ускорительного комплекса в рамках мегасайенс-проекта NICA и экспериментальных установок на нем потребовало расширения функций грид-сайтов ОИЯИ с включением их ресурсов в систему моделирования,

3 октября. Делегация НАН Республики Казахстан (НАН РК) во главе с президентом правления НАН РК К. Закаръей на экскурсии в лаборатории в ходе визита в ОИЯИ



обработки и хранения данных экспериментов $BM@N$, MPD и SPD .

В настоящее время сайт Tier-1 обеспечивает:

- получение данных эксперимента CMS от сайта Tier-0 в ЦЕРН в объеме, определенном соглашением с WLCG (Worldwide LHC Computing Grid);
- архивирование и ответственное хранение переданных с Tier-0 исходных экспериментальных данных;
- последовательную и непрерывную обработку данных;
- дополнительную обработку (скимминг) необработанных данных, данных RECO (реконструированных) и данных AOD (данных объекта анализа);
- повторную обработку данных и запуск производственной обработки с использованием нового ПО или новых констант калибровки и выравнивания частей детектора CMS ;
- предоставление доступа к наборам данных AOD сайтам уровня Tier-1 и Tier-2, задействованным в обработке данных эксперимента CMS ;
- отправку наборов данных RECO и AOD на другие сайты Tier-1/Tier-2/Tier-3 для их дублированного хранения (репликации) и физического анализа;
- получение смоделированных событий и анализ данных, записанных в ходе работы эксперимента CMS ;
- защищенное хранение смоделированных событий;
- получение смоделированных событий и анализ данных для экспериментов на NICA;
- получение и обработку данных эксперимента $BM@N$.

Функционирование сайта Tier-2 обеспечивает:

- обработку и анализ данных всех экспериментов на LHC и предоставление ресурсов для выполнения вычислительных задач участникам экспериментов;
- получение смоделированных данных и их анализ для всех виртуальных организаций, зарегистрированных в российском консорциуме RDIG (Russian Data Intensive Grid);
- получение смоделированных данных и их анализ для экспериментов на NICA;
- получение и обработку данных эксперимента $BM@N$.

Ресурсы Tier-1 и Tier-2

Функционирование вычислительных ресурсов грид-сайтов ОИЯИ обеспечивается менеджером рабочей нагрузки Slurm. Для организации вычислений в грид-среде используется ARC (Advanced Resource Connector) — промежуточное ПО для грид-вычислений. Оно обеспечивает общий интерфейс для передачи вычислительных задач различным распределенным вычислительным системам и может включать грид-инфраструктуры различного размера и сложности.

Одним из важнейших элементов грид-инфраструктуры ОИЯИ, как и всего МИБК, является система хранения данных. Эта система построена по иерархическому принципу, и уровень хранения зависит от сроков хранения данных и их объема. Машины вычислительных кластеров имеют ограниченное дисковое пространство, предназначенное для хранения собственно операционной системы (ОС), некоторых дополнительных

утилит, временных файлов пользователей ограниченного объема. Распределенная глобальная система AFS используется для хранения данных и доступа к домашним директориям пользователей и к ПО небольшого объема. Глобально доступная система ведения и доступа к большим программным комплексам коллабораций и групп пользователей работает на основе разработанного в ЦЕРН ПО CVMFS. В качестве основных систем хранения данных используются dCache и EOS. Это системы для среднесрочного хранения данных. Последняя из них должна стать основной системой хранения данных в МИВК. EOS как система хранения очень больших объемов данных является оптимальной с точки зрения стоимости/объема хранилища, поддерживает множество протоколов доступа (POSIX при установке на компьютере пользователя, xroot и http для быстрого удаленного доступа), призвана обеспечивать высокую скорость доступа к данным благодаря параллельному копированию со многих серверов и т. д.

С началом сеансов на комплексе NICA требуется интенсивное наращивание долговременных систем хранения данных на роботизированных ленточных библиотеках. Кроме ленточного робота для эксперимента CMS в Tier-1 требуется создание долговременного хранилища данных для экспериментов на комплексе NICA, нейтрин-

ной программы и для других групп пользователей. Эта система создается на основе разработанного в ЦЕРН ПО СТА (CERN Tape Archive). Система будет полностью включена в инфраструктуру МИВК. Основная компонента СТА — EOS с добавлением инфраструктуры работы с ленточными роботами и манипуляций с метаинформацией хранимых файлов. В 2023 г. EOSСТА запущена в опытную эксплуатацию.

В настоящее время в состав Tier-1 входят 468 вычислительных узлов (20 096 ядер) производительностью 32 382,54 HEP-SPEC06. Запуск задач на обработку данных эксперимента CMS осуществляется 16-ядерными пилотами, и для них доступны все вычислительные ресурсы. Хранение данных обеспечивается системой dCache емкостью 12,4 ПБ, роботизированным ленточным хранилищем общей емкостью 51,5 ПБ. Робот TS4500 работает с ПО Enstore и dCache. Робот TS3500 применяет систему EOSСТА. Для работы с лентами используется дисковый массив для кеширования данных емкостью 2,65 ПБ.

Сайт Tier-1 ОИЯИ по производительности уступает только центру Tier-1 Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (США) в рейтинге мировых Tier-1, обрабатывающих данные эксперимента CMS на LHC (рис. 1, а-з).

Сайт Tier-1 ОИЯИ участвует в выполнении задач для экспериментов на NICA (см. рис. 1, з).

Рис. 1. Вклад мировых центров Tier-1 в обработку экспериментальных данных CMS за 2023 г.: а) распределение по нормированному времени CPU в HEP-SPEC06 часах; б) количество обработанных событий; в) статистика использования центра Tier-1 ОИЯИ коллаборацией CMS по разным типам потоковой обработки данных; г) распределение по числу задач, выполненных на Tier-1 коллаборациями CMS, BM@N, MPD и SPD в 2023 г.

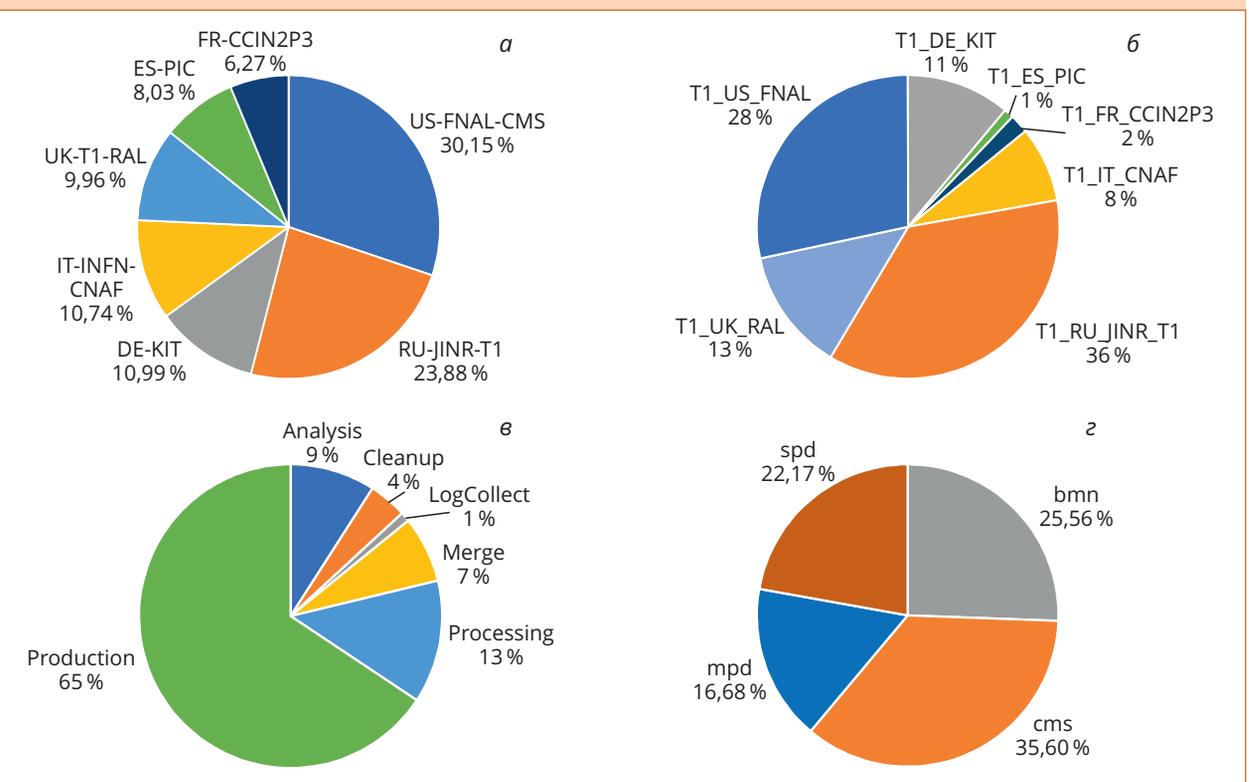


Рис. 2. Статистика использования системы EOS группами пользователей и коллаборациями

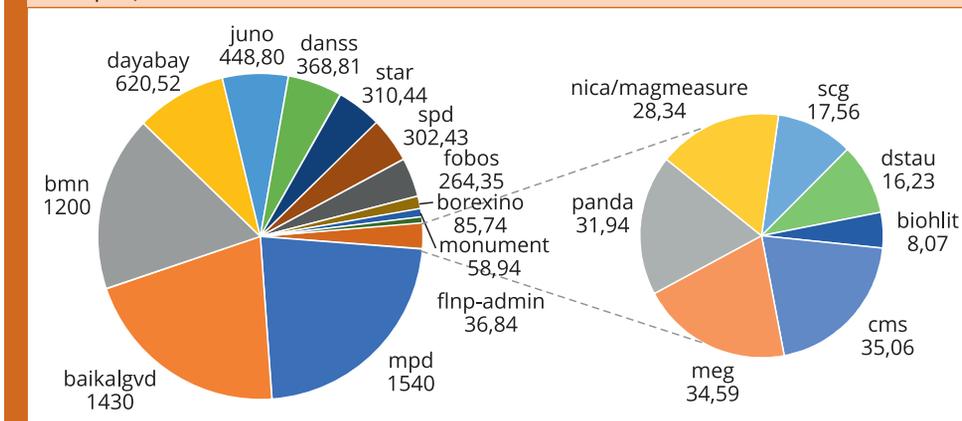
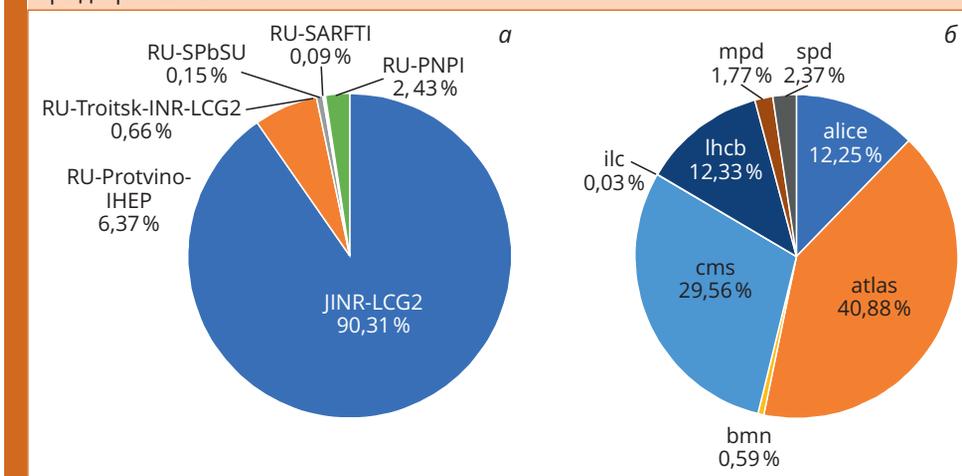


Рис. 3. а) Распределение выполненных на грид-сайтах RDIG задач; б) использование Tier-2 ОИЯИ (JINR-LCG2) виртуальными организациями в рамках грид-проектов



В состав сайта Tier-2 входят 486 вычислительных узлов (10 356 ядер) общей производительностью 66 788,4 HEP-SPEC06. Хранение данных обеспечивает система dCache емкостью 5,62 ПБ и EOS как общая распределенная система хранения данных для всех пользователей МИВК емкостью 23,3 ПБ (рис. 2).

Сайт Tier-2 в ОИЯИ является наиболее производительным в российском грид-сегменте (рис. 3).

DIRAC в ОИЯИ

В настоящее время DIRAC Interware (Distributed Infrastructure with Remote Agent Control) — единственная система, которая интегрирует все компоненты МИВК. DIRAC выполняет функцию промежуточного слоя между пользователями и различными вычислительными ресурсами, обеспечивая их эффективное, прозрачное и надежное использование, предоставляя общий интерфейс к разнородным ресурсам.

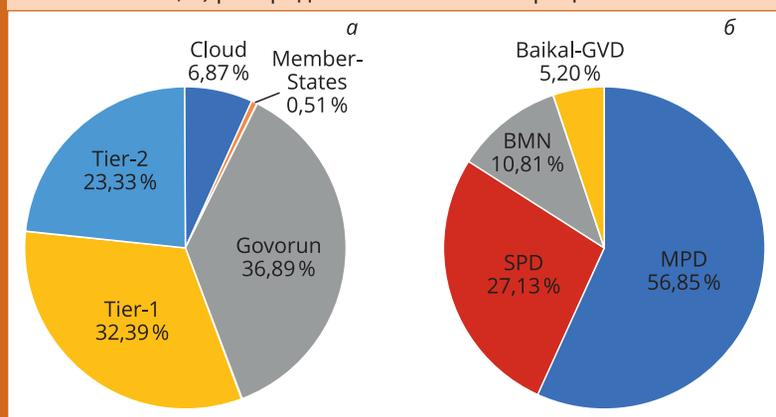
В 2023 г. DIRAC применялся для решения задач коллабораций по трем экспериментам на

ускорительном комплексе NICA, а также по нейтринному эксперименту Baikal-GVD (рис. 4).

В 2023 г. впервые в ОИЯИ на распределенной гетерогенной вычислительной инфраструктуре, объединенной с помощью платформы DIRAC, реализована полная обработка сырых данных 8-го сеанса эксперимента VM@N [2]. В ходе этого сеанса было собрано 430 ТБ данных в виде ~ 30 000 файлов. В течение года после внесения изменений в пакет VmRoot, который используется для реконструкции данных, эта процедура применялась несколько раз для переобработки исходных данных. Всего за год были проведены 5 больших и 7 малых сеансов по реконструкции/генерации данных.

Реализован прототип критически важного веб-приложения для автоматизированной системы, собирающей и обрабатывающей данные об используемых в ОИЯИ ресурсах, объединенных в единую инфраструктуру с помощью DIRAC. Разрабатываемое приложение предоставляет ценные данные для оптимизации работы вычислительных ресурсов, интегрированных в DIRAC [3].

Рис. 4. Распределенная гетерогенная среда на базе платформы DIRAC для задач ОИЯИ по нормированному времени CPU в HEP-SPEC06 часах: а) доля использования различных компонентов МИВК; б) распределение по коллаборациям



Облачная инфраструктура

Облако ОИЯИ является одним из компонентов МИВК, и его ресурсы используются в распределенной информационно-вычислительной среде (РИВС) стран-участниц ОИЯИ [4]. Основными пользователями ресурсов облачной инфраструктуры в 2023 г. являются нейтринные эксперименты и ЛИТ.

Серверы облачной инфраструктуры ОИЯИ работают в ОС CentOS 7.9.2009, срок поддержки которой истекает в середине 2024 г. В связи с этим проведен ряд работ по отработке процедуры перевода облачных серверов и части сервисов на другой бинарно-совместимый дистрибутив, в качестве которого выбрана ОС AlmaLinux версий 8 и 9 (конкретная версия зависит от доступности для нее того или иного ПО). Выполнены работы по обновлению сервиса управления конфигурацией облачной инфраструктуры на базе программных продуктов Foreman (с версии 2.5.4 до 3.8.0) и Puppet (с версии 6 до 7). ОС на этом сервисе обновлена до AlmaLinux 8.9. Доработаны шаблоны foreman и файлы конфигурации puppet для установки на узлы облачной инфраструктуры ОС AlmaLinux 9. По этим же причинам осуществляется постепенный перевод ОС на развернутые в облаке виртуальные машины (VM), включая VM нейтринных экспериментов ЛЯП.

В рамках расширения круга предоставляемых облачных сервисов был разработан и введен в эксплуатацию сервис публикации пользовательских Docker-контейнеров в CernVM-FS [5] для обеспечения возможности их использования в системах пакетной обработки заданий нейтринной платформы, кластера NICA и всех компонентов МИВК.

Для удовлетворения увеличивающихся потребностей нейтринных экспериментов в дисковом пространстве для хранения экспериментальных данных был увеличен объем облачного хранилища нейтринной платформы с 1,5 до

3,1 ПБ сырого дискового пространства за счет приобретения нового оборудования.

По направлению РИВС на базе ресурсов организаций из стран-участниц ОИЯИ выполнены следующие работы:

- обновление ПО облачной платформы OpenNebula с версии 6.4.0.1 до 6.6.0 на облаке Института ядерной физики АН Узбекистана;
- поддержка и развитие облачной инфраструктуры в Северо-Осетинском государственном университете им. К. Л. Хетагурова (сетевая инфраструктура, хранилище);
- на веб-портал <http://dice.jinr.ru> добавлена интерактивная карта, отображающая географическое местоположение организаций-участников РИВС.

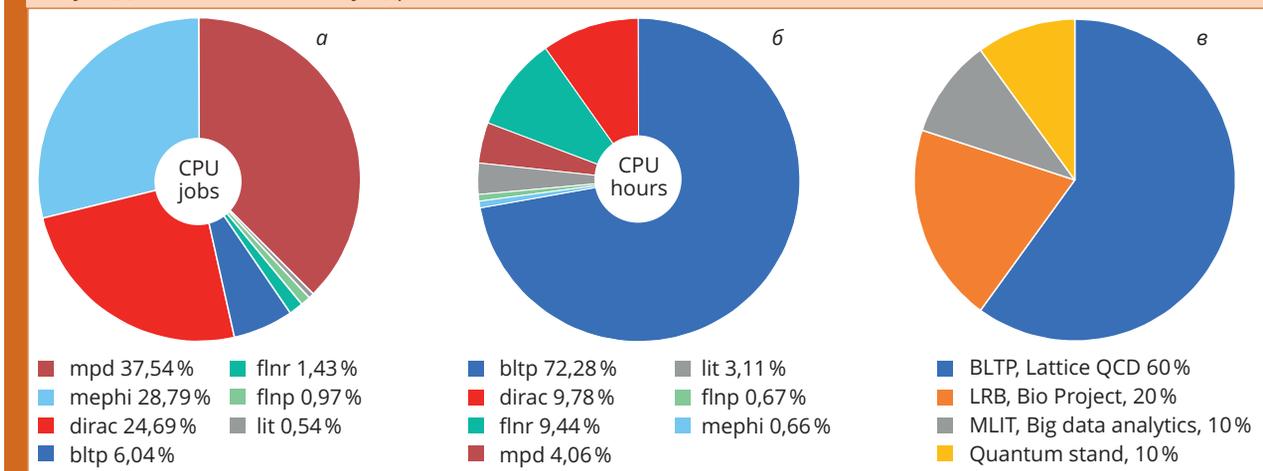
В 2023 г. успешно отработало 45 208 задач на ресурсе DIRAC.JINR-CONDOR.ru (облачные ресурсы нейтринной платформы, доступные в РИВС), что соответствует 325 056 CPU-часам. Все выполненные задачи были запущены коллаборацией Baikal-GVD.

В облаке ОИЯИ создается прототип вычислительной системы для разработки среды распределенных вычислений эксперимента SPD на базе PanDA WFMS/WMS. Развернуты сервис передачи файлов FTS и сервис управления данными Rucio.

Гетерогенная инфраструктура

В 2023 г. активно развивалась гетерогенная платформа HybriLIT, являющаяся компонентом МИВК ОИЯИ. Был осуществлен очередной этап модернизации СК «Говорун», связанный с расширением GPU-компонента. В состав СК «Говорун» вошли пять высокопроизводительных серверов, каждый из которых содержит два процессора AMD EPYC 7763 с оперативной памятью 2 ТБ и восемь графических ускорителей NVIDIA A100 с объемом памяти 40 ГБ. В результате суммарная пиковая производительность СК «Говорун» достигла 1,7 Пфлопс для операций с двойной точно-

Рис. 5. Распределение ресурсов CPU-компонента СК «Говорун» по группам пользователей: а) по количеству задач; б) по количеству ядро-часов; в) статистика использования GPU-компонента



стью (или 3,4 Пфлопс для операций с одинарной точностью), общая емкость иерархического хранилища составляет 8,6 ПБ. Расширение GPU-компонента предоставило новые возможности для решения задач решеточной квантовой хромодинамики, квантовых вычислений с использованием симуляторов, аналитики больших данных, разработки алгоритмов на основе нейросетевого подхода для анализа данных экспериментов ЛРБ, обработки и анализа данных экспериментов на ускорительном комплексе NICA.

В рамках задачи создания распределенной системы хранения и обработки данных для проекта NICA был развернут тестовый полигон, состоящий из трех распределенных файловых систем Lustre и объединяющий СК «Говорун» и вычислительный кластер NCX (ЛФВЭ). Распределенная файловая система Lustre построена с использованием дисковых ресурсов и серверов, размещенных на площадках ЛИТ и ЛФВЭ, и содержит два дисковых пула — OST0 (сервер в ЛИТ) и OST1 (сервер в ЛФВЭ), объединенных в один дисковый пул с функцией зеркалирования данных между дисковыми пулами OST0 и OST1. Данный механизм позволяет записывать данные на один пул и получать полную копию этих данных на другой пул, что существенно упрощает процедуру переноса данных с одного вычислительного ресурса на другой.

На ресурсах экосистемы ML/DL/HPC платформы HybriLIT был развернут полигон для квантовых вычислений с установленными симуляторами квантовых вычислений Cirq, Qiskit, PennyLane. Расширение полигона позволяет проводить исследования в среде Jupyter, что предоставляет возможность наглядно работать с квантовыми схемами и проводить расчеты в браузере.

В 2023 г. был осуществлен переход на новое ПО с клиентом для удаленного доступа TurboVNC сервиса HLIT-VDI, предназначенного для организации работы пользователей в графическом режиме доступа к программным пакетам COMSOL,

MAPLE, Mathematica, MatLab и др. По запросам пользователей установлено и обновлено 113 программных модулей с учетом версииности.

Общее число пользователей СК «Говорун» к настоящему времени составляет 312 человек, из них 255 являются сотрудниками ОИЯИ, 57 — из стран-участниц.

В течение 2023 г. всеми группами пользователей СК «Говорун» на CPU-компоненте была выполнена 640 861 задача, что соответствует 16 миллионам ядро-часов, а на GPU-компоненте — 7808 задач, что соответствует 45 400 GPU-часам.

На рис. 5 представлены распределения ресурсов CPU-компонента СК «Говорун» по группам пользователей. Средняя загрузка CPU-компонента составила 96,4%, а загрузка GPU-компонента — 91,2%.

Система мониторинга и аккаунтинга

Успешное функционирование МИВК обеспечивается системой мониторинга и аккаунтинга, которая должна быть актуальной и современной. Для этих целей предусматривается расширение системы мониторинга за счет интеграции в нее локальных систем слежения за системами электропитания (дизель-генераторы, распределительные узлы электропитания, трансформаторы и источники бесперебойного питания) и создание центра управления инженерной инфраструктурой (специальные информационные панели для визуализации всех статусов инженерной инфраструктуры МИВК в единой точке доступа). Переход к проектному планированию научной деятельности и планированию ресурсов по запросам пользователей требует разработки специальной системы учета по использованию ресурсов МИВК каждым проектом/пользователем. В настоящее время такая система учета (аккаунтинга) организована для групп пользователей на грид-инфраструктуре МИВК.

Для визуализации данных аккаунтинга используется система Grafana. В 2023 г. в системе мониторинга LITMon введена в эксплуатацию новая база данных для хранения отслеживаемых характеристик оборудования. Применение базы данных InfluxDB2 позволило оптимизировать процесс передачи данных в систему визуализации Grafana и организовать репликации данных для увеличения безопасности системы хранения.

Информационные сервисы

В 2023 г. интенсивно велись работы по развитию платформы Digital JINR. Осуществлялось тестирование, развертывание и интеграция программных пакетов для сервисов и базовой инфраструктуры цифровой экосистемы (ЦЭС) (планирование и управление проектами, электронная служба поддержки, авторизация, цифровые архивы, управление научной информацией и т. д.), а также подготовка программного окружения и документации для разработки цифровых сервисов и их интеграции. В рамках развития оболочки и сервисов ЦЭС реализована двусторонняя связь с системой GLPI (сопровождение проектов) для обработки заявок пользователей, осуществлена интеграция системы электронного документооборота (СЭД) и геоинформационного сервиса (ГИС) для привязки договоров ремонтно-строительных работ и капитального строительства к конкретным зданиям или помещениям, разработан встроенный сервис «Бланки», подключены к ЦЭС в виде отдельных сервисов некоторые функции СЭД, ADB2, «Базы документов» и т. д.

В рамках развития и сопровождения СЭД «Дубна» существенно модернизировано ядро СЭД: разработана подсистема архивного хранения завершенных документов в виде PDF, модернизированы подсистема определения прав доступа и система защиты от хакерских атак и несанкционированного доступа, модернизирован интерфейс пользователя, обновлен его дизайн и ускорена работа, разработаны 7 новых типов документов (корреспонденция АО «Штрабаг», технические условия для проектирования, технические решения проектных и строительных работ и т. д.) и новый модуль «Статистика», осуществлена адаптация к новой учетно-финансовой политике по проектам и активностям.

В рамках развития информационных сервисов в облачной инфраструктуре был развернут сервис для планирования мероприятий newdle.jinr.ru на базе системы Newdle (аналог популярного сервиса Doodle), в котором был реализован вход по JINR SSO.

Осуществлялись поддержка и развитие инфраструктуры хостинга сайтов: www.jinr.ru, flnph.jinr.ru, flerovlab.jinr.ru, micc.jinr.ru, mpdroot.jinr.ru и т. д. Обеспечены поддержка и развитие инфраструктуры серверов административного назначения (ресурсы pin.jinr.ru, adb2.jinr.ru, sed.jinr.ru и т. п.), сервиса pm.jinr.ru (система автоматизированного управления проектами), сервиса disk.jinr.ru (сервис облачного хранилища для сотрудников ОИЯИ).

Продолжены работы по сопровождению и модернизации центральных информационных серверов, порталов и баз данных для информационного и программного обеспечения деятельности ЛИТ (lit.jinr.ru) и ОИЯИ (wwwinfo.jinr.ru, dissertations.jinr.ru, pepan.jinr.ru и др.).

МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ, МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Обеспечение математической, алгоритмической и программной поддержки экспериментальных и теоретических исследований, проводимых в ОИЯИ, является одним из основных направлений деятельности ЛИТ. В 2023 г. первостепенное значение имели проектирование, разработка, внедрение и сопровождение удобной для пользователя вычислительной среды на гетерогенной вычислительной платформе ЛИТ, включающей кластер HybriLIT и СК «Говорун». Весьма необходимый и ценный вклад был внесен в трехмерное моделирование, необходимое для проверки магнитов NICA, в решения на самом высоком уровне конкретных задач в рамках экспериментов VM@N, MPD и SPD, а также в раз-

работку ПО системы обработки данных для эксперимента Baikal-GVD. Разработка ПО в рамках вклада ОИЯИ для экспериментов CMS и ATLAS Phase 3 в ЦЕРН суммирует лучшие результаты, полученные по обработке экспериментальных данных в рамках темы 1119.

Ниже приведена краткая информация о некоторых из полученных результатов.

Реализована современная парадигма разработки ПО через тестирование TDD (Test-Driven Development) для верификации механизма реконструкции данных MPD в фреймворке MPDRoot. Показано, что необходимые изменения в архитектуре кодовой базы, среде диагностики и анализа данных улучшают потенциал

будущих разработок механизма реконструкции. Представлены первые результаты сравнения различных модулей [6].

Получены первые результаты в рамках исследования применения машинного обучения в задаче идентификации заряженных частиц в эксперименте MPD [7]. В работе использовалась разновидность алгоритма градиентного бустинга на решающих деревьях, реализованная в библиотеке CatBoost. Сравнение алгоритма с методом n -sigma, который в настоящее время реализован в программной среде MpdRoot, показало более высокую эффективность метода бустинга при малых и больших значениях импульса. Проведение этих исследований стало возможным благодаря вычислительным ресурсам гетерогенной платформы HybriLIT.

В 2023 г. завершили первоначальное проектирование и прототипирование онлайн-фильтра эксперимента SPD. Реализована система управления нагрузкой [8] — одного из ключевых компонентов онлайн-фильтра, которая включает в себя серверный компонент, отвечающий за обработку данных путем генерации и выполнения достаточного количества задач, и агентское приложение, отслеживающее и управляющее ходом выполнения задач на вычислительном узле.

Разработана и продолжает совершенствоваться система обработки данных эксперимента Baikal-GVD. Ее преимуществами являются простота, модульность и параллельность, соответствующие физическим свойствам строящегося нейтринного телескопа. Модульная архитектура системы позволяет легко модифицировать отдельные компоненты, не нарушая целостности, и добавлять новые. Параллелизм системы состоит из нескольких уровней. Во-первых, обработка отдельных кластеров происходит параллельно на разных VM. Во-вторых, обработка одного кластера выполняется в двух последовательных рабочих процессах — быстрой и автономной обработке. В обоих рабочих процессах некоторые задачи также выполняются параллельно. Текущее состояние системы обработки уже позволило получить астрофизические результаты.

Разработано веб-приложение [9], позволяющее фитировать данные, полученные от спектрометра малоуглового рассеяния нейтронов на реакторе ИБР-2, изучать форму и размер наночастиц образцов. Процесс фитирования распараллелен с помощью неявной многопоточности и векторизации.

Предложен новый метод исследования двухчастичных корреляций поперечных импульсов (PT) в мягких адронных взаимодействиях [10]. Показано, что моделирование методом Монте-Карло в PYTHIA 6 и Geant4 FTF (FRITIOF) дает различные предсказания для предлагаемых корреляций в протон-протонных взаимодействиях. Корреляции связаны со швингеровским механизмом рождения частиц и могут быть изучены

в текущих и будущих экспериментах в области физики высоких энергий, в частности на NICA.

Изучено взаимное сокращение вкладов от каналов притяжения и отталкивания в скалярном взаимодействии в термическом пионном газе при конечных температурах [11]. Давление взаимодействующего пионного газа рассчитано с использованием подхода Бета-Уленбека к релятивистскому вириальному расширению с фазовыми сдвигами Брейта-Вигнера для σ - и ρ -мезонных резонансов. Результат исследования объясняет отсутствие σ -мезона в модели адронного резонансного газа при низких температурах и необходимость его учета в статистической модели химического фризаута в столкновениях тяжелых ионов.

Представлен обзор работ [12], посвященных моделированию процесса гидратации электрона на основе развитого авторами подхода в рамках динамической модели полярона. Сформулирована математическая постановка задачи, построены вычислительные схемы, созданы комплексы проблемно-ориентированных программ с применением технологии параллельного программирования MPI. Приведены результаты численного моделирования и расчета наблюдаемых физических характеристик изучаемого процесса гидратации электронов. Согласие полученных численных результатов с соответствующими экспериментальными данными подтверждает адекватность разработанных подходов и перспективность их дальнейшего использования и развития.

Численное моделирование накопленных в ЛНФ экспериментальных данных по взаимодействию бета-амилоидного пептида A β (25–35) с фосфолипидными мембранами ДПФХ, посвященное выяснению роли бета-амилоидного пептида как ключевого фактора болезни Альцгеймера, позволило уточнить динамические свойства липидных мембран, регулируемые добавлением мелатонина, холестерина и бета-амилоидного пептида [13].

Проведены исследования, посвященные анализу данных пион-ядерного рассеяния для ряда ядер-мишеней на основе микроскопической модели пион-ядерного потенциала [14]. Показано, что разработанный подход обеспечивает адекватное описание экспериментальных данных по пион-ядерному рассеянию в области энергий пион-нуклонного (3,3)-резонанса и позволяет исследовать влияние ядерной среды на пион-нуклонное рассеяние. Разработанный теоретический подход и процедура численного исследования адаптированы на случай протон-ядерного рассеяния.

Предложена модификация модели термического пика (МТП), базирующаяся на системе двух связанных гиперболических уравнений теплопроводности [15]. Действие лазера в электронном газе учтено посредством функции источника, выбранной в виде двойного фемтосекундного

лазерного импульса. В гиперболической МТП в отличие от параболической присутствуют дополнительные параметры, которые характеризуют времена релаксации потока тепла в электронном газе и кристаллической решетке. Проведены численные исследования решений параболического и гиперболического уравнений МТП при одинаковых физических параметрах и сравнительный анализ полученных результатов.

Разработаны оригинальный подход и алгоритм в системе Maple для решения задачи рассеяния в одноканальном приближении метода связанных каналов оптической модели, описываемой обыкновенным дифференциальным уравнением второго порядка с комплексным потенциалом с регулярными граничными условиями [16]. Эффективность предложенного подхода показана численным решением задачи рассеяния и расчетом эталонного сечения захвата и метастабильных состояний пары тяжелых ионов $^{16}\text{O} + ^{144}\text{Sm}$ в одноканальном приближении метода связанных каналов.

Проведено численное моделирование в рамках микроскопической статистической модели сверхтекучего квантового твердого тела, внутри кристаллической решетки которого могут существовать области беспорядка, такие как дислокационные сетки или границы зерен [17]. Такая модель дает возможность ответить на вопрос, какие реальные квантовые кристаллы могут проявлять свойство сверхтекучести, а какие нет.

С использованием специальных процедур проверки входных данных развит рекурсивный

алгоритм автоматической адаптивной квадратуры одномерных интегралов Римана на основе байесовского вывода с целью обеспечения устойчивых и надежных автоматических решений на критических этапах пути решения [18]. Байесовский алгоритм предиктор–корректор обеспечивает автоматическое решение условий подынтегральной функции на концах подынтервалов корня дерева решений. Новая стратегия разделения подынтервалов обеспечивает максимальную точность результатов.

Метод функциональной редукции для фейнмановских интегралов, разработанный в ЛИТ, применен для вычисления однопетлевых интегралов, соответствующих диаграммам с четырьмя внешними линиями [19]. Рассмотрены интегралы, возникающие в расчетах радиационных поправок к амплитудам рассеяния света на свете, расщепления фотона во внешнем поле, а также дельбрюкковского рассеяния. Для произвольного значения размерности пространства d получены новые аналитические результаты для мастерских интегралов, при $d = 4$ приведены компактные формулы в терминах дилогарифмов.

В рамках формализма фазового пространства конечномерных квантовых систем рассмотрена взаимосвязь между классичностью/квантовостью и симметрией состояний [20]. Обнаружено, что упорядоченность квантовых состояний по типу симметрии влечет за собой также упорядоченность по классичности: чем больше симметрия, тем более классическими являются квантовые состояния.

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

Выполнено проектирование встроенных интеллектуальных систем управления на основе нечеткой логики, нейронных сетей, генетических и квантовых алгоритмов для задачи стабилизации давления азота в криогенной системе испытательного стенда фабрики магнитов ЛФВЭ ОИЯИ. Эффективность работы системы продемонстрирована экспериментально [21].

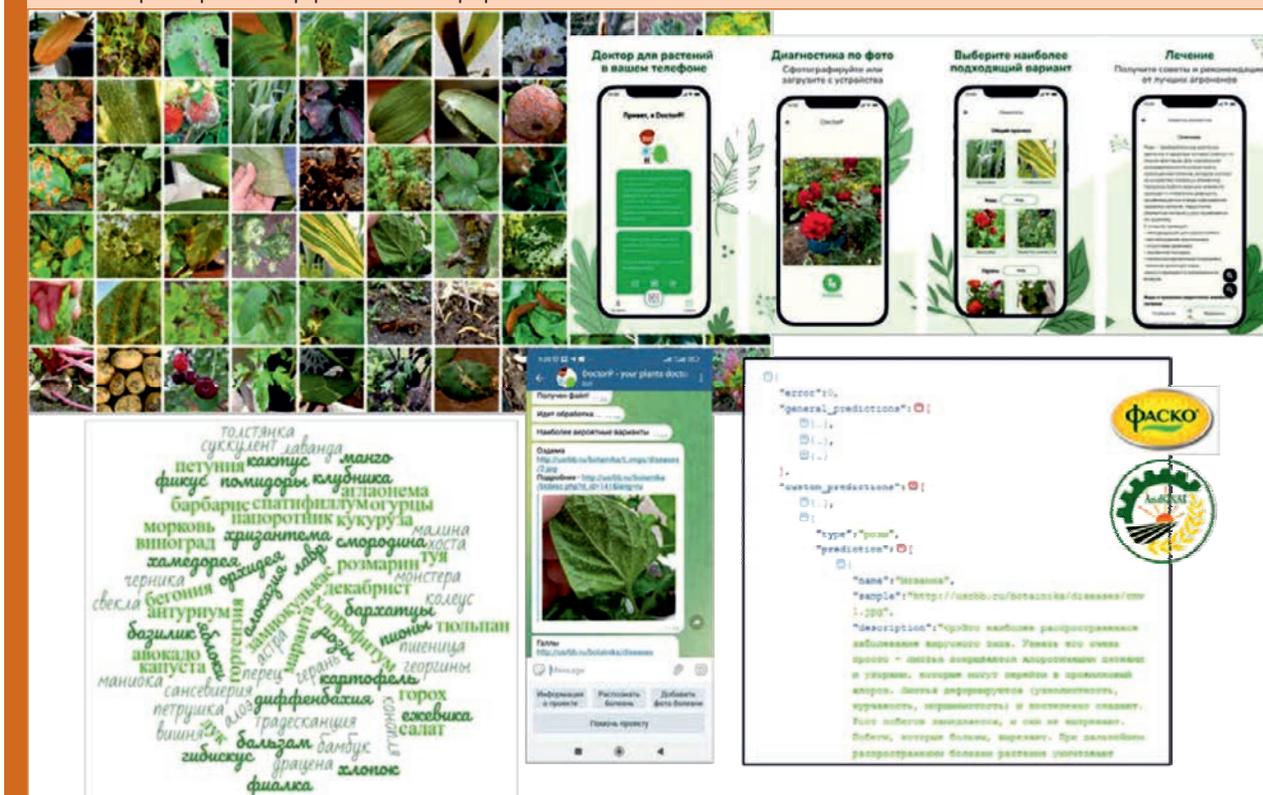
В рамках совместного проекта ВЮНЦ (ЛИТ и ЛРБ) на основе методов компьютерного зрения разработан алгоритм трекинга лабораторного животного в поведенческом тесте «Водный лабиринт Морриса». Разработаны прототипы веб-сервисов для этого теста, которые позволяют на видео отслеживать правильность создаваемой траектории и в разных представлениях формировать набор данных, и поведенческого теста «Открытое поле», функционал которого позволяет решать задачу трекинга лабораторного животного, строить тепловую карту, подсчитывать пройденные сектора и предоставлять пользователю сводную аналитику.

В 2023 г. было продолжено развитие сервиса для моделирования систем, основанных на джо-

зефсоновских переходах, в рамках совместного проекта ЛИТ и ЛТФ. Сервис пополнен материалами для моделирования динамики джозефсоновского перехода под воздействием внешнего излучения на примере перехода типа сверхпроводник–диэлектрик–сверхпроводник [22]. С использованием Python в среде Jupyter Book разработаны алгоритмы для вычисления вольт-амперной характеристики (ВАХ) джозефсоновского перехода под воздействием внешнего излучения и нахождения ширины ступеньки Шапиро на кривой ВАХ. Реализован параллельный алгоритм для расчета зависимости ширины ступеньки Шапиро от амплитуды внешнего излучения, и показана эффективность параллельной реализации.

В ЛИТ развиваются платформа и мобильное приложение DoctorP для распознавания болезней растений и вредителей [23]. Доступна как общая модель, способная идентифицировать 68 классов болезней, так и специализированные модели для 30 декоративных и сельскохозяйственных культур (рис. 6). В 2023 г. платформой было обработано более 80 тыс. запросов пользо-

Рис. 6. Примеры интерфейсов платформы DoctorP



вателей. Чтобы получить прогноз и рекомендации по лечению от опытных агрономов, нужно просто отправить фотографию, на которой будет видна проблема. Доступ к платформе могут получить сторонние приложения и сервисы. Этой возможностью уже воспользовались компании «Гарден ритейл сервис» (ранее «Фаско») и Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий (Узбекистан).

Разработан и зарегистрирован в Росреестре программ для ЭВМ [24] программный комплекс для создания цифровых двойников (ЦД) распределенных центров сбора, хранения и обработки

данных (РЦОД). Уникальность данной программы в том, что создаваемые с ее помощью ЦД эффективно отслеживают работу РЦОД с точки зрения потоков данных и связанных с ними задач. ЦД РЦОД — это виртуальная копия центра обработки данных, которая показывает, как он работает при любом возможном сценарии. Проведена успешная верификация программы моделирования на примере работы вычислительной инфраструктуры реального эксперимента VM@N на ускорительном комплексе NICA во время 8-го физического сеанса в 2023 г.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Первый в Республике Казахстан и 11-й по счету кластер облачных вычислений ОИЯИ был включен в РИВС ОИЯИ. Ресурсы облачного кластера Института ядерной физики смогут использовать сотрудники научных институтов и университетов Казахстана как в независимых исследованиях, так и в рамках сотрудничества с ОИЯИ, принимая участие в мегасайенс-проектах NICA и Baikal-GVD. Кластер, включенный в РИВС ОИЯИ и организаций стран-участниц ОИЯИ, позволяет получить доступ к большому количеству аппаратных ресурсов, чем в случае локального использования облака Института ядерной физики, что открывает перед учеными возможности получения научных результатов в более короткие сроки.

В рамках программы сотрудничества с Кейптаунским университетом в ЛИТ проведено исследование структуры и свойств сферически-симметричных, периодических по времени, пространственно-локализованных объектов конечного радиуса в модели ϕ^4 в зависимости от размера радиуса и частоты осцилляций [25]. Разработанная для повышения производительности расчетов множителей Флоке параллельная версия MatLab-скрипта позволила уменьшить время расчетов более чем в 10 раз. Вычисления проводились на платформе HybriLIT и с помощью СК «Говорун».

При активном участии сотрудников ЛИТ создан и динамично развивается каталог событий экспе-

Алматы, 11 ноября. Торжественное открытие нового кластера облачных вычислений ОИЯИ в ИЯФ (Казахстан)



рифта ATLAS (LHC) – EventIndex [26]. Сотрудники ЛИТ наиболее активно участвовали в модернизации системы: значительно улучшена система мониторинга, осуществлен переход на платформу Grafana, создана новая служба автоматического поиска и сбора событий (Event Picking Service), что позволило с наименьшими затратами ручного труда провести сбор событий для второго этапа анализа процесса рождения пар калибровочных

бозонов W при взаимодействии двух фотонов ($\gamma\gamma \rightarrow WW$).

В рамках программы сотрудничества ОИЯИ–Болгария с высокой точностью вычислены периодические приближенные решения задачи трех тел [27]. Исследования проводились на СК «Говорун» и кластере Nestum (София). Установлена высокоточная база данных из 462 орбит с тривиальной хореографией, включая 397 новых.

18–19 апреля. Весенняя школа по информационным технологиям ОИЯИ



20 октября. Осенняя школа по информационным технологиям.
Победители хакатона по параллельным вычислениям



ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА НА УЧЕБНО-ТЕСТОВОМ ПОЛИГОНЕ

Учебно-тестовый полигон платформы HybriLIT в 2023 г. активно использовался для проведения как учебных семестровых курсов, так и школ и рабочих совещаний. На базе полигона проходили учебные курсы в рамках Осенней школы по информационным технологиям ОИЯИ, рабочего совещания «Современные информационные технологии в биологии и медицине», 5-й Международной летней школы молодых ученых «Современные информационные технологии для решения научных и прикладных задач» (СОГУ), 16-й Международной стажировки молодых ученых стран СНГ, в которых приняли участие 210 слушателей. Для проведения

выездных учебных курсов и для проведения семинаров в университете «Дубна» был развернут «Мобильный кластер HybriLIT». В семестровых учебных курсах по IT-дисциплинам «Архитектура и технологии высокопроизводительных систем», «Параллельные распределенные вычисления», «Языки и технологии анализа данных», «Технологии высокопроизводительных вычислений», «Программные средства математических вычислений», проводимых в университете «Дубна» и ТвГУ, приняли участие 310 студентов. Также на базе платформы HybriLIT было подготовлено 5 бакалаврских работ и 7 магистерских диссертаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baginyan A., Balandin A., Dolbilov A., Golunov A., Gromova N., Kashunin I., Korenkov V., Mitsyn V., Pelevanyuk I., Shmatov S., Strizh T., Trofimov V., Vorontsov A., Voytishin N. JINR Grid Infrastructure: Status and Plans // Proc. of the 10th Intern. Conf. "Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education" (GRID'2023), Dubna, July 3–7, 2023; Phys. Part. Nucl. 2024. V. 55, No. 3. P. 355–359.
2. Gertsenberger K., Pelevanyuk I. BM@N Run 8 Data Production on a Distributed Infrastructure with DIRAC // Proc. of the XXVII Intern. Sci. Conf. of Young Scientists and Specialists (AYSS-2023); Phys. Part. Nucl. Lett. (submitted).
3. Champish D., Ilina A., Pelevanyuk I. System for Analysis of the Performance of Scientific Jobs in Distributed Systems // Proc. of the 10th Intern. Conf. "Distributed Computing and Grid Technologies in Science

- and Education" (GRID'2023), Dubna, July 3–7, 2023; Phys. Part. Nucl. 2024. V. 55, No. 3.
4. Balashov N., Kuprikov I., Kutovskiy N., Makhalkin A., Mazhitova Ye., Pelevanyuk I., Semenov R., Shpotya D. Changes and Challenges at the JINR and Its Member States Cloud Infrastructures // Proc. of the 10th Intern. Conf. "Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education" (GRID'2023), Dubna, July 3–7, 2023; Phys. Part. Nucl. 2024. V. 55, No. 3. P. 366–370.
 5. Balashov N. JINR Container Distribution Service // Proc. of the 10th Intern. Conf. "Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education" (GRID'2023), Dubna, July 3–7, 2023; Phys. Part. Nucl. 2024. V. 55, No. 3.
 6. Busa J., Jr., Bychkov A., Hnatič S., Krylov A., Krylov V., Rogachevsky O. MPD Data Lab: Towards the Modern Data Analysis Framework for the MPD Experiment // Proc. of the 25th Intern. Baldin Seminar on High Energy Physics Problems "Relativistic Nuclear Physics & Quantum Chromodynamics", Dubna, Sept. 18–23, 2023; Phys. Part. Nucl. (submitted).
 7. Papoyan V., Aparin A., Ayriyan A., Grigorian H., Korobitsin A., Mudrokh A. Machine Learning Application for Particle Identification in MPD // Phys. Part. Nucl. 2023. V. 86, No. 5. P. 869–873.
 8. Greben N., Romanychev L., Oleynik D., Degtyarev A. SPD On-line Filter: Workload Management System and Pilot Agent // Proc. of the 10th Intern. Conf. "Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education" (GRID'2023), Dubna, July 3–7, 2023; Phys. Part. Nucl. 2024. V. 55, No. 3. P. 612–614.
 9. Соловьев А. Г., Соловьева Т. М., Ку克林 А. И., Балашову М. Разработка веб-приложения для фитирования данных спектрометра малоуглового рассеяния нейтронов // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2023): Короткие статьи и описания плакатов. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2023. С. 206–214.
 10. Galoyan A., Ribon A., Uzhinsky V. Towards Study of Two-Particle PT Correlations in Hadronic Interactions at NICA // MPDI Phys. 2023. V. 5, No. 3. P. 823–831.
 11. Blaschke D., Friesen A., Kalinovskiy Yu. Cancellation of the Sigma Mode in the Thermal Pion Gas by Quark Pauli Blocking // Symmetry. 2023. V. 15, No. 3. P. 711.
 12. Lakhno V. D., Amirkhanov I. V., Volokhova A. V., Zemlyanaya E. V., Puzyrin I. V., Puzyrina T. P., Rikhvitskii V. S., Bashashin M. V. Dynamic Model of the Polaron for Studying Electron Hydration // Phys. Part. Nucl. 2023. V. 54, No. 5. P. 869–883.
 13. Kurakin S., Badreeva D., Dushanov E., Shutikov A., Efimov S., Timerova A., Kučerka N. Arrangement of Lipid Vesicles and Bicelle-Like Structures Formed in the Presence of A β (25–35) Peptide // BBA — Biomembranes. 2024. V. 1866, No. 1. 184237.
 14. Lukyanov V. K., Zemlyanaya E. V., Lukyanov K. V., Abdul-Magead I. Theoretical Analysis of Pion–Nucleus Scattering at Energies of the (3,3) Pion–Nucleon Resonance // Phys. Part. Nucl. 2023. V. 54, No. 4. P. 734–755.
 15. Амирханов И. В., Сархадов И., Тухлиев З. К. Численные результаты тепловых процессов, возникающих в материалах при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов. Препринт ОИЯИ Р11-2023-52. Дубна, 2023; Поверхность. Рентген., синхротрон. и нейтрон. исследования (направлена).
 16. Gusev A. A., Chuluunbaatar O., Derbov V. L., Nazmidinov R. G., Vinitsky S. I., Wen P. W., Lin C. J., Jia H. M., Hai L. L. Symbolic-Numerical Algorithm for Solving the Problem of Heavy Ion Collisions in an Optical Model with a Complex Potential // Lect. Not. Comput. Sci. 2023. V. 14139. P. 128–140.
 17. Yukalov V. I., Yukalova E. P. Statistical Model of a Superfluid Solid // Phys. Lett. A. 2023. V. 457. 128559-9.
 18. Adam G., Adam S. The Pivotal Role of Input Validation for Robust and Reliable Bayesian Automatic Adaptive Quadrature // 2023 Intern. Conf. on Advanced Sci. Comput. (ICASC), Cluj-Napoca, Romania, 2023. P. 1–6; doi: 10.1109/ICASC58845.2023.10328030.
 19. Tarasov O. V. Calculation of One-Loop Integrals for Four-Photon Amplitudes by Functional Reduction Method // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20, No. 3. P. 287–291.
 20. Khvedelidze A., Torosyan A. On the Hierarchy of Classicality and Symmetry of Quantum States // Zapiski Nauch. Seminarov POMI. 2023. V. 528. P. 238–260.
 21. Zrelon P. V., Nikiforov D. N., Reshetnikov A. G., Ulyanov S. V. Quantum Intelligent Control of Nitrogen Pressure in a Cryogenic Facility of Magnet Plant Test Bench // Phys. Part. Nucl. (submitted).
 22. Рахмонов И. Р., Рахмонова А. Р., Стрельцова О. И., Зуев М. И. Python-инструментарий для моделирования динамики джозефсоновского перехода под воздействием внешнего излучения. <http://studhub.jinr.ru:8080/jjbook>.
 23. Uzhinskiy A. Advanced Technologies and Artificial Intelligence in Agriculture // Appl. Math. 2023. V. 3, No. 4. P. 799–813.
 24. Кореньков В. В., Пряхина Д. И., Трофимов В. В. Программный комплекс для создания цифровых двойников распределенных центров сбора, хранения и обработки данных // Росреестр программ для ЭВМ. 2023. № 2023667305.
 25. Alexeeva N. V., Barashenkov I. V., Bogolubskaya A. A., Zemlyanaya E. V. Understanding Oscillons: Standing Waves in a Ball // Phys. Rev. D. 2023. V. 107. 076023.
 26. Barberis D., Aleksandrov I., Alexandrov E. et al. The ATLAS EventIndex: A BigData Catalogue for All ATLAS Experiment Events // Comput. Software Big Science. 2023. V. 7, No. 2. P. 1–21.
 27. Hristov I., Hristova R., Puzyrin I., Puzyrina T., Sharipov Z., Tukhliev Z. A Database of High Precision Trivial Choreographies for the Planar Three-Body Problem // Lect. Not. Comput. Sci. 2023. V. 13858. P. 171–180.

ЛАБОРАТОРИЯ РАДИАЦИОННОЙ БИОЛОГИИ

В 2023 г. в лаборатории продолжены исследования по темам 04-9-1077-2009/2023 «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий» и

04-9-1112-2013/2023 «Исследование космического вещества на Земле и в ближайшем космосе, исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли».

МОЛЕКУЛЯРНАЯ РАДИОБИОЛОГИЯ

Исследовано модифицирующее влияние ингибитора репаративного синтеза ДНК — арабинозидцитозина (АраЦ) — на формирование радиационно-индуцированных двуниевых разрывов (ДР) ДНК в нормальных и опухолевых клетках *in vitro* [1]. Показано, что при облучении протонами в присутствии АраЦ количество ДР ДНК увеличивается со временем пострадиационной инкубации вплоть до 24 ч в 6 и 3 раза в ядрах фибробластов и глиобластомы соответственно по сравнению с количеством ДР ДНК в клетках без ингибитора. Величина фактора изменения дозы по критерию летального действия протонов на клетки глиобластомы в присутствии АраЦ составляет 1,75, что свидетельствует о значительном радиосенсибилизирующем эффекте действия АраЦ на клетки глиобластомы U87 (рис. 1).

Методом ДНК-комет исследованы индукция и репарация ДР ДНК в лимфоцитах периферической крови человека при действии рентгеновских лучей в дозах 0–10 Гр *in vitro* на установке Precision CellRad (5 мА, 130 кВ, 1,5 Гр/мин) в обычных условиях и в присутствии АраЦ. Показана большая эффективность формирования ДР ДНК в условиях действия АраЦ, значение фактора измененной дозы составило 1,39. Отмечено, что в течение 6 ч пострадиационной инкубации количество ДР ДНК в условиях влияния ингибитора непрерывно растет и к 6-му часу превышает контрольный уровень повреждений в 9,2 раза.

Проведена оценка комбинированного действия АраЦ и SCR7 — ингибитора репаративного фермента лигазы IV при облучении протонами в дозе 1,25 Гр на индукцию ДР ДНК в клетках ме-

Рис. 1. а) Кинетика формирования и элиминации γ H2AX/53BP1-фокусов в ядрах клеток фибробластов кожи человека, облученных протонами в дозе 1,25 Гр в обычных условиях (●) и в присутствии АраЦ (■). б) Кинетика формирования и элиминации γ H2AX/53BP1-фокусов в ядрах клеток глиобластомы U87, облученных протонами в дозе 1,25 Гр в обычных условиях (●) и в присутствии АраЦ (■). в) Выживаемость клеток глиобластомы U87 при облучении протонами в расширенном пике Брэгга в условиях влияния АраЦ (20 мкмоль)

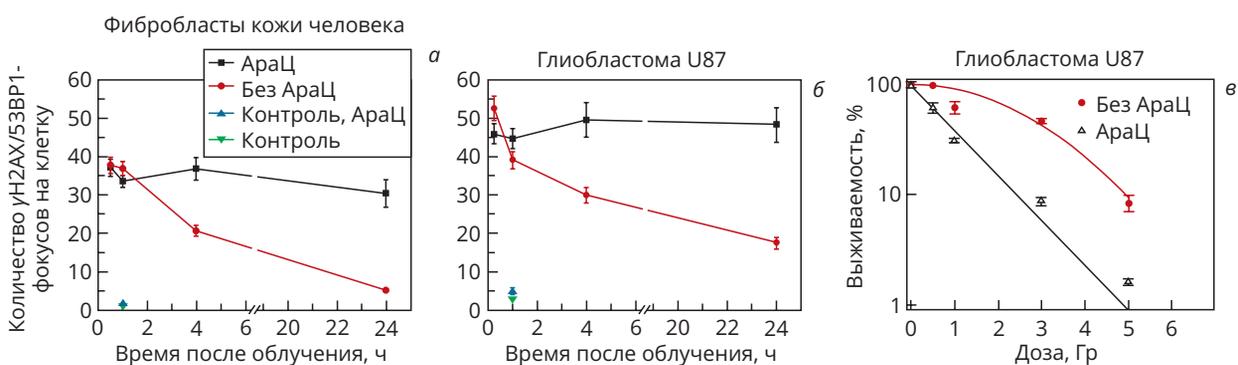
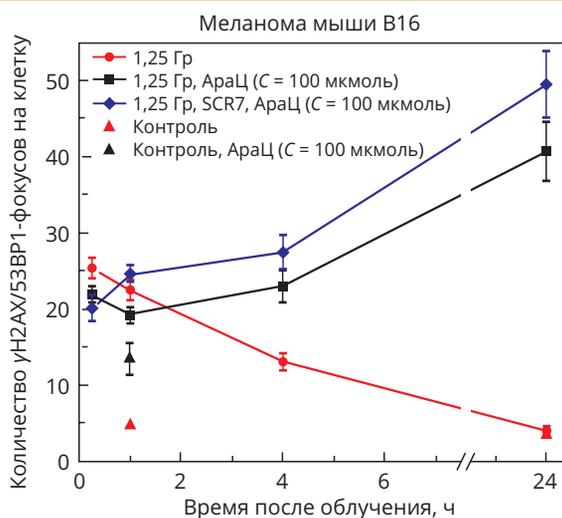


Рис. 2. Кинетика формирования и элиминации уН2АХ/53BP1-фокусов в ядрах клеток меланомы мыши В16, облученных протонами в дозе 1,25 Гр в обычных условиях (●), в присутствии АраЦ в концентрации 100 мкмоль (■) и комбинации АраЦ (100 мкмоль) и SCR7 (◆)



ланомы мыши В16 *in vitro*. Отмечен существенный рост количества ДР ДНК в присутствии комбинации двух модификаторов — АраЦ и SCR7. Сравнительный анализ показал, что число ДР ДНК в клетках меланомы после облучения протонами в присутствии АраЦ и комбинации ингибиторов АраЦ (100 мкмоль) и SCR7 через 24 ч резко увеличивается — в 10 и 12,5 раз соответственно (рис. 2).

Исследованы закономерности и молекулярно-клеточные механизмы комбинированного действия АраЦ и фракционированного протон-

ного излучения на мышиную меланому линии В16 *in vivo*. Средний объем опухолей при комбинированном воздействии по сравнению с облучением протонами без модификатора снижался в 1,7–3,4 раза в разные сроки наблюдения ($p < 0,05$) (рис. 3, а). В группе комбинированного воздействия у 13 % животных зарегистрирована кратковременная регрессия первичного очага меланомы и отмечена длительная выживаемость вплоть до окончания наблюдения. На молекулярном уровне показано, что количество ДР ДНК через 2 сут после завершения сеансов облучения в опухолевых клетках достоверно превышает уровень ДР ДНК при радиационном воздействии без модификатора (рис. 3, б). Показано, что введение АраЦ усиливает противоопухолевое действие протонного излучения путем реализации нескольких механизмов, среди которых уменьшение количества опухолевых стволовых клеток, угнетение пролиферации клеток и ангиогенеза в опухоли на фоне изменения иммунного ответа в первичном очаге и его инфильтрации лимфоцитами [2, 3].

Выполнен анализ формирования ДР ДНК в зрелых нейронах и нейрональных стволовых клетках (НСК) первичной культуры гиппокампа крыс после облучения ^{15}N (180 кэВ/мкм) в дозе 1,25 Гр. Кинетика формирования ДР ДНК характеризуется кривой с максимумом на 4-й час с последующим снижением ДР ДНК, протекающим с одинаковой скоростью в обоих клеточных типах. По достижении 24 ч остаточный уровень ДР ДНК составляет 35 и 40 % от максимума для зрелых нейронов и НСК соответственно. Изучены закономерности формирования кластеров радиационно-индуцированных фокусов (РИФ) в зрелых нейронах первичной культуры гиппокампа крыс при действии излучений с разными физи-

Рис. 3. а) Изменение размеров первичного очага меланомы мыши В16 в разные сроки после облучения протонами и комбинированного действия протонного излучения на фоне АраЦ в сравнении с контролем. Сеансы облучения в дозе 10 Гр отмечены вертикальными стрелками, * — $p < 0,001$ по сравнению с контролем. **б)** Количество ДР ДНК в первичном очаге мышинной меланомы В16 через 2 сут после облучения протонами и комбинированного воздействия АраЦ и протонов в дозе 10 Гр

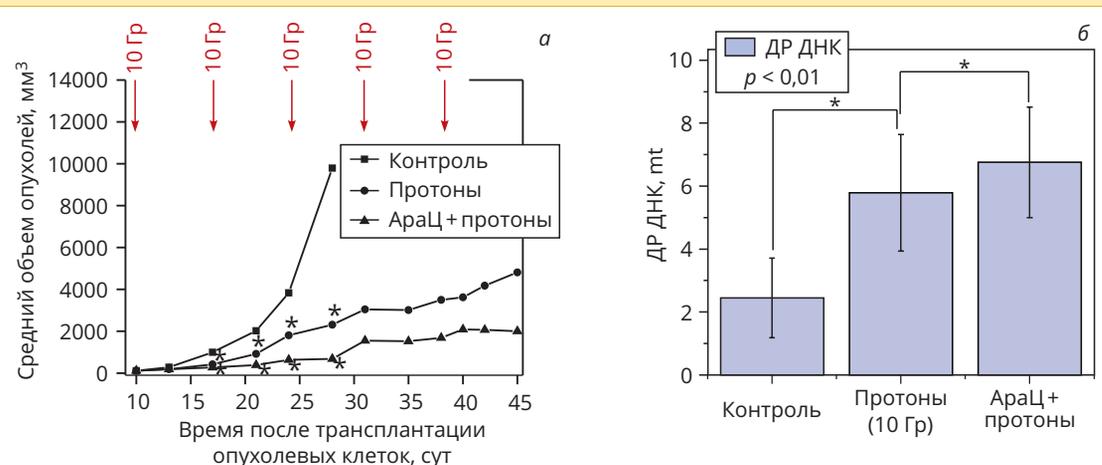
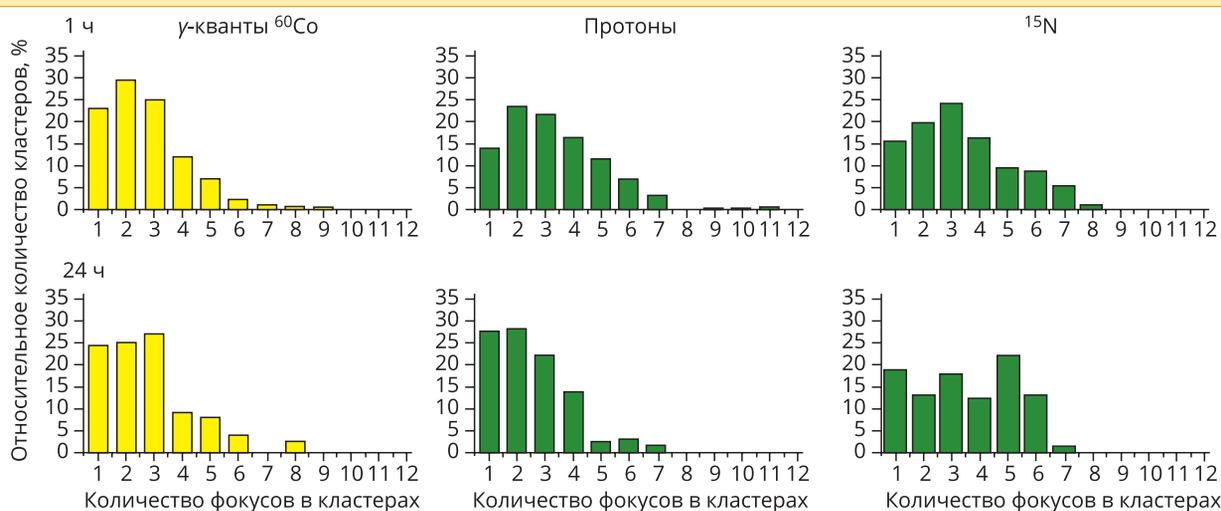


Рис. 4. Структура сложноорганизованных кластеров фокусов в зрелых нейронах первичной культуры гиппокампа через 1 и 24 ч после облучения γ -квантами, протонами (170 МэВ) и ионами ^{15}N (180 кэВ/мкм) в дозе 1,25 Гр. По оси абсцисс — количество индивидуальных фокусов, входящих в сложноорганизованный кластер, по оси ординат — относительное количество кластеров определенной сложности от всего объема РИФ, проанализированных в 3D-геометрии



ческими характеристиками. Показано, что с ростом линейной передачи энергии (ЛПЭ) излучений происходит смещение пика формирования

РИФ на более поздние сроки после облучения, а также увеличивается сложность кластеров РИФ (рис. 4).

РАДИАЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА И ЦИТОГЕНЕТИКА

Выполнен анализ формирования хромосомных aberrаций в клетках карциномы человека линии Cal51 и нормальных лимфоцитах периферической крови человека при облучении фотонами и протонами (150 МэВ и в пике Брэгга) с использованием метафазного метода. С помощью метода преждевременной конденсации хроматина оценена доля успешно восстановленных разрывов хроматина через 12 ч после облуче-

ния. При действии γ -квантов в опухолевых клетках выявлена более эффективная репарация разрывов хроматина по сравнению с нормальными клетками, чем при облучении протонами (рис. 5). Результаты указывают на предпочтительность применения пучков протонов в лучевой терапии карциномы молочной железы [4].

В сотрудничестве с Медицинским радиологическим научным центром им. А. Ф. Цыба (Обнинск) проведено цитогенетическое исследование побочного действия радиойодтерапии опухолей щитовидной железы [5]. С помощью метода mFISH впервые показано, что под действием радиофармпрепаратов йода индуцируются в клетках крови преимущественно нестабильные хромосомные aberrации, тогда как уровень стабильных хромосомных aberrаций, являющихся возможным триггером вторичного канцерогенеза, растет незначительно (рис. 6).

Проведена оценка выхода клеток с хромосомными aberrациями в разные сроки наблюдений (до 40 сут) после облучения клеток китайского хомячка γ -квантами ^{60}Co в интервале доз от 0,5 до 7 Гр. Максимальный выход aberrаций фиксировали через 12 ч после облучения (рис. 7).

Проведено исследование цитогенетических нарушений, возникающих в лимфоцитах крови обезьян *Macaca mulatta* при краниальном облучении ускоренными ионами ^{78}Kr в дозе 3 Гр (рис. 8). Цитогенетический анализ лимфоцитов

Рис. 5. Эффективность репарации разрывов хроматина в нормальных лимфоцитах человека и клетках карциномы линии Cal51

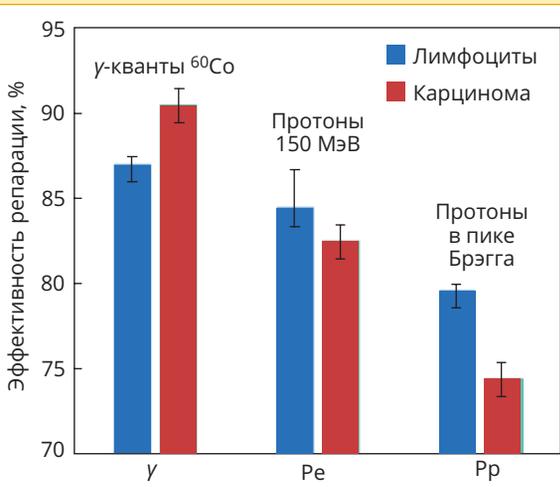


Рис. 6. Частота aberrантных клеток в лимфоцитах крови при четырехкратном введении препарата ^{131}I . Светлые символы — % стабильных aberrантных клеток; темные — % aberrантных клеток

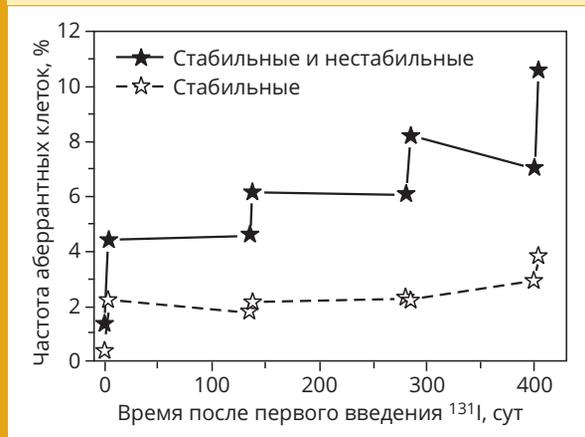


Рис. 7. Дозовая зависимость частоты образования клеток с хромосомными aberrациями (а) и общего числа хромосомных aberrаций (б) в клетках китайского хомячка в разные сроки пострadiaционного периода

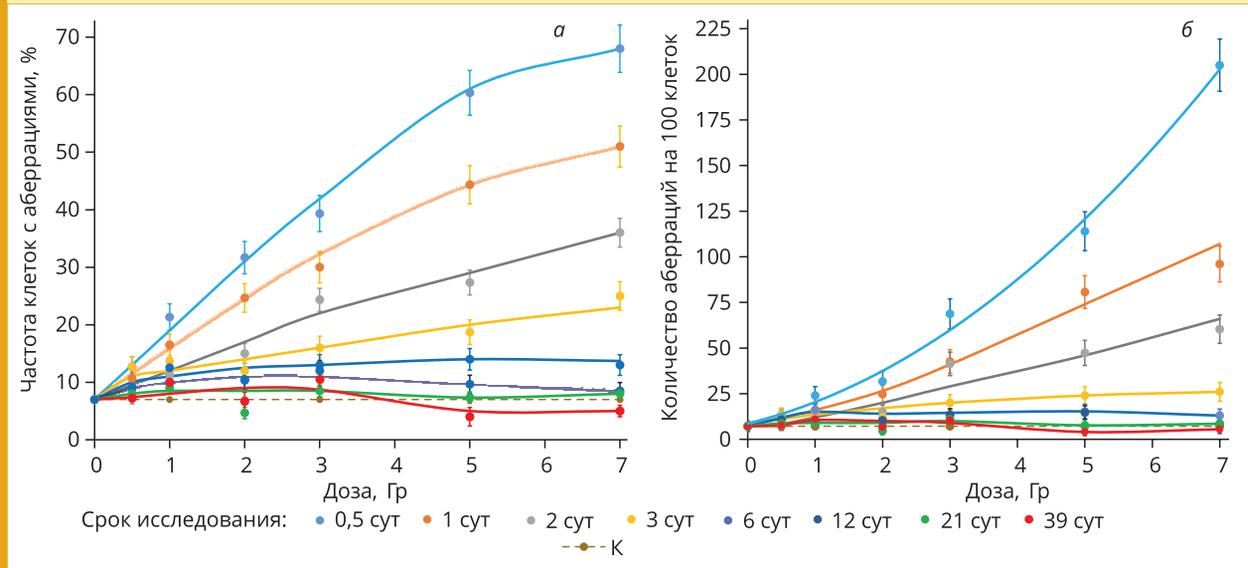


Рис. 8. Динамика выхода клеток с хромосомными aberrациями после локального облучения области гиппокампа обезьян *Macaca mulatta* ионами ^{78}Kr

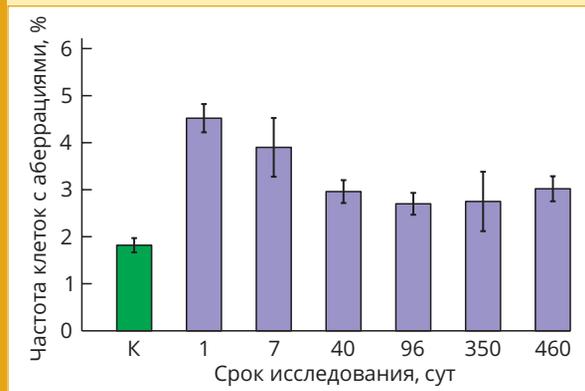
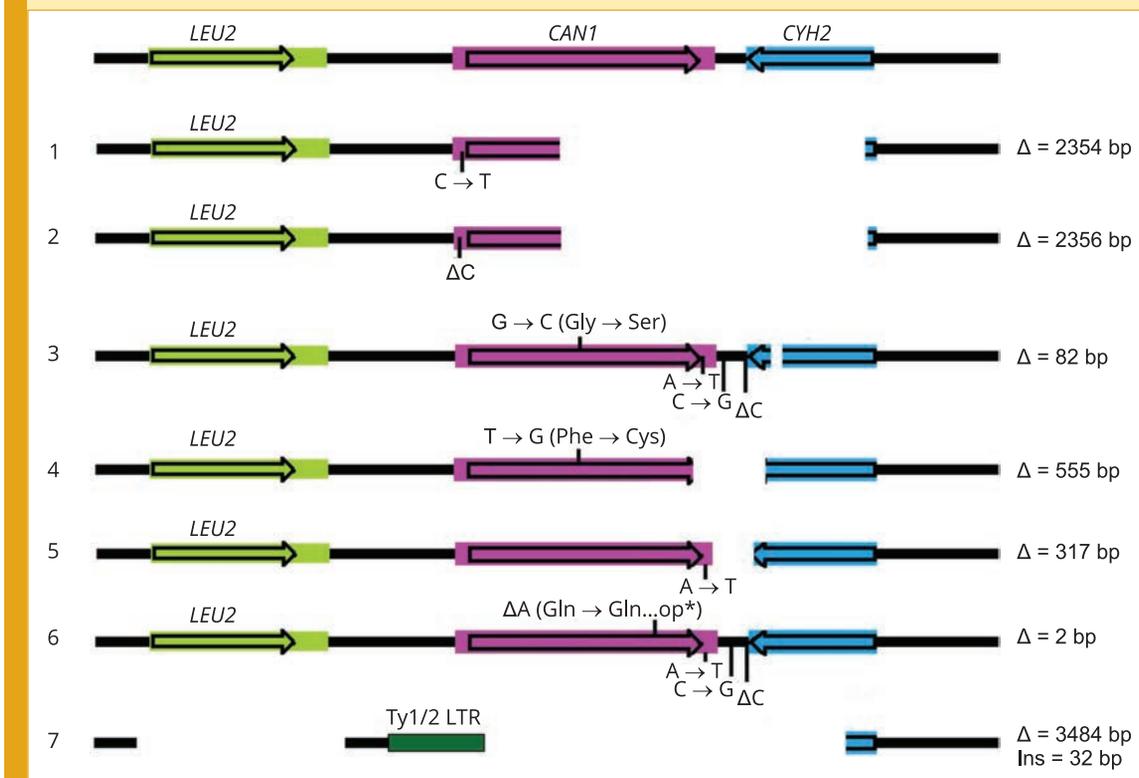


Рис. 9. Схема делеций, захватывающих два (1–6) или три (7) гена, на плазмиде YCrpL2 (13,8 тпн). Сверху обозначены значимые замены пар оснований; снизу — нейтральные; зеленым цветом — вставка фрагмента Ty1/2 LTR



периферической крови облученных животных выявил максимальный уровень хромосомных нарушений через сутки после облучения (превышал контрольный в 2,5 раза). В последующие сроки наблюдений уровень aberrаций снизился, но к 460-м суткам исследования по-прежнему превышал в 1,7 раза контрольный уровень. В ходе анализа биохимических, гематологических показателей крови животных и неврологических проявлений была отмечена корреляция ряда биохимических и гематологических показателей с проявлением неврологических реакций, выраженных в отклонениях от стандартного поведения обезьян у некоторых из облученных животных.

Проведен анализ спектров генных мутаций, индуцированных γ -квантами и ускоренными тя-

желыми ионами. В спектрах мутаций преобладали замены пар оснований, выпадение одного нуклеотида и комплексные мутации, представляющие собой комбинацию замены и делеции в пределах одного витка ДНК. Показано, что тяжелые ионы индуцируют комплексные мутации более эффективно. Для анализа структурных перестроек использовалась плазмидная система. С помощью генетического, электрофоретического и рестрикционного анализа определялись размер и локализация индуцированных повреждений. Секвенирование плазмидной ДНК у 9 мутантов, которые утратили участки ДНК, затрагивающие два (8 мутантов) и три (1 мутант) гена, показало точную локализацию и размер делеций (рис. 9).

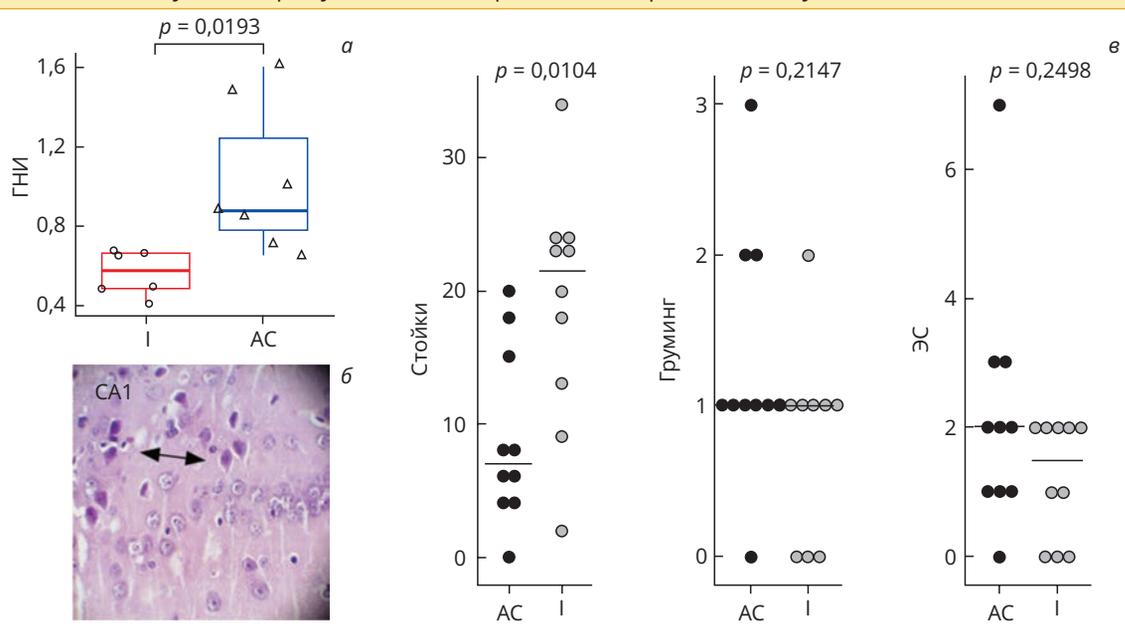
РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Исследовано влияние облучения γ -квантами ^{60}Co в дозе 2 Гр на поведенческие реакции, иммуногематологический статус и морфофункциональные изменения нейронов в центральной нервной системе 7-месячных мышей линии ICR [6]. Выявлены различия в поведении облученных животных с использованием тест-системы «Открытое поле», выраженные в увеличении числа стоек и изменении стратегии двигатель-

ной активности. После облучения наблюдалось развитие лейкопении и уменьшение глионейронального индекса в паренхиме головного мозга мышей (рис. 10).

Ведется разработка программного продукта «Интеллектуальная система анализа поведенческих паттернов». Программное обеспечение на основе нейросетевых алгоритмов для автоматизированной обработки видеоданных,

Рис. 10. Влияние однократного γ -облучения ^{60}Co в дозе 2 Гр на 7-месячных мышей-самцов линии ICR через 30 сут после облучения: а) глионейрональный индекс (ГНИ); б) диффузно-рассеянные темные нейроны в области CA1 гиппокампа; в) изменения стоек, груминга и эмоционального статуса (ЭС) грызунов. AC — возрастной контроль, I — облучение



Радиобиологические исследования, связанные с изучением воздействия радиации на поведенческие реакции лабораторных животных



полученных в результате выполнения поведенческих экспериментов с мелкими лабораторными животными с использованием специали-

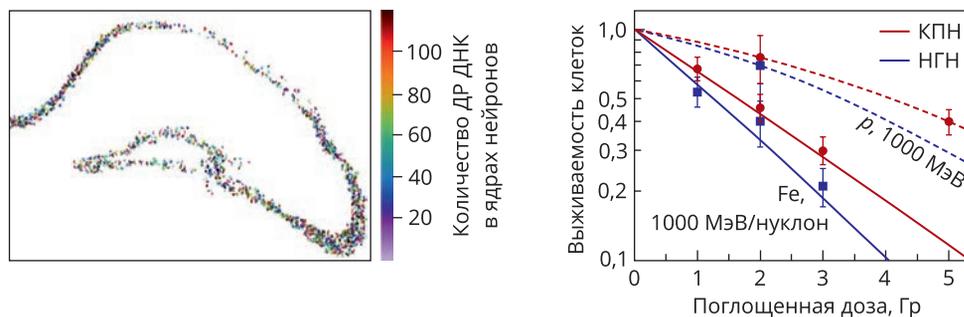
зированных стандов, позволяет осуществлять автоматическое детектирование и классификацию специфических форм поведения.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ

На основе разработанной модели с использованием пакета GEANT4-DNA проанализированы закономерности формирования и состав кластеров радиационно-индуцированных повреждений ДНК в клетках млекопитающих и чело-

века. Смоделировано повреждающее действие адронной компоненты спектра галактических космических лучей на клеточные структуры гиппокампа мозга грызунов (рис. 11). Показано, что более 70 % одностранных разрывов ДНК вызва-

Рис. 11. Пространственное распределение индукции ДР ДНК в ядрах нейронов гиппокампа при действии ионов железа флюенсом $1,7 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$ (слева) и выживаемость клеток-предшественников нейронов (КПН, красные линии, ●) и незрелых гранулярных нейронов (НГН, синие линии, ■) при облучении протонами (штриховые линии) и ионами железа (сплошные линии) с энергией 1000 МэВ/нуклон (справа)



но действием протонов, в то время как сложные кластеры ДР ДНК формируются преимущественно за счет действия ионов железа [7]. На основе данных о повреждениях ДНК в ядрах нервных клеток рассчитаны выживаемости радиочувствительной популяции недифференцированных нейронов субгранулярной зоны гиппокампа при облучении тяжелыми заряженными частицами (см. рис. 11, справа).

На основе разработанной математической модели радиационно-индуцированного нарушения нейрогенеза рассчитано изменение количества новообразованных нейронов в отдаленные сроки после облучения взрослых мышей линии C57BL/6J ускоренными ионами ^{12}C (1000 МэВ/нуклон), ^{28}Si (300 МэВ/нуклон) и ^{56}Fe (1000 МэВ/нуклон) [8].

Предложена математическая модель, сочетающая две основные концепции теории роста опухоли: стохастический рост и присутствие субпопуляции опухолевых стволовых клеток [9]. На основе этой модели интерпретированы экс-

периментальные данные по торможению роста опухоли меланомы B16 *in vivo* при облучении протонами в комбинации с АраЦ.

Проведено молекулярно-динамическое моделирование рецепторов NMDA и AMPA, содержащих модифицированные аминокислотные остатки. В ходе моделирования электрофизиологической активности нейронов с модифицированной структурой глутаматных рецепторов определены изменения проводимости ионного канала глутаматных рецепторов и локального потенциала в зависимости от типа и локализации повреждения. При модификациях *Tyr731Niy*, *Cys765Ocs* в NMDA, *Met407Omt*, *Met585Omt* в AMPA-глутаматном рецепторе в нейронной сети наблюдается возрастание амплитуды тета-ритма. В случае повреждений одного *Tyr732Niy* в AMPA, а также двойных повреждений *Tyr731Niy-Tyr732Niy* и *Cys765Ocs-Met585Omt* в NMDA и AMPA происходит увеличение амплитуды ритма γ -частотного диапазона.

АСТРОБИОЛОГИЯ

Продолжено микропалеонтологическое исследование углистых хондритов Мурчисон, Альенде, Джбилет Винсельван, Оргей и др., а также образцов нижнепротерозойских гнейсов с помощью сканирующего электронного микроскопа с рентгеновским микроанализатором. В ходе изучения образцов метеоритов были обнаружены новые находки остатков прокариотических (нити, чехлы) и эукариотических (деформиро-

ванные формы округлого очертания со складками смятия) микроорганизмов. Показано, что фоссилизированные микроорганизмы могут сохраняться в метаморфических породах. Сделаны обзоры исследований по проблематикам бактериальной палеонтологии, возникновения гомохиральности и абиогенного синтеза пребиотических соединений [10, 11].

ФИЗИКА ЗАЩИТЫ И РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Продолжена разработка новых подходов к моделированию смешанного поля излучения на ускорителях заряженных частиц для проведения радиобиологических экспериментов. Зареги-

стрировано программное обеспечение [12] оптимизации параметров модели облучательной установки, имитирующей поле смешанного излучения на ускорителях заряженных частиц.

19–20 октября. Участники международной конференции «Актуальные проблемы радиационной биологии» на экскурсии в лаборатории



Данное программное обеспечение включает в себя весь необходимый функционал для обработки данных, полученных методом Монте-Карло в программах транспорта ионизирующего излучения, приведения их в нужный формат, оптимизации параметров и определения качества модели, а также имеет в своем составе средства для визуализации, построения графиков и автоматической генерации отчета по полученным результатам.

Создан прототип дозиметра с пропорциональным гелиевым счетчиком высокоэнергетических нейтронов с энергией в диапазоне от

100 эВ до 1 ГэВ для измерения амбиентной дозы нейтронов в полях излучения ускорителей ОИЯИ. Разработан новый метод восстановления энергетического спектра потока нейтронов по показаниям спектрометра Боннера регуляризованным методом разложения спектра по полиномам Лежандра [13, 14].

Ведутся расчеты радиационных условий в помещениях ускорительного комплекса NICA и в измерительном павильоне корпуса № 1 для прикладных исследований на станциях ИСКРА и СИМБО при проведении плановых сеансов.

КОНФЕРЕНЦИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

В течение 2023 г. сотрудники лаборатории приняли участие в 27 международных и российских научных конференциях.

19–20 октября в Дубне состоялась международная конференция «Актуальные проблемы радиационной биологии. Молекулярно-генетические исследования в радиобиологии — к 70-летию открытия структуры ДНК». В ее работе приняли участие более 100 ученых-радиобиологов

из Азербайджана, Армении, Белоруссии, России и Сербии. К началу конференции опубликован сборник материалов (Дубна: ОИЯИ, 2023. 129 с.).

Продолжался учебный процесс на кафедре «Биофизика» университета «Дубна». В настоящее время на кафедре обучаются 24 студента и 6 аспирантов. 5 студентов успешно закончили обучение и получили диплом магистра по направлению «Физика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борейко А. В., Заднепрянец М. Г., Чаусов В. Н., Храдко Т. С., Кожина Р. А., Кузьмина Е. А., Туунчик С. И., Красавин Е. А. Комбинированное действие ингибиторов синтеза ДНК и ускоренных протонов на клетки злокачественных опухолей // Письма в ЭЧАЯ. 2023. Т. 20, № 4(249). С. 698–708.
2. Zamulaeva I. A., Matchuk O. N., Selivanova E. I., Yakimova A. O., Mosina V. A., Koryakin S. N., Kaprin A. D., Boreyko A. V., Bugay A. N., Chausov V. N., Krasavin E. A. Radiobiological Effects the Combined Action of 1- β -D-arabinofuranosylcytosine and Proton Radiation on B16 Melanoma *in vivo* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2023. V. 20, No. 1. P. 63–75.
3. Патент 2798733 РФ. Способ повышения эффективности действия протонной терапии на стволовые клетки меланомы / Матчук О. Н., Борейко А. В., Бугай А. Н., Замулаева И. А., Каприн А. Д., Корякин С. Н., Красавин Е. А., Мосина В. А., Селиванова Е. И., Соловьев А. Н., Чаусов В. Н., Якимова А. О. Опубл. 23.06.2023. Бюл. № 18.
4. Kowalska A., Nasonova E., Kutsalo P., Czernski K. Chromosomal Radiosensitivity of Human Breast Carcinoma Cells and Blood Lymphocytes Following Photon and Proton Exposures // Radiat. Environ. Biophys. 2023. V. 62. P. 151–160.
5. Khvostunov I., Nasonova E., Krylov V., Rodichev A., Kochetova T., Shepel N., Korovchuk O., Kutsalo P., Shegai P., Kaprin A. Cytogenetic Damage Induced by Radioiodine Therapy: A Follow-Up Case Study // Intern. J. Mol. Sci. 2023. V. 24, No. 6. P. 5128.
6. Kolesnikova I. A., Lalkovičova M., Severyukhin Yu. S., Golikova K. N., Utina D. M., Pronskikh E. V., Despotović S. Z., Gaevsky V. N., Pirić D., Masnikosa R., Budenaya N. N. The Effects of Whole Body Gamma Irradiation on Mice, Age-Related Behavioral, and Pathophysiological Changes // Cel. Mol. Neurobiol. 2023. V. 43, No. 7. P. 3723–3741.
7. Batmunkh M., Bugay A. N., Bayarchimeg L., Lkhagva O. Evaluation of Neuronal Damage after Irradiation with Accelerated Particles // Proc. of Neuroscience — Multidisciplinary Platform. Mon. Acad. of Sci., Brain and Mind Inst. Ulaanbaatar, 2023.
8. Глебов А. А., Колесникова Е. А., Бугай А. Н. Анализ влияния дозозависимых эффектов облучения тяжелыми частицами ^{12}C , ^{28}Si и ^{56}Fe на нейрогенез у взрослых мышей C57BL/6J // Письма в ЭЧАЯ. 2024 (в печати).
9. Лесовая Е. Н., Садыкова О. Г., Лобачевский П. Н. Моделирование динамики гетерогенной опухоли. Влияние облучения протонами отдельно и в сочетании с ингибитором синтеза ДНК — АраЦ // Актуал. вопр. биол. физики и химии. 2023. Т. 8, № 4. С. 401–407.
10. Розанов А. Ю. Бактериальная палеонтология сегодня и завтра // Вестн. РАН. 2023. Т. 9, № 9. С. 806–813.
11. Сапрыкин Е. А., Афанасьева А. Н., Саратовова В. В., Котов А. Б., Рюмин А. К., Капралов М. И. Находки микрофоссилий в нижнепротерозойских гнейсах // Палеонтол. журн. 2024 (в печати).
12. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Программа оптимизации параметров модели облучательной установки, имитирующей поле смешанного излучения на ускорителях заряженных частиц / Гордеев И. С. Объединенный институт ядерных исследований. № 2023667527; заявл. 07.08.2023; опубл. 15.08.2023, 2023666479 (Российская Федерация).
13. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Программа восстановления нейтронных спектров по показаниям спектрометра Боннера / Бескровная Л. Г. Объединенный институт ядерных исследований. № 2024611064; заявл. 26.12.2023; опубл. 17.01.2024, 2023689679 (Российская Федерация).
14. Chizhov A., Chizhov K. Dose Assessment of Personnel Neutron Irradiation on High-Energy Accelerators Using a Multi-Sphere Bonner Spectrometer // Math. Modeling. 2023. V. 7, No. 2. P. 63–64.

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Торжественное открытие
нового здания Учебно-научного центра ОИЯИ



ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС НА БАЗЕ ОИЯИ

В 2023 г. был организован учебный процесс для студентов базовых кафедр МГУ, МИФИ, МФТИ, государственного университета «Дубна», СПбГУ и К(П)ФУ. Стажировки и практики в ОИЯИ прошли 550 студентов и аспирантов из университетов государств-членов ОИЯИ.

В 2023 г. УНЦ организовал процесс сдачи кандидатских экзаменов по специальности для девяти сотрудников ОИЯИ, прикрепленных к базовой кафедре МФТИ «Фундаментальные и прикладные проблемы физики микромира». С 2018 г. кандидатские экзамены на кафедре сдали 44 человека.

Для подготовки диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки в аспирантуре к ОИЯИ прикреплены 6 человек.

Программа INTEREST

В двух этапах онлайн-программы INTEREST 2023 г. (INTERNATIONAL REMOTE STUDENT TRAINING AT JINR) принимал участие 71 студент и аспирант научно-технических специальностей из Армении, Белоруссии, Бразилии, Великобритании,

Участники программы START знакомятся с суперкомпьютером «Говорун»



16 мая. 1-й этап Международной студенческой практики УНЦ для молодых специалистов из Арабской Республики Египет. Ознакомительная лекция в ЛЯР



Венгрии, Вьетнама, Египта, Индии, Кубы, Мексики, России, Саудовской Аравии, Сербии, Узбекистана. Программа предполагает работу над научными проектами в формате онлайн. Число участников программы с 2020 г. достигло 327. Информация о программе размещена на странице УНЦ <http://interest.jinr.ru/>.

Программа START

В зимней и летней сессиях программы START (STudent Advanced Research Training at JINR) (students.jinr.ru) принимали участие 62 студента из университетов России, Белоруссии, Египта, Кубы, Узбекистана, Армении, Мексики, Индии, Кувейта, Франции, Великобритании. В течение 6–8 недель участники очно выполняли исследовательские проекты под руководством сотрудников ОИЯИ. С 2014 г. в программе приняли участие 376 человек.

Международная студенческая практика

В мае и июне проведены 2 этапа международной практики для студентов из Египта и для студентов из ЮАР, всего участниками программы в 2023 г. стали 50 человек. Для студентов была подготовлена насыщенная образовательная и культурная программа, а также работа над

научными проектами по теоретической физике, наукам о жизни, радиобиологии, компьютерингу и машинному обучению, биофизике и физике частиц, инженерный практикум УНЦ. По итогам работы египетскими студентами в соавторстве с сотрудниками ЛНФ была подготовлена и издана статья в журнале «Nanomaterials».

Интенсивы для студентов

С 30 марта по 3 апреля и с 16 по 20 ноября в ОИЯИ проходили две школы по физике кварк-глюонной материи. Ее организаторами выступили УНЦ и базовая кафедра ОИЯИ «Фундаментальные и прикладные проблемы физики микромира» МФТИ. В школах принимали участие 65 студентов 1–4-х курсов, изучающих физику элементарных частиц, из МФТИ, МГУ, МИФИ, МГТУ им. Н. Э. Баумана, государственных университетов Санкт-Петербурга, Томска, Воронежа, Новосибирского государственного технического университета, ДВФУ и Белорусского государственного университета. В программу были включены лекции и экскурсии на коллайдер NICA, а также в ЛИТ. Одна из главных задач школы — заинтересовать будущих ученых наукой, которая делается в ОИЯИ, рассказать, какие научные перспективы открывает участие в экспериментах на комплексе NICA, которые готовятся к скорому запуску международным коллективом

7–23 июня. 2-й этап Международной студенческой практики УНЦ для молодых специалистов из ЮАР





коллекций MPD (Multi-Purpose Detector), SPD (Spin Physics Detector), и тех, которые уже идут на установке BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron).

Летняя научная школа-интенсив «Физика и техника ускорителей», организованная совместно ОИЯИ и Томским политехническим университетом (ТПУ), проходила с 4 июля. Школа была ориентирована на студентов 3–4-х курсов инженерно-физических специальностей технических университетов стран-участниц ОИЯИ, интересующихся современными ускорительными технологиями. Среди участников летней школы — 32 студента из Воронежа, Гомеля, Казани, Москвы, Новосибирска, Петрозаводска, Санкт-Петербурга, Саратова и Якутска. В течение четырех дней студенты слушали лекции ведущих ученых и профессоров из ОИЯИ, Томского политехнического университета, Института сильноточной электроники СО РАН, Института ядерной физики СО РАН. Программа, подготовленная совместно с ТПУ, охватывала широкий спектр тем в области ускорительной техники, знакомство с ускорительным комплексом NICA, циклотроном DC-280 и Фабрикой сверхтяжелых элементов.

Летняя школа ЮАР–ОИЯИ

С 16 января по 4 февраля в Южно-Африканской Республике проходила очередная Летняя школа ЮАР–ОИЯИ. Трехнедельная программа школы включала лекции по ускорительной технике, ядерной физике, быстрым тяжелым ионам в радиационном материаловедении, ядерной медицине, вычислительной технике в физике высоких энергий, использованию нейтронов в науках о жизни, нанонауке и многому другому.

36 студентов из 10 южноафриканских университетов собрались в Лаборатории iThemba, тра-

диционном месте проведения школы. 19 сотрудников ЛФВЭ, ЛЯР, ЛНФ, ЛЯП и УНЦ познакомили участников с историей ОИЯИ, образовательной программой и возможностями для молодежи в ОИЯИ, представили лекции, провели семинары-практикумы и выставочные демонстрации. Перед участниками выступили также преподаватели из 11 африканских университетов и других учебных заведений.

Образовательные вопросы и программы подготовки кадров на международных встречах

Доклады о международном научном сотрудничестве и программах подготовки кадров, а также о взаимных визитах и возможностях для студентов и молодых ученых были представлены на следующих международных встречах:

- 22-я Международная стажировка для научно-административного персонала JEMS, 24–28 апреля;
- Восьмая Академическая конференция по естественным наукам для молодых ученых, магистров и аспирантов из стран ASEAN (Ассоциации государств Юго-Восточной Азии) в г. Винь (Вьетнам), 28–30 августа;
- 23-я Международная стажировка для научно-административного персонала JEMS, 11–15 сентября;
- расширенное заседание объединенного координационного комитета ОИЯИ–Мексика в CONАНСуТ (Национальном совете по науке и технологиям Мексики, Мехико), 17 октября;
- 5-я встреча рабочей группы БРИКС по исследовательской инфраструктуре (BRICS GRAIN), 23–25 октября (Стелленбос, ЮАР).

18 мая. Международное рабочее совещание
«Открытая информационная и образовательная среда для поддержки
фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ»



Работа с информационными центрами ОИЯИ

Сотрудниками УНЦ в очном и онлайн режимах были организованы лекции и экскурсии для инфоцентров ДВФУ, КамГУ, ТПУ, СОГУ, САФУ, а также для групп из Дубны, Москвы, Новгорода, Солнечногорска, Твери и др.

Мероприятия

Сотрудники УНЦ совместно с представителями лабораторий Института в 2023 г. участвовали в организации выставок, лекций, экскурсий, мастер-классов и физических демонстраций на таких мероприятиях, как:

- Всероссийский фестиваль науки «Наука 0+» в Москве на площадках ЦВК «Экспоцентр» и МГУ;
- фестиваль науки, технологий и искусства «Geek Picnic» в парке искусств «Музеон»;
- мастерская физики «105-й элемент», Летняя школа;
- день базовых кафедр ОИЯИ в университете «Дубна»;
- день карьеры МФТИ;
- «Карьерный форсаж» МФТИ;
- день карьеры МИФИ;
- форум «Карьера физика 2023» в СПбГУ.

РАБОТА СО ШКОЛЬНИКАМИ И УЧИТЕЛЯМИ

Взаимодействие с образовательными учреждениями Дубны

В Дубне при поддержке ОИЯИ работают межшкольный физико-математический факультатив, физический практикум УНЦ и Яндекс-лицей.

Свой двадцатый учебный год городской межшкольный физико-математический факультатив завершил 19 мая традиционной XXXIII От-

крытой олимпиадой для учащихся 6–7-х классов. В ней участвовали более 50 школьников, представлявших девять учебных заведений Дубны, а также гимназию «Логос» из г. Дмитров.

В 2023/24 учебном году в межшкольном физико-математическом факультативе организованы занятия по физике и математике для учащихся 6-х, 7-х, 8-х классов. Для учащихся 10-х классов организованы занятия по экспериментальной физике и подготовка к ЕГЭ по физике.



14 августа стартовал набор школьников и студентов колледжей и техникумов на новый учебный год на очный курс программирования на языке Python в «Лицее Академии Яндекса» на базе лицея № 6 им. Г. Н. Флерова. Программа двухгодичного курса охватывает основные понятия, конструкции и библиотеки языка Python. В лицее также доступны новые онлайн-программы.

Школы для учителей в ОИЯИ

С 3 по 7 апреля в ОИЯИ проходила Научная школа для учителей физики Камчатки. В Дубну приезжали 14 педагогов из разных районов края. Поездка была организована при поддержке Информационного центра ОИЯИ в Камчатском государственном университете.

С 3 по 7 июля 20 педагогов из 18 регионов России и преподаватель из Армении принимали участие в Международной научной школе для учителей физики в ОИЯИ.

В программу школ входили: посещение интерактивной выставки «Базовые установки ОИЯИ», ознакомительные лекции и экскурсии в ЛФВЭ, ЛЯР и ЛИТ, мастер-классы в виртуальном исследовательском лабораторном практикуме и в виртуальной лаборатории для изучения ядерной физики, демонстрация физических опытов, визиты в библиотеку им. Д. И. Блохинцева, универ-

ситет «Дубна» и Физико-математический лицей им. В. Г. Кадышевского.

Летние школы

В июле УНЦ принимал участие в организации и проведении VII Летней школы «Физика. Математика. Информатика» в государственном университете «Дубна» и Летней сессии школы «Диалог».

В начале июля стартовала 35-я Летняя международная компьютерная школа им. В. Волокитина и Е. Ширковой (МКШ-2023), слушателями которой стали 46 учащихся 5–11-х классов из Москвы и Московской обл., Санкт-Петербурга, Краснодарского и Приморского края. Участники отбирались по итогам творческого конкурса.

С 25 по 29 сентября в Объединенном институте проходила третья Научная школа для слушателей Школьного университета при Академии научных исследований и технологий Египта. Школьники знакомились с лабораториями и проектами Института, а также проходили физические практикумы в УНЦ.

Дни физики

24 ноября в Дубне состоялся 8-й фестиваль «Дни физики», организованный УНЦ ОИЯИ. Партнерами мероприятия выступили государствен-



ный университет «Дубна», Физико-математический лицей им. В. Г. Кадышевского и лицей № 6 им. Г. Н. Флерова.

Мероприятия проходили на двух площадках: в корпусе УНЦ на ул. Вавилова и лицее № 6. В программу фестиваля входили естественно-научная и техническая карусель для учащихся, викторина для начинающих физиков, квест, демонстрация опытов, командный междисциплинарный бой и мастер-классы по физике, биологии, экологии и робототехнике. Участниками праздника науки стали более 180 учащихся 3–10-х классов образовательных учреждений Дубны, Дмитрова и Долгопрудного.

Турнир по робототехнике «CyberDubna-2023» и технический хакатон «Дубна-2023»

22–23 апреля УНЦ ОИЯИ на базе АНОО «Физико-математический лицей им. В. Г. Кадышевского» проводил открытый турнир по робототехнике «CyberDubna-2023». Турнир проходил в формате командных соревнований на базе платформы Arduino. В мероприятиях приняли участие команды из Долгопрудного, Дубны, Запрудни, Правдинского (Пушкинский район), Протвино и Талдома Московской обл.

18–19 февраля в соревнованиях по конструированию и программированию роботов приняли

участие 16 команд Московской обл. В отборочном этапе, который проходил в Физико-математическом лицее им. В. Г. Кадышевского, принимали участие 45 ребят, преимущественно учащихся 7–10-х классов из городов Долгопрудный, Дубна, Запрудня, Королев, Москва, Орудьево, Протвино, Талдом.

Учебные пособия для школьников

Сотрудники УНЦ подготовили комплект школьных учебников для углубленного изучения физики в 7–9-х классах, в который входят учебник, задачник, тетрадь-практикум, а также виртуальные практикумы и методическая поддержка. Учебные пособия выпущены издательством «Просвещение» в 2023 г. и одобрены комиссией Министерства просвещения РФ. В стадии разработки находятся учебники для старшеклассников.

Визиты

В рамках профориентационной работы со школьниками, студентами и учителями УНЦ организовал ознакомительные экскурсии для группы учителей — участников Научной школы «Путь к звездам», группы московских школьников в рамках инициативы Десятилетия науки и технологий «Научно-популярный туризм», группы учащихся Хорошевской школы Москвы.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ И ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ

В 2023/24 учебном году 81 сотрудник ОИЯИ занимается в группах английского языка, в группах русского языка — 17 иностранных специалистов.

Для 80 сотрудников ОИЯИ рабочих специальностей организованы курсы по подготовке персонала, обслуживающего объекты, подведомственные Ростехнадзору.

39 студентов колледжа университета «Дубна», колледжа МЭИ и Дмитровского техникума прошли практику в ОИЯИ.

Инженерные практикумы УНЦ

Участниками инженерных практикумов УНЦ в 2023 г. стали 66 человек из России (государственный университет «Дубна», СПбГУ, Дальневосточный федеральный университет, Чеченский государственный университет, МИФИ) и ЮАР. Проводится работа по увеличению количества учебных мест на практикумах, продолжается работа над учебным участком Линак-200.



МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 2023 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 1419 специалистов;

— для совместных работ и консультаций, а также для участия в совещаниях, конференциях, школах в ОИЯИ были приняты 365 специалистов;

— организованы и проведены 49 международных научных конференций и школ, 19 рабочих и 13 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.

18 января в Москве в Доме ученых им. А.П.Александрова на заседании ученого совета НИЦ «Курчатовский институт» научному руководителю ОИЯИ академику В.А.Матвееву была вручена медаль им. академика А.П.Александрова I степени — новая награда НИЦ КИ — за вклад в развитие атомной науки и техники.

Медаль I степени получили также президент РАН Г.Я.Красников и научный руководитель НИКИЭТ им. Н.А.Доллежаля Е.О.Адамов. Медаль II степени была вручена генеральному директору Объединенного института энергетических и

Москва, 18 января. Научный руководитель ОИЯИ академик В. А. Матвеев награжден медалью им. академика А. П. Александрова, учрежденной НИЦ «Курчатовский институт». Медаль вручили президент центра М. В. Ковальчук (справа) и директор центра М. А. Камболов (слева) (Фото: НИЦ «Курчатовский институт»)



ядерных исследований «Сосны» НАН Белоруссии А. В. Кузьмину. Награды вручали президент НИЦ КИ М. В. Ковальчук и директор этого научно-го центра М. А. Камболов.

Учреждение НИЦ «Курчатовский институт» собственных медалей — медали им. академика А. П. Александрова и медали им. академика И. В. Курчатова — было приурочено к 80-летию НИЦ КИ.

18 января в Доме международных совещаний ОИЯИ возобновил свою работу совет руководителей национальных групп стран-участниц Института. Председателем совета был избран новый руководитель национальной группы Казахстана Е. Мухамеджанов, а его заместителями — руководители нацгрупп Молдовы и Кубы К. Храмко и К. Штехер Диас. Секретарем совета стала старший специалист Департамента международного сотрудничества П. Бенешова.

Участники не только обсудили оргвопросы, но и приняли решение разработать новое положение о совете. Во встрече участвовали руководители всех национальных групп стран-участниц ОИЯИ, за исключением Грузии, а также представители руководства Института: главный ученый секретарь ОИЯИ С. Н. Неделько, руководитель Департамента международного сотрудничества Д. В. Каманин, заместитель главного ученого секретаря Института О.-А. Куликов, руководитель Департамента кадров и делопроизводства Е. А. Колганова, заместитель руководителя Департамента международного сотрудничества А. А. Котова.

8 февраля в ходе визита в ОИЯИ глава Минобрнауки РФ В. Н. Фальков принял участие во встрече с молодыми учеными Института, которая проходила в формате круглого стола. Основными темами обсуждения стали достижения и результаты 4-го, рекордного по длительности сеанса на ускорительном комплексе NICA, а также целевая поддержка исследователей, задействованных в работе на установке класса мегасайенс.

В мероприятии приняли участие сотрудники ОИЯИ из России, Белоруссии, Болгарии, Казахстана, Кубы, которые работали в сеансе на NICA и участвуют в формировании и реализации физической программы комплекса, а также представители научных организаций России: НИЦ «Курчатовский институт», НИЯУ МИФИ, МФТИ, МГУ.

В. Н. Фальков поздравил ученых Объединенного института с Днем российской науки и рассказал об итогах восьмого этапа конкурса мегагрантов в 2022 г. Участники дискуссии обсудили развивающуюся в России программу молодежных лабораторий, к которой министр предложил присоединиться и сотрудникам комплекса NICA. Сейчас в стране создано 740 таких лабораторий, всего же планируется 900. После прохождения конкурсного отбора лаборатория получает долговременную поддержку.

В завершение визита В. Н. Фальков посетил площадку комплекса NICA, где ознакомился с ходом реализации проекта.

8 февраля в Калькутте (Индия) состоялось установочное совещание в рамках подготовки встречи министров государств-членов G20 по тематике исследований и инноваций. Встреча была нацелена на рамочное обсуждение заявленных тематик и их проработку для дискуссии на предстоящем форуме. В работе совещания принял участие ученый секретарь ЛЯР ОИЯИ А. В. Карпов.

В ходе встречи обсуждение было сфокусировано на таких приоритетных областях, как материалы для устойчивой энергетики, научные вызовы и возможности для достижения устойчивой «голубой» экономики, биоразнообразие и биоэкономика, экоинновации в энергетике.

А. В. Карпов выступил по первым двум темам, подчеркнув важность фундаментальных научных исследований и международного сотрудничества для устойчивого социально-экономического развития. В этом году мероприятия G20 проходят под девизом «Одна земля. Одна семья. Одно будущее».

11–15 февраля в Египте для участия в работе 7-й Каирской международной инновационной выставки находилась делегация ОИЯИ под руководством заместителя руководителя Департамента научно-организационной деятельности А. С. Жемчугова. На выставке был размещен стенд ОИЯИ, который вызвал большой интерес у посетителей и участников.

Организаторами выставки являлись Академия научных исследований и технологий Египта и Министерство высшего образования и научных исследований, а стратегическими партнерами — ОИЯИ и Фонд развития науки и технологии Египта (STDF). Академия научных исследований и технологий с 2014 г. ежегодно (с перерывом с 2019 по 2023 г.) проводит в Каире международные выставки инноваций, где ученые и изобретатели, сотрудники центров трансфера технологий, представители высокотехнологических компаний представляют свои новаторские идеи.

В день открытия выставки по приглашению полномочного представителя Правительства Египта профессора М. Сакра стенд ОИЯИ посетил министр высшего образования и научных исследований Египта М. Ашур в сопровождении министра высшего образования и научных исследований Судана М. Дахаба и министра науки, технологий и высшего образования Португалии Э. Фортунато. М. Ашур приветствовал членов делегации ОИЯИ и задал вопросы о направлениях исследований Института и участии египетских ученых в совместных научных проектах.

В тот же день состоялся тематический круглый стол «ОИЯИ: Безграничные возможности для международного сотрудничества», на котором

Дубна, 13–14 февраля. Торжественное вручение ордена Дружбы академику-секретарю Отделения физики, математики и информатики НАН Белоруссии А. Г. Шумилину



члены делегации ОИЯИ выступили с докладами на темы международной деятельности Института, программ подготовки кадров, а также рассказали об инновационных проектах как в целом в ОИЯИ, так и, в частности, в рамках проекта NICA и на циклотронном комплексе ЛЯР.

12 февраля представители ОИЯИ посетили Национальный исследовательский центр, расположенный в центральном районе Каира Докки, где обсудили перспективы сотрудничества с президентом центра профессором Х. Дарвишем и вице-президентом по исследованиям и международному сотрудничеству профессором М. Муаввадом Али.

14 февраля делегация ОИЯИ приняла участие в панельной дискуссии «Научная дипломатия в меняющемся мире», на которой Е. Бадави выступила с сообщением об опыте ОИЯИ как платформы для реализации научной дипломатии.

13–14 февраля состоялся визит в ОИЯИ академика-секретаря Отделения физики, математики и информатики НАН Белоруссии А. Г. Шумилина. С 2014 по 2022 г. А. Г. Шумилин являлся полномочным представителем Правительства Республики Белоруссии в ОИЯИ.

На встрече с дирекцией ОИЯИ А. Г. Шумилину в торжественной обстановке был вручен орден Дружбы, которого он был удостоен согласно Указу Президента РФ за заслуги в укреплении научно-технического сотрудничества между Россией и Республикой Белоруссией.

В ходе визита был проведен ряд рабочих встреч по вопросам развития сотрудничества между Институтом и отделением НАН Белоруссии. А. Г. Шумилин посетил Лабораторию информационных технологий, Лабораторию ядерных реакций, Лабораторию ядерных проблем и Лабораторию физики высоких энергий.

16 февраля на 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ состоялась торжественная церемония подписания Совместной декларации о намерениях между Национальным советом по науке и технологиям Мексики (CONACYT) и Объединенным институтом ядерных исследований. Документ, в котором отражены планы сторон вести совместную работу в области передовых фундаментальных и прикладных научных исследований, был подписан директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым в присутствии Чрезвычайного и Полномочного Посла Мексиканских Соединенных Штатов в России Э. Вильегаса Мехиаса. Со стороны Мексики подпись на документе поставила генеральный директор CONACYT М. Э. Альварес-Буйлья Росес.

Подписание декларации предвещало доклад президента Мексиканского физического общества и профессора Института физики Мексиканского национального автономного университета (UNAM) А. М. Четто Крамис, посвященный расширению и перспективным направлениям сотрудничества Мексики и ОИЯИ, таким как применение синхротронного излучения для изучения характеристик новых материалов, теоретические и экспериментальные исследования в области физики плазмы, ядерная, радиологическая безопасность, дозиметрия, а также радиационные физика и химия.

С 22 по 24 февраля делегация ОИЯИ под руководством вице-директора В. Д. Кекелидзе находилась в Белграде, где принимала участие в 8-м заседании объединенного координационного комитета по сотрудничеству, приуроченном к празднованию 75-летия Института ядерных наук «Винча» — главного сербского партнера ОИЯИ. Мероприятия проходили в Сербской академии наук и искусств.

Дубна, 16 февраля. Торжественная церемония подписания Совместной декларации о намерениях между Национальным советом по науке и технологиям Мексики (CONAHCYT) и ОИЯИ на 133-й сессии Ученого совета



22 февраля в ходе торжественного мероприятия В. Д. Кекелидзе передал руководству института изображение одного из архитектурных символов Дубны — здания административного корпуса ОИЯИ, знакомого всем дубненцам и гостям Института, отметив, что многолетнее сотрудничество с институтом «Винча» — это целый ряд научных направлений, включая радиобиологию, ускорительные технологии, радиационное материаловедение, аналитические методы, теоретическую физику, а также образовательную сферу.

23 февраля в институте «Винча» состоялось 8-е заседание объединенного комитета по сотрудничеству Сербия–ОИЯИ, на открытии которо-

го собравшихся поприветствовали сопредседатели заседания — директор института С. Пайович и вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе.

Со стороны Сербии в заседании принимали участие представители научных организаций и университетов Белграда и Нови-Сада. ОИЯИ представляли директор ЛРБ А. Н. Бугай и заместитель директора ЛНФ О. Куликов, выступившие с презентациями о состоянии сотрудничества в своих лабораториях и перспективах его дальнейшего роста. В работе комитета также участвовал старший научный сотрудник ЛЯР Р. А. Рымжанов, представлявший один из старейших магистральных совместных проектов, использующий уско-

Белград, 23 февраля.
Заседание объединенного комитета по сотрудничеству Сербия–ОИЯИ в институте «Винча»



рительные возможности как ЛЯР, так и института «Винча» для работ по материаловедению с ускоренными тяжелыми ионами.

Комитет отметил высокую результативность большинства из 24 действующих проектов, а также востребованность кооперации научных коллективов Сербии с ОИЯИ, в связи с чем, наряду с распределением средств очередного взноса Сербии по действующим проектам, была предусмотрена возможность старта для новых многообещающих совместных научных исследований.

В этот же день делегацию ОИЯИ в Министерстве науки, технологического развития и инноваций принял государственный секретарь В. Гроздич. Речь шла о взаимовыгодном сотрудничестве сербских научных организаций и ОИЯИ и дальнейших шагах по его развитию.

24 февраля делегация ОИЯИ побывала в Белградской астрономической обсерватории, которая является одним из старейших научных институтов Сербии. Дирекция обсерватории выразила большую заинтересованность в развитии сотрудничества с Объединенным институтом.

Работа делегации в Белграде завершилась встречей представителей ОИЯИ с вице-президентом Торгово-промышленной палаты Сербии З. Вуйовичем, который накануне побывал в Дубне, посетил лаборатории ОИЯИ и принял участие в 133-й сессии Ученого совета, а также обсудил с дирекцией Института практические шаги по расширению сотрудничества. В присутствии З. Вуйовича состоялась церемония подписания решений объединенного координационного комитета по сотрудничеству.

2 марта в Доме международных совещаний в очно-заочном формате состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ, ключевой темой которого стали итоги прошедших заседаний руководящих органов ОИЯИ и обсуждений Семилетнего плана развития Института. В завершение работы НТС ОИЯИ в текущем составе был представлен отчет о деятельности совета за прошедшие пять лет.

Встречу открыл доклад директора Института Г. В. Трубникова. Докладчик напомнил, что первые после пандемии очные заседания программно-консультативных комитетов прошли в существенно обновленных составах участников. На заседаниях всех ПКК были сделаны подробные доклады о проекте нового Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг., который к следующим заседаниям ПКК пройдет детальную экспертизу.

Ученый совет Института также был представлен в новом составе. Среди его участников — ученые научных центров Аргентины, Бразилии, Китая, Мексики, России, США, Чили и европейских стран. Состоялось подписание межправительственного соглашения с Мексикой. Ученый совет высоко оценил достижения лабораторий ОИЯИ, особо выделив физические эксперименты на комплексе NICA и яркие результаты про-

екта Baikal-GVD. Была отмечена активная работа УНЦ ОИЯИ с университетами стран-участниц и стран-партнеров.

Отчет о работе НТС ОИЯИ за 2018–2022 гг. представил его председатель Р. В. Джолос. Совет проводил в год от четырех до пяти заседаний, исключая период пандемии коронавируса. За это время были рассмотрены такие вопросы, как расширение горизонтов международного научно-технического сотрудничества, подготовка концепции инновационной деятельности ОИЯИ, формирование в ОИЯИ систем аттестации научной квалификации на основе права самостоятельного присвоения ученых степеней, создание в университете «Дубна» высшей инженерной школы, ход работ по проекту NICA и многое другое. Резюмируя сказанное, Р. В. Джолос подчеркнул, что НТС ОИЯИ является единственным при дирекции органом, представляющим научный коллектив Института.

В заключение заседания Г. В. Трубников объявил благодарность за проделанную работу текущему составу НТС ОИЯИ и его руководителям: председателю Р. В. Джолосу, заместителю председателя Е. А. Строковскому и ученому секретарю НТС Е. А. Колгановой.

3 марта в ознаменование 110-летия со дня рождения выдающегося ученого Георгия Николаевича Флерова (2.03.1913–19.11.1990), основателя и первого директора Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, члены дирекции ОИЯИ и руководства ЛЯР возложили цветы к памятнику Г. Н. Флерова на ул. Векслера. В Лаборатории ядерных реакций прошел торжественный семинар, на котором состоялась презентация книги-альбома, выпущенного к юбилею академика Г. Н. Флерова.

Семинар открыл приветственным словом директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников, который подчеркнул, что Г. Н. Флеров был одарен блестящей научной интуицией и одновременно — упорством, позволявшим ему отстаивать идеи, в которые он верил, вовлекая в их воплощение свое окружение, начиная со студентов и заканчивая руководителями страны.

Вице-директор ОИЯИ С. Н. Дмитриев отметил, что главной памятью о Георгии Николаевиче являются знаменательные достижения ЛЯР и название 114-го элемента Периодической таблицы — флеровий.

Выступления на семинаре были посвящены важнейшим жизненным этапам Г. Н. Флерова. Научный руководитель ЛЯР и выдающийся ученик Г. Н. Флерова академик Ю. Ц. Оганесян рассказал о начале становления ученого в профессии, его студенческих годах, об истории открытия в 1940 г. спонтанного деления ядра урана и о работе с И. В. Курчатовым, которого Г. Н. Флеров всю жизнь считал своим учителем.

Академик Р. И. Ильяев — почетный научный руководитель РФЯЦ ВНИИЭФ (Саров) — расска-

зал о роли Г. Н. Флерова в советском Атомном проекте и его вкладе в развитие ВНИИЭФ. За небольшой срок Г. Н. Флеров создал в этом институте школу экспериментальной физики и заложил основы создания уникальной базы установок для ядерно-физических и радиационных исследований. В Атомном проекте группа Г. Н. Флерова отвечала за создание методов и проведение измерений критических масс и организовала около тысячи экспериментов. После первого испытания по Атомному проекту Г. Н. Флеров был удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Советник Президиума РАН академик Б. Ф. Мясоедов (Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН) передал участникам семинара приветствие президента РАН Г. Я. Красникова и вице-президента РАН С. Н. Калмыкова с пожеланием ЛЯР дальнейших успехов в научной деятельности. Доклад Б. Ф. Мясоедова был посвящен синтезу и изучению сверхтяжелых элементов Г. Н. Флеровым.

В рамках торжественного мероприятия состоялась презентация книги-альбома «Академик Георгий Николаевич Флеров. Портрет на фоне эпохи». Книга издательства «РМП» (Real Modern Pictures), которое занимается изданием биографических и корпоративных книг, посвящена жизни и пути в науке известного ученого. Идея создания книги принадлежит директору ЛЯР С. И. Сидорчуку, помощь в ее издании оказали Ю. Ц. Оганесян, редактор еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс» Е. М. Молчанов и научно-информационный отдел ОИЯИ под руководством Б. М. Старченко.

В издание вошло большое количество ранее не публиковавшихся фотографий и документов из архивов ОИЯИ и ЛЯР, а также из личных архивов.

3–4 марта с визитом в ОИЯИ находилась делегация ректоров университетов Республики Узбекистан. В составе делегации Узбекистана в Дубну прибыли ректор Национального университета Узбекистана им. Мирзо Улугбека И. У. Маджидов, помощник ректора Национального университета Узбекистана А. С. Арипов и проректор по науке и инновациям Самаркандского государственного университета Х. А. Хушвактов.

Целью визита стало знакомство с Институтом и обсуждение перспектив развития сотрудничества между ОИЯИ и ведущими вузами Узбекистана. На встрече делегации с дирекцией Института состоялось подписание соглашения между ОИЯИ и Самаркандским государственным университетом.

В качестве направлений расширения взаимодействия по подготовке кадров, а также научного сотрудничества участники встречи обсудили ядерную медицину и теоретическую физику. Представители Узбекистана выразили интерес к прикладным исследованиям и мощностям компьютерного кластера ОИЯИ. Обсуждались воз-

можности совместной работы по модернизации и расширению научной инфраструктуры университетов Узбекистана, которая стала бы отличной базой для обучения высококвалифицированных кадров, развития кооперации с ОИЯИ. Участники встречи также уделили внимание формату информационных центров ОИЯИ.

Делегация посетила ряд лабораторий Института. Состоялись рабочие встречи со специалистами Института, посещение интерактивной выставки «Базовые установки ОИЯИ», а также визит в университет «Дубна».

6 марта на Байкале, в Береговом центре нейтринного телескопа, состоялось совещание министра науки и высшего образования РФ В. Н. Фалькова с представителями ОИЯИ и восьми ведущих научных институтов и университетов России: ИЯИ РАН, Иркутского государственного университета, Физического института им. П. Н. Лебедева РАН, НИЯУ «МИФИ», НИИЯФ им. Д. В. Скобельцына МГУ, Новосибирского национального исследовательского государственного университета, Томского политехнического университета, Кабардино-Балкарского государственного университета. Обсуждались разработка общенациональной программы развития по физике нейтрино и астрофизике, результаты и перспективы развития байкальского глубоководного нейтринного телескопа, также были рассмотрены промежуточные результаты текущей экспедиции.

В исследованиях на телескопе принимают участие более 60 человек, порядка 30 находятся постоянно на льду Байкала. В числе задач экспедиции в 2023 г.: установка двух новых кластеров оптических модулей, трех сервисных буйковых станций с калибровочными лазерами, продолжение работ по развитию системы передачи данных по оптическим линиям внутри установки, а также прокладка двух донных кабельных линий питания кластеров. Установка к 2030 г. еще 8–10 кластеров телескопа обеспечит регистрацию астрофизических нейтрино высоких энергий с эффективным объемом до 1 км³. Кроме того, планируется развивать микробиологические исследования донных сообществ оз. Байкал с использованием методов генетического анализа силами ОИЯИ и Лимнологического института СО РАН.

На основе уже набранных телескопом физических данных участники проекта смогли подтвердить наличие нейтринного потока астрофизической природы, ранее обнаруженного антарктическим нейтринным телескопом IceCube. Статья коллаборации с первыми результатами поиска астрофизических нейтрино в проекте Baikal-GVD вышла в авторитетном научном журнале *Physical Review D*. Авторы проанализировали данные за последние четыре года и выделили 25 событий — кандидатов на нейтрино астрофизической природы.

Для создания нейтринного телескопа Baikal-GVD свои усилия объединили пять российских научных и образовательных организаций — ИЯИ РАН, НИИЯФ им. Д. В. Скобельцына МГУ, Иркутский государственный университет, Нижегородский государственный технический университет, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет. Вместе с ОИЯИ в коллаборацию также входят Университет им. Я. Коменского (Братислава, Словакия), Чешский технический университет (Прага), Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан.

7 марта в Иркутском государственном университете (ИГУ) состоялось открытие Информационного центра ОИЯИ. В тот же день были подписаны соглашения о сотрудничестве между Объединенным институтом ядерных исследований, Иркутским госуниверситетом и Институтом ядерной физики РАН об открытии астрофизической лаборатории в Иркутске, а также между ОИЯИ, Иркутским госуниверситетом и Томским политехническим университетом — об участии в проектах TAIGA и Baikal-GVD. На площадке нового ИЦ прошли первые мероприятия — лекция директора ОИЯИ и открытие выставки «Делая науку в Дубне».

Инфоцентр станет местом проведения научных и образовательных, а также научно-популярных мероприятий в области современной физики, таких как онлайн-туры по всем базовым установкам Института и знакомство с проектами

класса мегасайенс, лекции ученых из Дубны для студентов, школьников и их учителей, лабораторные работы и практикумы.

В рамках программы мероприятий в Иркутске директор ОИЯИ Г. В. Трубников прочел в Губернаторском зале Белого дома ИГУ лекцию о мегасайенс-проекте NICA и его научных задачах.

9 марта в формате видеоконференции состоялась 4-я координационная встреча ОИЯИ и Арабского агентства по атомной энергии (АААЭ). Сопредседателями заседания выступили специальный представитель директора ОИЯИ по сотрудничеству с международными и российскими научными организациями Б. Ю. Шарков и генеральный директор агентства С. Хамди.

В своем выступлении заместитель главного ученого секретаря О. Куликов детально представила специализированную конкурсную программу долговременных стажировок в ОИЯИ для АААЭ, благодаря которой молодые ученые из государств-членов АААЭ смогут принять участие в международных исследованиях и получить доступ к уникальной научной инфраструктуре ОИЯИ. Были согласованы сроки подачи и рассмотрения заявок, условия и другие организационные вопросы, связанные с реализацией программы.

Руководитель отдела разработки и создания образовательных программ УНЦ ОИЯИ Ю. А. Панебратцев представил возможности виртуальной лаборатории и связанных с ней образовательных программ, которые должны стать одной

Иркутск, 7 марта. Открытие Информационного центра ОИЯИ в Иркутском государственном университете (Фото: пресс-служба Иркутского государственного университета)



из тем сотрудничества по подготовке кадров и важной частью деятельности планируемого Информационного центра ОИЯИ в штаб-квартире Арабского агентства, расположенной в Тунисе. Представители АААЭ выразили уверенность в том, что организация Инфоцентра ОИЯИ станет импульсом для развития сотрудничества ОИЯИ со странами Ближнего Востока и Северной Африки в вопросах трансфера знаний и подготовки кадров.

21 марта состоялось подписание Протокола об укреплении сотрудничества в области фундаментальных научных исследований между Объединенным институтом ядерных исследований, Китайской академией наук, Министерством науки и технологий Китайской Народной Республики и Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Подписанный документ закладывает основу для дальнейшего развития взаимовыгодной кооперации между ОИЯИ и научными и образовательными организациями Китая, обозначает намерения сторон повысить уровень участия Китайской Народной Республики в деятельности ОИЯИ. Подписание состоялось в рамках визита в Россию Председателя КНР Си Цзиньпина.

Организацией и планированием совместных работ по протоколу и решением текущих задач будет заниматься совместный координационный комитет, в составе которого будет действовать экспертная рабочая группа. Комитет будет состоять из равного количества представителей

от ОИЯИ и Китая, включая двух сопредседателей — по одному от каждой стороны. Экспертная рабочая группа также будет составлена наполовину из ученых ОИЯИ и наполовину — из исследователей китайских научных центров. Ее задачи — консультирование по конкретным направлениям и темам научного сотрудничества, а также внесение предложений по совместным проектам для рассмотрения комитетом. При необходимости основные вопросы будут выноситься на рассмотрение подкомиссии по научно-техническому сотрудничеству российско-китайской комиссии по подготовке регулярных встреч глав правительств.

22 марта прошла встреча полномочного представителя Правительства Вьетнама в ОИЯИ вице-президента Вьетнамской академии наук и технологий Чан Туан Аня, который прибыл в Дубну для участия в заседаниях Финансового комитета и КПП ОИЯИ, с директором Института Г. В. Трубниковым.

В ходе беседы стороны высказали общее мнение о необходимости увеличения количества вьетнамских сотрудников, работающих в ОИЯИ. Для распространения информации о возможностях ОИЯИ среди вьетнамской научной общественности стороны договорились продолжить участие представителей Вьетнама в зарекомендовавшей свою эффективность программе стажировок JEMS. Обсуждались возможности по подготовке высококвалифицированных кадров в области ядерных технологий и ускорительной

Дубна, 22 марта. Подписание соглашения по реализации программ сотрудничества полномочным представителем Правительства Вьетнама в ОИЯИ Чан Туан Анем и директором Института Г. В. Трубниковым



техники, а также для реализации проектов по развитию научной инфраструктуры. Среди перспективных научных направлений для развития сотрудничества были выделены теоретическая физика и информационные технологии.

В завершение встречи Г. В. Трубников и Чан Туан Ань подписали соглашение, регулирующее отдельные аспекты работы вьетнамских сотрудников в Институте, а также реализацию программ сотрудничества и грантов полномочного представителя Правительства Вьетнама.

27–31 марта проходил визит делегации ОИЯИ в ЮАР, в ходе которого состоялись встречи с представителями Департамента науки и инноваций ЮАР и Национального исследовательского фонда, а также с партнерами в Университете Претории, Университете Западного Кейпа, Университете Кейптауна, исследовательской лаборатории iThemba LABS и представителями других организаций. Встречи с действующими и потенциальными партнерами в ЮАР были посвящены возможностям расширения сотрудничества по всему спектру приоритетных научных направлений Института, включая информационные технологии. Научный сотрудник ЛИТ ОИЯИ И. С. Пелеванюк провел серию семинаров в университетах и научных организациях в Претории и Кейптауне.

30 марта в Претории состоялась 17-я сессия смешанного межправительственного комитета по торгово-экономическому сотрудничеству между Российской Федерацией и Южно-Африканской

Республикой. В рамках межправительственных консультаций делегация ОИЯИ приняла участие в заседании совместной российско-южноафриканской комиссии по научно-техническому сотрудничеству, на котором, в частности, была отмечена значимость формата многостороннего сотрудничества в рамках ОИЯИ для укрепления научно-технического сотрудничества России и ЮАР.

В конце марта около 300 модулей электромагнитного калориметра (ECal) для детектора MPD на NICA были доставлены в ОИЯИ из Китая. Нынешняя поставка стала третьей по счету. Всего Китаем было изготовлено 800 модулей.

ECal — это устройство для измерения энергии электронов, позитронов и фотонов. Китайские коллеги из пяти центров с лидирующей ролью Университета Цинхуа присоединились к производству ECal для MPD NICA. Изготовителями еще 800 модулей стали приборный завод «Тензор» в Дубне, а также два предприятия — в Москве и Протвино. Всего для детектора MPD на NICA требуется 2400 модулей ECal. Сотрудничество с китайскими и российскими организациями в области производства Ecal продолжается.

Помимо создания модулей калориметра специалисты из Китая вносят существенный вклад в их установку и настройку. Сейчас в работах над ECal для MPD в ЛФВЭ участвует молодой специалист из Университета Цинхуа Линьмао Ли.

Университет Цинхуа уже около десяти лет задействован в проекте NICA. Его специалисты не

Дубна, 24 апреля. Визит в ОИЯИ председателя Управления по атомной энергии Египта, члена Ученого совета ОИЯИ профессора А. Эль-хага Али (в центре)



Дубна, 28 апреля. Генеральный директор физического направления Национального центра физики Пакистана профессор И. Ахмад и вице-директор ОИЯИ Л. Костов подписали письмо о намерениях по сотрудничеству в ходе 22-й Международной стажировки JEMS



только ведут совместную работу над электромагнитным калориметром для MPD, но и создают времяпролетный детектор SPD. Еще один китайский центр — Институт атомной энергии — заинтересован в сотрудничестве по проекту SPD в области разработки газовых детекторов Micromegas.

Важной областью совместных с Китаем работ также является создание микроэлектроники для проекта NICA. Всего около 20 организаций Китая включены в работы в рамках мегасайенс-проекта.

24 апреля ОИЯИ с ознакомительным визитом посетил председатель Управления по атомной энергии Египта (ЕАЕА), член Ученого совета ОИЯИ профессор А. Эль-хаг Али. В программу его четырехдневного пребывания в Дубне входило обсуждение совместных планов по углублению кооперации, ряд рабочих встреч, в том числе с представителями ГК «Росатом», а также знакомство с инфраструктурой и научными направлениями деятельности ОИЯИ в рамках стажировки JEMS.

На встрече в управлении Института директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников, поприветствовав гостя, отметил давнюю историю сотрудничества Объединенного института с ЕАЕА. В числе областей взаимного интереса стороны отметили нейтронные исследования, реакторные технологии и реализацию совместных инфраструктурных проектов. С учетом особой роли ОИЯИ как международного межправительственного науч-

но-исследовательского центра было предложено организовать на базе Института платформу для обучения специалистов из других атомных агентств, обмена опытом и технологиями.

Благодаря участию в стажировке JEMS-22 профессор А. Эль-хаг Али детально ознакомился с деятельностью лабораторий ОИЯИ и обсудил возможности для развития сотрудничества с их руководством и специалистами.

24–28 апреля в ОИЯИ проходила 22-я Международная стажировка для научно-административного персонала «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров». Участниками JEMS-22 стали руководители и специалисты национальных исследовательских и образовательных организаций из России, Вьетнама, Египта, ЮАР, а также впервые из Пакистана. В стажировке принял участие председатель Управления по атомной энергии Египта (ЕАЕА), член Ученого совета ОИЯИ от Арабской Республики Египет профессор А. Эль-хаг Али.

Программа JEMS-22 была разделена на тематические блоки по дням стажировки: «Физика тяжелых ионов и ускорительные технологии», «Исследования с нейтронами и наномир», «Теория, информация, образование», «Науки о жизни на Земле и в космосе» и «Нейтрино». Участники посетили лаборатории и установки Института, прослушали лекции по направлениям актуальных научных исследований от ведущих специалистов ОИЯИ.

Большое содействие участникам стажировки оказывали руководители национальных групп Вьетнама, Египта и ЮАР, помогая в установлении рабочих контактов, определении новых направлений сотрудничества с ОИЯИ и с организациями его партнерской сети.

В свете новых возможностей, открывшихся с присоединением Арабской Республики Египет к ОИЯИ в качестве полноправного члена, в рамках стажировки JEMS-22 прошел семинар, посвященный перспективам кооперации ОИЯИ с Управлением по атомной энергии Египта. Председатель ЕАЕА профессор А. Эль-хаг Али ознакомил представителей лабораторий ОИЯИ и участников JEMS-22 со структурой своей организации и ведущимися исследованиями. По итогам семинара была подписана памятная записка по дальнейшему развитию сотрудничества.

26 апреля в рамках JEMS-22 состоялась презентация Национального центра физики (NCP) Пакистана с участием специалистов ОИЯИ во главе с вице-директором Л. Костовым.

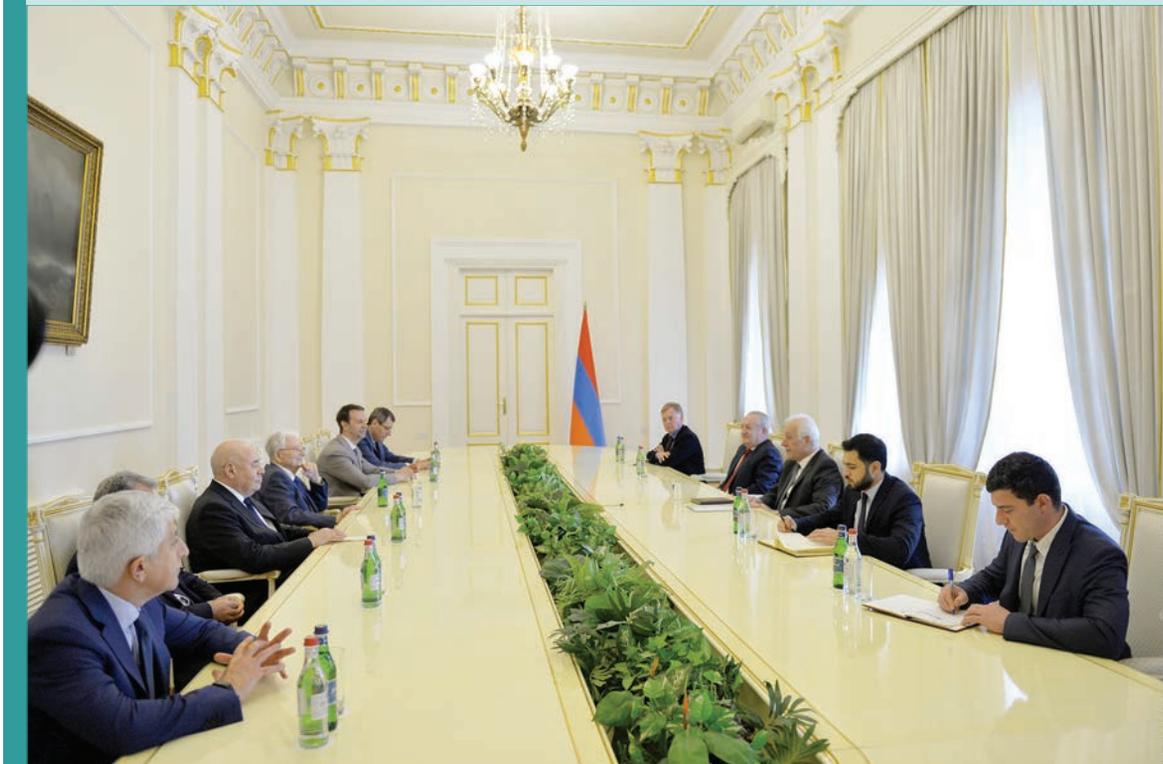
Генеральный директор физического направления NCP Пакистана профессор И. Ахмад подробно рассказал о структуре и задачах NCP, сферах исследований и научно-исследовательской базе, обозначил потенциальные сферы кооперации с ОИЯИ, такие как физика ускорителей, теоретическая физика, материаловедение и компьютерные науки, а также подчеркнул готовность центра присоединиться к работам по проекту

коллайдера NICA. Докладчик осветил образовательную составляющую деятельности центра и проходящие на его базе международные совещания, конференции, школы, практики для иностранных студентов, рассказал о программах академического обмена. Было отмечено, что NCP принимает участие в ряде международных проектов и сотрудничает с национальными организациями — партнерами ОИЯИ, одним из которых является Лаборатория iThemba LABS (ЮАР), чьи представители также участвовали во встрече. Презентация вызвала оживленную дискуссию.

28 апреля состоялся традиционный круглый стол с участием представителей дирекции ОИЯИ, посвященный итогам 22-й Международной стажировки JEMS. Результатом всестороннего обсуждения возможностей кооперации между Объединенным институтом и Национальным центром физики Пакистана стало подписание письма о намерениях, подписи под которым поставили И. Ахмад и Л. Костов. Работу круглого стола завершило торжественное вручение участникам стажировки сертификатов и традиционных сувениров ОИЯИ «Наука сближает народы».

29 апреля в Ереване состоялась встреча директора ОИЯИ академика Г. В. Трубникова и научного руководителя ЛЯР академика Ю. Ц. Оганесяна с Президентом Армении В. Хачатуряном. В мероприятии приняли участие президент НАН РА А. Сагян, директор Института системного

Ереван, 29 апреля. На встрече директора ОИЯИ академика Г. В. Трубникова и научного руководителя ЛЯР академика Ю. Ц. Оганесяна с Президентом Армении В. Хачатуряном (Фото: © <https://www.president.am/>)



Париж, 16 мая.

Б. Ю. Шарков на встрече с руководством научного блока ЮНЕСКО



программирования РАН А. Аветисян, ректор Московского авиационного института М. Погосян, академик НАН РА Р. Арутюнян. Модератором дискуссии выступил спецпредставитель Президента РФ по международному культурному сотрудничеству М. Е. Швыдкой.

Высокая встреча прошла в рамках международной конференции «Тяжелейшие ядра и атомы», посвященной 90-летию Ю. Ц. Оганесяна и проходившей в НАН Армении с 25 по 29 апреля под эгидой Международного союза теоретической и прикладной физики.

Президент Республики Армении поздравил Ю. Ц. Оганесяна с юбилеем и пожелал ему крепкого здоровья и новых научных достижений.

В ходе встречи обсуждался широкий круг вопросов по укреплению и расширению научных и культурных связей. В частности, речь шла о раскрытии имеющегося потенциала в сфере высоких технологий и в других областях науки, а также о формировании предметной повестки сотрудничества.

По итогам встречи была достигнута договоренность о регулярном проведении в Армении международных многопрофильных конференций и совместных культурных мероприятий.

4 мая ОИЯИ посетил вице-президент Кубинской академии наук К. де Хесус Родригес Кастельянос.

Он ознакомился с научной инфраструктурой ОИЯИ и встретился с представителями кубинского землячества.

Визит вице-президента Кубинской академии наук в Дубну начался с посещения интерактивной выставки «Базовые установки ОИЯИ» в Доме культуры «Мир». Затем гость побывал в Лаборатории ядерных реакций, где ознакомился с уско-

рителем ДЦ-280 и наноцентром. Продолжился визит встречей с представителями ОИЯИ в Лаборатории теоретической физики. В заключение визита вице-президент Кубинской академии наук совершил экскурсию по достопримечательностям Дубны.

В 1977–1982 гг. К. де Хесус Родригес Кастельянос работал в Дубне, став первым кубинским ученым, защитившим докторскую степень в ОИЯИ.

16 мая в Париже в рамках 216-го заседания Исполнительного совета ЮНЕСКО состоялось совещание спецпредставителя директора ОИЯИ по сотрудничеству с международными и российскими научными организациями Б. Ю. Шаркова с вновь назначенным руководством научного блока ЮНЕСКО. Со стороны ЮНЕСКО в совещании участвовали директор отдела научной политики и фундаментальной науки Шаофенг Ху, руководитель секции научной, технологической и инновационной политики Э. Кларк, а также руководитель секции фундаментальной науки, исследовательских инноваций и инжиниринга А. Касри.

Б. Ю. Шарков напомнил участникам совещания об истории взаимовыгодной кооперации двух международных организаций после подписания в 1997 г. соглашения о сотрудничестве, которое в 2017 г. было расширено благодаря включению в него совместной программы стажировок. Докладчик отметил также такие важные совместные мероприятия, как международная премия им. Д. И. Менделеева, активное участие ОИЯИ в Международном году фундаментальной науки для устойчивого развития, открытие декады науки в ООН и др., осветил ключевые аспекты научной программы ОИЯИ, рассказал о флагман-

ских проектах, уникальной исследовательской инфраструктуре Института и наукограде Дубна.

В ходе дискуссии неоднократно подчеркивалась необходимость активизации программы сотрудничества ОИЯИ–ЮНЕСКО, а также ценность деятельности ОИЯИ по развитию науки, технологий, инноваций и укреплению человеческого капитала во многих странах мира под лозунгом «Наука сближает народы». Руководство научного блока ЮНЕСКО выразило заинтересованность в продолжении участия в качестве наблюдателя на заседаниях руководящих органов ОИЯИ. В рамках совещания Б. Ю. Шарков провел установочные обсуждения с сотрудниками постоянного представительства РФ при ЮНЕСКО — послом Р. Аляудиновым и вторым секретарем представительства Г. Енаевой, ответственной за науку.

19 мая состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ, которое впервые прошло в новом составе. Ключевая тема заседания — обсуждение планов Института в сфере укрепления статуса международной организации и в сфере кадровой политики. Новым председателем НТС стала ведущий научный сотрудник ЛТФ, руководитель ДКиД Е. А. Колганова. Заместителем председателя НТС был избран заместитель директора ЛНФ Н. Кучерка.

Заседание открыл директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников. Поприветствовав бывшего председателя НТС профессора Р. В. Джолоса, он выразил ему благодарность за эффективную работу на этом посту в течение долгих лет.

Докладчик определил две важнейшие задачи для Института на ближайший период: укрепить статус ОИЯИ как международной организации, обеспечив эффективную работу со странами-участницами, а также привлечь молодые научные кадры из других стран в Дубну. Г. В. Трубников озвучил перечень запланированных мероприятий, нацеленных на проработку этих задач. В Иркутске пройдет совещание рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам, посвященное бюджету следующей семилетки. В рамках активной работы по развитию международного сотрудничества запланировано большое количество конференций в разных странах, а также первый официальный визит делегации ОИЯИ в Мексику. Совместно с китайской стороной ведется подготовка первого заседания совместного координационного комитета ОИЯИ–Китай, где будет обсуждаться вопрос развития и укрепления взаимовыгодных отношений.

В завершение заседания члены НТС наметили основные направления своей работы: обсуждение стратегии и необходимых шагов для своевременной реализации основных проектов Института, стратегии работы Учебно-научного центра ОИЯИ, диссертационных советов, Объединения молодых ученых и специалистов. Также было принято решение о создании специальной комиссии при НТС для расширения возможно-

стей обратной связи между лабораториями, сотрудниками научно-технического сектора и административными структурами и рассмотрения возникших вопросов на заседаниях НТС.

19 мая делегация ОИЯИ во главе со специальным представителем директора ОИЯИ по сотрудничеству с международными и российскими научными организациями Б. Ю. Шарковым приняла участие в техническом открытии первого Информационного центра ОИЯИ на базе штаб-квартиры Арабского агентства по атомной энергии (ААЕА) в Тунисе в рамках соглашения о партнерстве между ААЕА и ОИЯИ. На открытии, которое широко освещалось местными СМИ, присутствовали представители Министерства иностранных дел Туниса и руководство Института ядерных наук и технологий от лица Министерства высшего образования и научных исследований Туниса.

Мероприятие открыл старший научный сотрудник ЛНФ ОИЯИ, ответственное лицо ОИЯИ по связям с ААЕА В. Бадави, который поздравил коллег с этим событием. С приветственной речью выступил генеральный директор ААЕА профессор С. Хамди.

Б. Ю. Шарков в своем выступлении, в частности, подчеркнул важную роль Инфоцентра и «Виртуальной лаборатории» в привлечении молодых ученых из стран-членов ААЕА и африканских стран для получения передовых научных знаний и навыков.

Технический запуск Инфоцентра предваряла презентация проекта «Виртуальная лаборатория» (VLab), на которой Н. Е. Сидоров (ЛФВЭ) представил его возможности и продемонстрировал работу VLab на примере эксперимента, после чего участники мероприятия смогли сами попробовать провести виртуальные эксперименты.

Участники церемонии поделились впечатлениями и обсудили планы на будущее. Руководители делегаций в торжественной обстановке подписали протокол совместного координационного комитета, прошедшего накануне по видеосвязи, планирующего взаимодействие ААЕА и ОИЯИ и закрепившего шаги по открытию и запуску работы Информационного центра ОИЯИ в ААЕА.

26 мая в Ташкенте (Узбекистан) на базе Института ядерной физики АН Республики Узбекистан состоялось заседание комитета по неэнергетическому применению ядерных технологий консультативного совета Международного центра исследований на базе реактора МБИР (Дмитровград, Россия). Объединенный институт на встрече представлял вице-директор ОИЯИ Л. Костов, который сообщил, что Институт вместе с коллегами уже начал работу над исследовательской программой строящейся установки.

Работу заседания приветственной речью открыл президент Академии наук Республики Уз-

бекистан, иностранный член РАН, полномочный представитель Правительства Республики Узбекистан в ОИЯИ Б. С. Юлдашев.

Выступая перед собравшимися, вице-президент РАН, председатель консультативного совета МЦИ МБИР доктор химических наук С. Н. Калмыков подчеркнул, что исследования на реакторе МБИР откроют дорогу к многосторонним научным коллаборациям.

Вице-директор ОИЯИ доктор физико-математических наук Л. Костов отметил растущий интерес к нейтронным исследованиям во всем мире и рассказал об участии ОИЯИ в крупных международных исследовательских проектах класса мегасайенс, одним из которых стал проект МЦИ МБИР: совместно с Физико-энергетическим институтом ОИЯИ ведет подготовительные работы по разработке исследовательской программы на выведенных каналах МБИР.

В мероприятии очно и в онлайн-формате приняли участие более 40 представителей крупнейших российских и зарубежных предприятий атомной отрасли, а также ведущих научных и образовательных организаций Узбекистана, Казахстана, КНР, Армении, Алжира, Бразилии, ЮАР, а также представители МАГАТЭ. Участники обсудили цели и задачи проекта МБИР, перспективы расширения коллаборации вокруг него, а также вовлечение студентов в научную работу в рамках МБИР.

29 мая в Доме международных совещаний ОИЯИ состоялось открытие 16-й Международной стажировки молодых ученых и специалистов стран СНГ, для участия в которой в Дубне собрались молодые ученые и специалисты из Азербайджана, Армении, Белоруссии, Казахстана, Киргизии, России, Таджикистана, Узбекистана.

Организатором стажировки выступает Международный инновационный центр нанотехнологий СНГ (МИЦНТ СНГ), созданный в 2010 г. при участии ОИЯИ и еще 12 научных и образовательных организаций из 8 стран. МИЦНТ СНГ ежегодно проводит стажировки при поддержке Межгосударственного фонда гуманитарного сотрудничества государств-участников СНГ и ОИЯИ.

Помощник директора ОИЯИ по проектам развития, директор МИЦНТ СНГ А. В. Рузаев рассказал участникам стажировки об истории создания центра, целях и направлениях его работы. За период с 2010 по 2023 г. в стажировках приняли участие около 400 человек, а гранты МИЦНТ СНГ на разработку научных и инновационных проектов получили более 180 молодых ученых и специалистов. Он также подчеркнул, что эффективность таких мероприятий доказывает сложившаяся за эти годы позитивная практика, когда молодые люди из разных стран, побывав в Дубне, в дальнейшем продолжают совместную работу, делают общие публикации в журналах и т. д.

На открытии перед участниками стажировки с ознакомительными лекциями выступили главный ученый секретарь ОИЯИ С. Н. Неделько, старший специалист Департамента международного сотрудничества Е. А. Бадави, начальник отдела инноваций и интеллектуальной собственности И. Ф. Ленский, главный инженер Института Б. Н. Гикал. Состоялась неформальная встреча стажеров с руководителями национальных групп сотрудников ОИЯИ.

За время стажировки до 27 июня участники побывали с экскурсиями в лабораториях ОИЯИ и на предприятиях наукограда, а также в интернациональных командах по 4–5 человек готовили и защитили совместные научные проекты. Авторы лучших работ получили возможность стать грантополучателями МИЦНТ СНГ.

29 мая делегация ОИЯИ под руководством директора Г. В. Трубникова прибыла с визитом в Мексику для участия во встрече по подготовке объединенного комитета по сотрудничеству ОИЯИ–Мексика в рамках реализации Совместной декларации о намерениях между ОИЯИ и Национальным советом по науке и технологиям Мексики (CONACYT), подписанной в ходе Ученого совета ОИЯИ 16 февраля 2023 г.

Накануне встречи состоялась беседа директора ОИЯИ Г. В. Трубникова с генеральным директором CONACYT М. Э. Альварес-Буйя Росес. Стороны обменялись мнениями о состоянии сотрудничества мексиканских и дубненских ученых и видением его будущего. Во встрече приняли участие вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе и экс-президент Мексиканского физического общества и профессор Института физики Мексиканского национального автономного университета (UNAM), член Ученого совета ОИЯИ А. М. Четто Крамис, координаторы по сотрудничеству А. Аяла (UNAM) и Д. В. Каманин (УНЦ ОИЯИ), а также координатор по коммуникациям и директор по международному сотрудничеству CONACYT О. Чавира.

Стороны обсудили планы и ожидаемые результаты работы комитета с точки зрения выбора совместных проектов, рекомендаций конкретным мексиканским ученым для долговременных стажировок в ОИЯИ, выделения ресурсов, а также распространения информации. Координаторы сотрудничества проинформировали участников встречи об опыте, накопленном за последние пять лет в ходе кооперации по проекту NICA, и о текущих возможностях ее развития в широком тематическом диапазоне.

Участники заседания уделили особое внимание вопросам взаимодействия ОИЯИ и мексиканских организаций в области радиобиологии и радиационной медицины. Также подчеркивалась важность подготовки высококвалифицированных кадров, в частности, был отмечен успешный опыт участия студентов и аспирантов страны в программах ОИЯИ INTEREST и START. Представи-

тели ОИЯИ озвучили интересные возможности кооперации в сфере информационных технологий, использования трековых мембран и ядерных аналитических методов.

Делегацию ОИЯИ тепло приветствовали в Мексиканском национальном автономном университете, где в течение двух дней были проведены презентации, семинары и встречи в формате круглых столов для студентов и научных сотрудников университета. Доклады, сделанные членами делегации ОИЯИ, охватили широкий круг вопросов, демонстрируя тем самым разнообразие областей деятельности ОИЯИ.

31 мая делегация ОИЯИ посетила Школу наук (FC) и Институт физики (IF) UNAM, где провела два параллельных семинара для студентов и ученых университета. Делегацию приветствовала директор IF М. Родригез Виллафуэрте, после чего для членов делегации провели экскурсию по лабораториям. Представителям ОИЯИ продемонстрировали возможности IF для исследователей, а также некоторые проекты, над которыми в IF ведется работа. Состоялись параллельные сессии в формате круглого стола, в ходе которых делегация ОИЯИ продолжила обсуждение перспективных совместных исследований и возможностей кооперации. Одна из сессий была подготовлена для студентов старших курсов. Они смогли задать вопросы об установлении связи с ОИЯИ, шагах, которые необходимо предпринять, чтобы участвовать в стажировках и практиках ОИЯИ, а также об условиях работы в Институте.

2 июня рабочая программа продолжилась в Морелии, в Мичоаканском университете Сан-Николас-де-Идальго (UMSNH). Представители ОИЯИ сделали доклады об Институте, его проектах и

возможностях для исследований и стажировок, а также приняли участие в круглом столе, посвященном вопросам научного сотрудничества и возможностям по подготовке кадров. Помимо исследователей, мероприятие привлекло внимание студентов университетов, и за каждой презентацией следовали многочисленные вопросы.

Делегация ОИЯИ провела также ряд презентаций в семинарском центре им. Игнасио Чавеса (Unidad de Semanarios) университета UNAM. Мероприятие привлекло внимание исследователей и профессоров из университетов UNAM, UMSNH, Университета штата Пуэбла (BUAP), Национального онкологического института (INCAN), Центра передовых исследований (Cinvestav), Автономного университета Столичного региона (UAM), Университета Колимы (UCol), Автономного университета Синалоа (UAS) и Университета Америк в Пуэбле (UDLAP).

17 июня во Владикавказе состоялось торжественное подписание Меморандума о взаимопонимании по вступлению Северо-Осетинского государственного университета им. К. Л. Хетагурова в коллаборацию ARIADNA для проведения программы прикладных исследований на ускорительном комплексе NICA. Церемония прошла на площадке Информационного центра ОИЯИ на Юге России в СОГУ, где в этот же день начало работу трехдневное рабочее совещание «Прикладные исследования на комплексе NICA: перспективы сотрудничества РСО-Алания-ОИЯИ». На открытии мероприятия выступили директор ОИЯИ Г. В. Трубников и ректор СОГУ А. Огоев.

В ходе совещания доклад о статусе проекта NICA сделал В. А. Лебедев. О научной програм-

Мехико (Мексика), 29 мая. Организационная встреча по сотрудничеству ОИЯИ-Мексика с участием делегации ОИЯИ под руководством директора Г. В. Трубникова



Владикавказ, 17 июня. Подписан Меморандум о взаимопонимании по вступлению Северо-Осетинского государственного университета им. К. Л. Хетагурова в коллаборацию ARIADNA (Фото: пресс-служба СОГУ)



ме ARIADNA рассказал О. В. Белов. Ход создания облучательных станций для прикладных исследований осветил А. А. Сливин. Участники заслушали доклады по радиационному материаловедению, исследованиям в области наук о жизни и по смежным задачам современных радиационных технологий, обменялись мнениями относительно статуса реализации проекта NICA, научной программы ARIADNA и создания соответствующей инфраструктуры для проведения экспериментов.

Работу совещания продолжил круглый стол с участием представителей СОГУ им. К. Л. Хетагурова, СКГМИ (ГТУ), а также научно-производственных компаний ООО «ВТЦ БАСПИК» и АО «НИИЭМ», которые проинформировали о деятельности своих организаций.

Участники рабочего совещания посетили Центр коллективного пользования СОГУ им. К. Л. Хетагурова и ознакомились с аналитическим оборудованием центра.

5 июля состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ под председательством Е. А. Колгановой. Члены НТС заслушали доклад директора ОИЯИ Г. В. Трубникова об итогах деятельности Института за первую половину 2023 г., а также рассмотрели отчет о деятельности ОМУС ОИЯИ, представленный его председателем В. А. Рожковым.

Директор ОИЯИ проинформировал собравшихся о том, что в лабораториях Института получены заметные научные результаты, активно обновляется инфраструктура, оптимизируется работа институтских служб. Председатель ОМУС сообщил о расширении спектра его деятельности, новых мероприятиях, а также о работе по ак-

туализации Положения о молодежных премиях ОИЯИ и Положения ОМУС.

8 июля состоялся визит в Институт нового полномочного представителя Правительства Республики Куба в ОИЯИ, директора Центра радиационной защиты и гигиены Г. Вальвина Саласа. На встрече с дирекцией Института стороны обсудили перспективы сотрудничества, связанные в первую очередь с разработкой образовательных программ обмена для молодых ученых и специалистов. В ходе визита гость ознакомился с объектами научной инфраструктуры ОИЯИ: посетил ускорительный комплекс NICA, наноцентр ЛЯР, центр управления Многофункциональным информационно-вычислительным комплексом ОИЯИ и побывал на интерактивной выставке «Базовые установки ОИЯИ». Кубинский полномочный представитель также принял участие в работе совещания рабочей группы при председателе КПП ОИЯИ по финансовым вопросам.

24 июля ОИЯИ посетила делегация Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) (Челябинск) во главе с ректором А. Р. Вагнером. На встрече с директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым гости из Челябинска представили яркие результаты совместного проекта ЮУрГУ и ЛРБ по разработке программного продукта «Интеллектуальная система анализа поведенческих паттернов», ведущегося в рамках договора о сотрудничестве между ОИЯИ и ЮУрГУ. За несколько месяцев сотрудничества создан прототип программного обеспечения на основе нейросетевых алгоритмов для автоматизированной обработки видеоданных, полученных в резуль-

тате выполнения поведенческих экспериментов с мелкими лабораторными животными. Создаваемое программное обеспечение позволит существенно уменьшить трудоемкость обработки данных радиобиологических экспериментов, проводимых ЛРБ ОИЯИ с целью изучения механизмов действия ионизирующих излучений на центральную нервную систему и развитие нейродегенеративных заболеваний.

По итогам обсуждения результатов проекта был подписан акт о статусе выполненных работ. Стороны наметили шаги по доработке и продвижению разрабатываемого программного продукта, который может быть интересен широкому кругу организаций, работающих в области биологии, медицины и тестирования фармпрепаратов. Была также достигнута договоренность о дальнейшем укреплении и расширении междисциплинарного научного сотрудничества, организации научных и образовательных мероприятий с привлечением студентов и аспирантов.

26–28 июля в Вене проходило 42-е консультативное совещание представителей по связи с ИНИС в МАГАТЭ при участии секретариата ИНИС МАГАТЭ и центров ИНИС из 62 государств-членов и двух международных организаций, включая представителя ОИЯИ в лице С. Н. Кругловой.

Совещание открылось приветствием координатора ИНИС МАГАТЭ Б. Вейлса, выступлением директора отдела планирования и управления информацией и знаниями МАГАТЭ В. Хуана, а также видеообращением заместителя генерального директора МАГАТЭ М. Чудакова.

Была выражена признательность национальным центрам и секретариату ИНИС за приложенные усилия и успешную работу в 2022 г.: ввод почти 125 тыс. новых записей. Коллекция ИНИС насчитывает сейчас около 4,6 млн библиографических записей и 2,17 млн полнотекстовых документов.

ИНИС активно поддерживает идеи открытой науки и открытого доступа. Х. Махмуд (ИНИС МАГАТЭ) рассказала об участии МАГАТЭ в проекте SCOAP³ (Спонсорский консорциум для открытого доступа к публикациям в области физики элементарных частиц), в котором принимает участие и ОИЯИ. В 2020 г. проект запустил программу «Книги», и теперь наряду с научными статьями пользователи имеют доступ к коллекции книг по физике частиц. ИНИС выступил с инициативой предоставить доступ к имеющимся в коллекции книгам через свою платформу.

Было уделено внимание проблеме участия женщин и наличию гендерного разрыва в науке. Так, М. Найденова (МАГАТЭ) представила программу стипендий им. М. Склодовской-Кюри МАГАТЭ, призванную способствовать увеличению числа женщин в ядерной области, обеспечивая инклюзивные условия образования для создания кадрового задела, включающего как мужчин, так и женщин, которые способны внести

свой вклад в глобальные научно-технические инновации и стимулировать их развитие.

Презентации о деятельности ИНИС на местах подготовили представители Болгарии, Канады, Индонезии, Замбии, России, Чили, США, ОИЯИ.

Координатору ИНИС МАГАТЭ Б. Бейлсу был вручен фотоальбом, приуроченный к празднованию 65-летия ОИЯИ. Первое соглашение между ОИЯИ и МАГАТЭ о вступлении Института в ИНИС и создании рабочей группы по вводу материалов было подписано еще в 1973 г.

Во второй половине августа состоялся рабочий визит делегации ОИЯИ в Исламабад (Пакистан) по приглашению руководства Национального центра физики Пакистана. В рамках рабочей поездки представители ОИЯИ побывали в Национальном центре физики Пакистана, в Институте плазмы и Пакистанском институте ядерной науки и технологий, где обсудили возможные направления развития сотрудничества. Состоялись встречи с руководством комиссии по высшему образованию, курирующей деятельность всех университетов страны, и руководством Национального комплекса электроники Пакистана. Обсуждались возможные проекты в областях ядерной физики, физики высоких энергий, материаловедения, информационных технологий и подготовки кадров. Стороны наметили практические шаги к дальнейшему укреплению сотрудничества.

22 августа, в день 110-летия со дня рождения выдающегося итальянского и советского физика Б. М. Понтекорво, в выставочном зале Дома культуры «Мир» ОИЯИ открылась выставка, организованная ЛЯП ОИЯИ. На экспозиции были представлены дружеские шаржи М. Биленького, созданные в 1988 г., фото Ю. А. Туманова разных лет, документы из мемориального кабинета ученого в Лаборатории ядерных проблем. В рамках мероприятия состоялась презентация брошюры с воспоминаниями о выдающемся ученом.

Выставку торжественно открыл директор ОИЯИ Г. В. Трубников, который поприветствовал гостей и поблагодарил организаторов за большую работу, проведенную со скрупулезностью и трепетным вниманием к памяти об известном ученом.

Заместитель директора ЛЯП Д. В. Наумов отметил, что в лаборатории в первозданном виде сохраняется кабинет Бруно Максимовича, уже много лет вручается премия его имени, а также осуществляется поддержка молодежи грантами имени выдающегося ученого.

Коллега и соратник знаменитого физика, главный научный сотрудник ЛЯП ОИЯИ В. И. Комаров представил собравшимся брошюру с воспоминаниями о Б. М. Понтекорво.

Торжественный вечер завершился показом документального фильма «Бруно Понтекорво» режиссера Э. П. Власовой («Наука-видео», 2003).

Съемки проходили в Пизе, где родился ученый, в Риме, где он учился, и в Дубне, где прожил большую часть жизни. В фильме о великом ученом вспоминают его близкие, друзья и коллеги: брат, известный режиссер Дж. Понтекорво, сыновья Джиль и Тито, друг и соратник ученого С. М. Биленький, а сам Бруно Максимович увлекательно рассказывает о том, как Ферми и его учениками, в числе которых был и Б. М. Понтекорво, было сделано эпохальное открытие замедления нейтронов.

28–30 августа делегация ОИЯИ во главе со специальным представителем директора ОИЯИ по сотрудничеству с международными и российскими научными организациями Б. Ю. Шарковым находилась в г. Винь (Вьетнам), где приняла участие в 8-й академической конференции по естественным наукам для молодых ученых, магистров и аспирантов из стран ASEAN (Ассоциация государств Юго-Восточной Азии).

На конференции студентам и молодым ученым были представлены передовые проекты, достижения и возможности ОИЯИ, научные программы по привлечению иностранных студентов, разработанные Учебно-научным центром ОИЯИ, а также программы университета «Дубна», предоставляющие возможность иностранным студентам и аспирантам, приезжающим на обучение в дубненский университет, осуществить исследовательский проект на базе ОИЯИ для последующей защиты и получения квалификационной степени.

В рамках конференции была развернута мультимедийная выставка ОИЯИ, на которой участники смогли ознакомиться с основными проектами и «побывать» на базовых

установках Института, совершив виртуальную экскурсию.

Делегация ОИЯИ провела ряд встреч, нацеленных на формирование долгосрочной программы сотрудничества с научными и образовательными учреждениями Вьетнама, в том числе с Университетом г. Винь, в области подготовки кадров. Как страна-участница ОИЯИ Вьетнам заинтересован в активном развитии сотрудничества и в осуществлении координации научно-образовательной повестки в странах Юго-Восточной Азии.

На встрече с президентом университета Нгуеном Хай Бангом представители ОИЯИ обсудили возможные совместные проекты в образовательной сфере, в частности, региональные студенческие стажировки для стипендиатов, магистров и аспирантов, договорились о подготовке соглашения о намерениях и укреплении двусторонних отношений между Университетом г. Винь и ОИЯИ.

10–11 сентября проходил визит в ОИЯИ делегации Китайской Народной Республики во главе с заместителем министра науки и технологий КНР академиком Ву Чжаохуэйем. Первый день визита китайских коллег был посвящен знакомству с научной инфраструктурой ОИЯИ: состоялись экскурсии в ЛФВЭ и ЛЯР.

11 сентября прошло 1-е заседание совместного координационного комитета в рамках протокола Министерства науки и высшего образования России, Министерства науки и технологий Китая, ОИЯИ и Китайской академии наук об укреплении сотрудничества в области фундаментальных научных исследований.

Винь (Вьетнам), 28–30 августа. Делегация ОИЯИ на встрече с руководством Университета г. Винь



Дубна, 10–11 сентября. Визит в ОИЯИ делегации Китайской Народной Республики во главе с заместителем министра науки и технологий КНР академиком Ву Чжаохуэем





Заседание открыли сопредседатели комитета директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников и заместитель министра науки и технологий КНР академик АН КНР Ву Чжаохуэй. Стороны доложили о развитии проводимых научных исследований и обсудили совместную работу над научными проектами, представляющими взаимный интерес.

Г. В. Трубников представил китайским коллегам достижения Института, включая реализуемые и планируемые крупные научные проекты, а также действующие экспериментальные установки. В свою очередь, его китайский коллега Ву Чжаохуэй рассказал о поддержке, которая оказывается фундаментальным научным исследованиям в Китае в рамках специального десятилетнего плана.

Соруководители экспертной рабочей группы (ЭРГ), действующей при комитете, научный руководитель ОИЯИ академик В. А. Матвеев и научный сотрудник Института физики высоких энергий АН КНР академик АН КНР Чен Хешенг представили вниманию участников заседания итоги первой встречи ЭРГ, состоявшейся 4 сентября. Рабочая группа рассмотрела 18 проектов, предложенных совместно ОИЯИ и китайскими университетами и исследовательскими центрами, признав их важность и большой научный интерес для фундаментальных исследований в ОИЯИ и Китае. Члены координационного комитета обсудили и одобрили план реализации и фи-

нансирования совместных проектов, рекомендованный ЭРГ.

Комитет отметил многолетнее успешное и взаимовыгодное сотрудничество между ОИЯИ и организациями науки и образования КНР в рамках подготовки экспериментов MPD и SPD на строящемся коллайдере тяжелых ионов NICA, а также сотрудничество в рамках экспериментов BESIII и JUNO, экспериментов в области физики тяжелых ионов, нейтронной физики, НИОКР медицинских ускорителей, передовых исследований в области теоретической физики. В завершение мероприятия стороны подписали протокол первого заседания совместного координационного комитета ОИЯИ и КНР.

15 сентября итоги 23-й Международной стажировки JEMS (JEMS-23) подвел традиционный круглый стол с дирекцией ОИЯИ. На этот раз стажировка JEMS была впервые организована специально для представителей университетов и научных центров Южно-Африканской Республики в ответ на растущий интерес к развитию сотрудничества, в частности, в вопросах подготовки кадров.

Вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе, открывая работу круглого стола JEMS-23, поприветствовал представителей 11 университетов и двух научных центров ЮАР и отметил более чем 30-летнюю историю сотрудничества ОИЯИ с уче-

Дубна, 12 сентября.

Представители посольства Южно-Африканской Республики в РФ на экскурсии в ЛФВЭ





ными Южной Африки. Научный руководитель ОИЯИ академик В. А. Матвеев пожелал участникам новых успехов в своих научных организациях после прохождения практики JEMS. Со стороны дирекции ОИЯИ в работе круглого стола также принимал участие главный ученый секретарь С. Н. Неделько. Делегацию ЮАР возглавлял заместитель директора национального ускорительного центра iThemba LABS, координатор совета ЮАР по сотрудничеству с ОИЯИ Р. Нчоду.

В ходе круглого стола представители ЮАР поделились впечатлениями о прохождении стажировки, рассказали о своей деятельности, обозначив основные области исследований в своих институтах и научных центрах, а также отметили полученный полезный опыт, новые знания и идеи, которые будут способствовать улучшению их образовательной и исследовательской деятельности.

Одной из особенностей JEMS-23 стало участие представителей технологических институтов ЮАР — Центрального технологического университета (CUT) и Технологического университета Тсване (TUT), у которых ранее не было совместных проектов с ОИЯИ. Зав. кафедрой математического, естественно-научного и технологического образования профессор Г. Бьюкес из университета CUT поблагодарил ОИЯИ за возможность познакомиться с идеями развития научных инициатив и способов повышения квалификации специалистов.

Работу круглого стола завершила торжественная церемония вручения участникам сертификатов о прохождении стажировки JEMS-23.

22 сентября в Дубне на 134-й сессии Ученого совета ОИЯИ были объявлены первые лауреаты премии «Оганесон». Премия учреждена по предложению и за счет средств научного руководителя ЛЯР академика Ю. Ц. Оганесяна при поддержке Сбербанка. Учредителями премии выступают Ю. Ц. Оганесян и ОИЯИ.

Независимое жюри международных экспертов под председательством научного руководителя Национального центра физики и математики академика А. М. Сергеева вынесло решение о присуждении премии «Оганесон» в 2023 г.:

- А. М. Четто Крамис, профессору физики Национального автономного университета Мексики, члену Ученого совета ОИЯИ, за выдающиеся научные работы в области квантовой механики и теоретической физики, за огромный личный вклад в укрепление глобального научного сотрудничества во имя мира и устойчивого развития;

- М. Е. Швыдкому, доктору искусствоведения, художественному руководителю Московского театра мюзикла, деятелю культуры, общественному и государственному деятелю, за выдающийся личный вклад в развитие международного научного и культурного сотрудничества, популяризацию достижений современной науки в средствах массовой информации;

- В. Г. Першиной, профессору химии (GSI, Дармштадт, Германия), за теоретические исследования электронного строения и химических свойств сверхтяжелых элементов Периодической таблицы Д. И. Менделеева;

• В. А. Семину (в номинации для молодых лауреатов), начальнику научно-технологического отдела ускорителей ЛЯР ОИЯИ, за существенный личный вклад на раннем этапе научной карьеры в создание новых базовых экспериментальных установок ОИЯИ, обеспечивающих получение прорывных научных результатов в области ядерной физики.

Премия «Оганесон» будет присуждаться ежегодно за значимые достижения в теоретических и экспериментальных исследованиях в области физики, химии, биологии и прикладных задач, а также за творческую деятельность в области образования и популяризацию науки. В конкурсе на соискание премии могут участвовать отдельные научные, инженерные и технические специалисты или авторские коллективы (не более трех человек), чей вклад явился определяющим в решении научных задач и популяризаторских проектов.

2–3 октября проходил визит в ОИЯИ делегации НАН Республики Казахстан (НАН РК) во главе с президентом правления НАН РК К. Закарьей. На встрече в дирекции ОИЯИ обсуждались вопросы сотрудничества в сфере подготовки кадров, расширения круга совместных исследований и участия Казахстана в распределенной вычислительной сети ОИЯИ. Было отмечено, что казахстанская национальная группа — самая многочисленная в ОИЯИ. В Институте в настоящее время работает от 80 до 100 человек из Казахстана. Представители Казахстана задействованы в проектах практически всех лабораторий Института.

В числе главных направлений совместной кооперации — подготовка кадров в сфере ядерных технологий, взаимодействие в области создания реакторов и ускорителей для промышленности, ядерной медицины и биотехнологий, а также в развитии облачной распределенной инфраструктуры ОИЯИ на платформе DIRAC, к которой подключен ИЯФ в Алматы. В качестве дополнительных проектов рассматривается применение ядерно-физических методов в биомониторинге, а также участие ОИЯИ в создании в Казахстане междисциплинарных центров по направлениям исследований ОИЯИ. Представители Республики Казахстан высоко оценили экспертизу ОИЯИ в создании ускорительной техники и экспериментальных установок на выведенных пучках нейтронов.

По итогам встречи было подписано соглашение о намерениях между ОИЯИ и НАН Республики Казахстан, которое, по общему мнению сторон, способно придать новый импульс развитию сотрудничества не только с Институтом ядерной физики в Алма-Ате, его филиалом в Астане и университетами, но и с другими научными центрами Казахстана.

Представители руководства НАН РК посетили лаборатории ОИЯИ, где ознакомились с флаг-

манскими проектами Института. Была также проведена встреча с членами национальной группы Республики Казахстан в ОИЯИ.

Со 2 по 6 октября представительная делегация ОИЯИ находилась в Белграде (Республика Сербия), где принимала участие в международной школе «Дни NICA 2023», проходившей в смешанном формате в Институте ядерных наук «Винча» 2–3 октября в преддверии 12-го коллаборационного совещания по эксперименту MPD, которое состоялось в Белграде 4–6 октября. Организаторами мероприятия выступили Институт ядерных наук «Винча» и ОИЯИ.

2 октября прошла встреча делегации ОИЯИ с высокопоставленными представителями научного руководства Республики Сербии, посвященная обсуждению широкого спектра вопросов, связанных с углублением сотрудничества между ОИЯИ и сербскими научными организациями, а также с постепенным изменением статуса Сербии в ОИЯИ от ассоциированного до полноправного члена.

Были отмечены исторически теплые и тесные связи между ОИЯИ и Сербией, положительный опыт участия специалистов из Сербии в эксперименте MPD по изучению коллективных эффектов в столкновениях тяжелых ядер через измерение многочастичных корреляций. Был озвучен ряд предложений по повышению мобильности участвующих в совместных исследованиях групп и проведению студенческих обменов для более эффективного привлечения к исследованиям молодых специалистов. В заключение стороны подчеркнули необходимость в проведении регулярных встреч и поддержке постоянных контактов.

С сербской стороны во встрече приняли участие государственный секретарь Министерства образования, науки и технологического развития В. Гроздич со старшим советником С. Богданович, директор Института ядерных наук «Винча» С. Пайович и и. о. помощника министра международного сотрудничества и европейской интеграции И. Вукашинович. ОИЯИ представляли вице-директор Института В. Д. Кекелидзе, заместитель директора ЛФВЭ ОИЯИ по научной работе А. С. Сорин, председатель программно-консультативного комитета ОИЯИ по физике частиц И. Церруя, председатель совета институтов коллаборации MPD А. Аяла, руководитель коллаборации MPD В. Г. Рябов, а также сотрудник Департамента международного сотрудничества ОИЯИ О. М. Коротчик.

В тот же день стартовала международная школа «Дни NICA 2023», нацеленная на привлечение новых ученых и студентов в мегасайенс-проект по созданию ускорительного комплекса NICA. На открытии школы с приветственным словом выступили вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе и директор Института ядерных исследований «Винча» С. Пайович, которая, в частности, подчеркнула, что в год 75-летия института «Винча»

его ученые принимают участие в организации «Дней NICA 2023».

На школе ведущие ученые Института рассказали о статусе проекта NICA и его экспериментальных установок: BM@N, MPD и SPD; был прочитан цикл лекций, посвященных обзору физических явлений, изучаемых при столкновениях тяжелых ионов, и экспериментальных методов, используемых для измерения интересующих физиков сигналов, которые имеют отношение к проекту NICA.

16–19 октября в Доме международных совещаний ОИЯИ проходило совещание «Индия–ОИЯИ: на переднем крае фундаментальных и прикладных исследований», для участия в котором в Дубну приехала делегация ученых из ведущих университетов и научных центров Индии, таких как VECC (Калькутта), TIFR (Мумбаи), NISER (Бхубанешвар), IIT (Дели, Бхилаи, Бомбей, Индор, Канпур, Мадрас), NIT (Джаландхар, Патна), университетов (Университет Дели, Пенджабский университет, Индуистский университет Бенараса, Коттонский университет, Ассам), и многих других учебных заведений, представляющих почти все географические регионы Индии. Всего совещание собрало более 200 участников. Целью мероприятия было подтвердить большой взаимный интерес и найти новые перспективные формы сотрудничества, в том числе наладить более интенсивный научный обмен между учеными и аспирантами Индии и ОИЯИ.

В день открытия совещания с приветственным словом к его участникам обратились посол Индии в РФ П. Капур, прибывший с визитом в ОИЯИ, и директор Института Г. В. Трубников, вы-

соко оценив эффективность взаимодействия индийских физиков и ученых ОИЯИ и перспективы развития партнерских отношений между ОИЯИ и Индией.

В ходе работы совещания ученые ОИЯИ и индийские коллеги заслушали и обсудили порядка 90 докладов по теоретическим и экспериментальным аспектам исследований в области физики элементарных частиц и ядерной физики, физики конденсированного состояния, информационных технологий, а также по направлениям прикладных исследований.

Для индийской делегации была организована экскурсия на ключевые объекты научной инфраструктуры ОИЯИ для ознакомления с флагманскими проектами, ведущимися исследованиями и планируемыми экспериментами.

17 октября в Мехико (Мексика) в Национальном совете по науке и технологиям Мексики (CONACYT) в гибридном формате состоялось расширенное заседание объединенного координационного комитета (ОКК) ОИЯИ–Мексика. В ходе заседания членами комитета были заслушаны доклады представителей университетов и исследовательских институтов Мексики и ОИЯИ, посвященные перспективным направлениям для расширения сотрудничества.

Делегацию ОИЯИ на заседании возглавил вице-директор и сопредседатель комитета В. Д. Кекелидзе. По итогам заседания члены ОКК определили пять проектов в качестве основы для развития кооперации ОИЯИ–Мексика. Тематика проектов охватывает физику высоких энергий, материаловедение, радиационные и радиохими-

Мехико (Мексика), 17 октября.

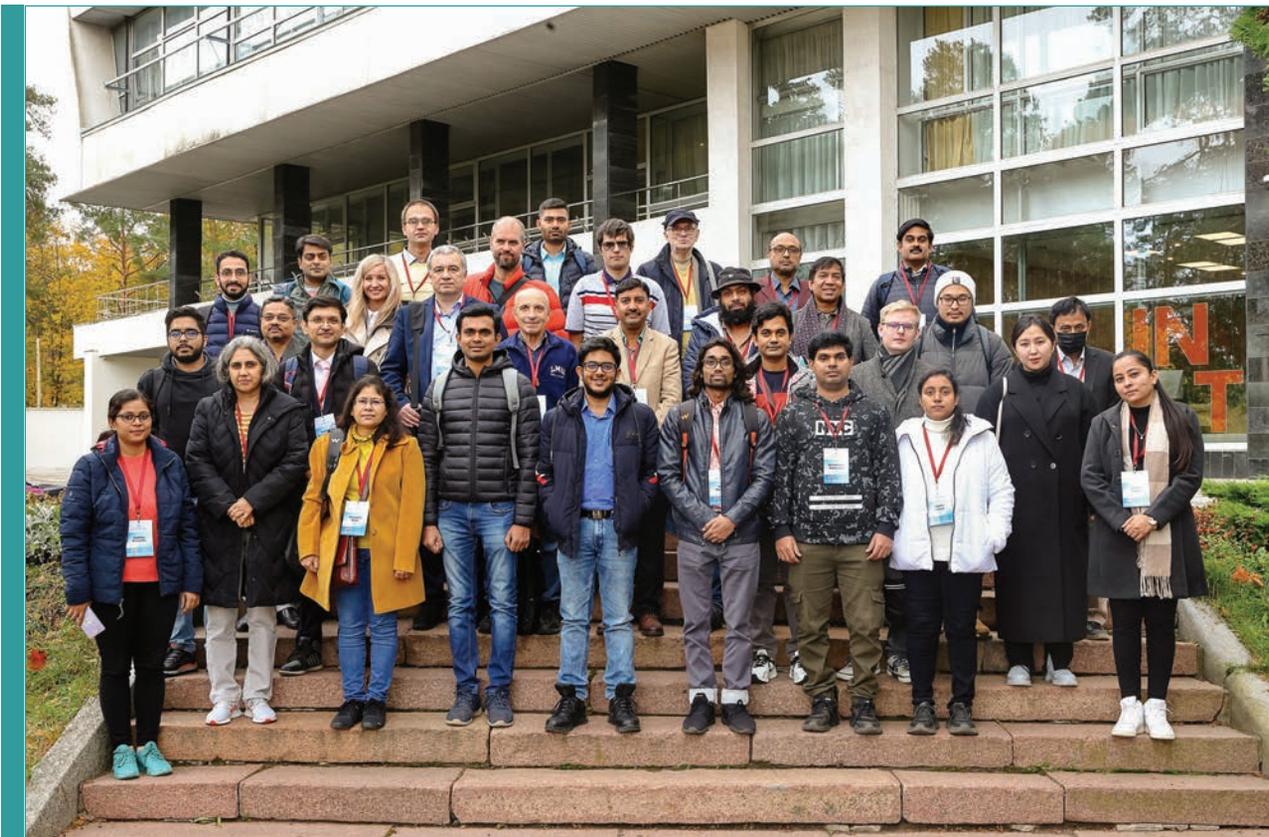
Участники расширенного заседания объединенного координационного комитета ОИЯИ–Мексика



16–19 октября.

Совещание «Индия–ОИЯИ: на переднем крае фундаментальных и прикладных исследований»





ческие исследования, радиобиологию, ядерную физику и ускорительные технологии. Проекты предполагают взаимные визиты и возможности для участия студентов и молодых ученых.

23 октября ОИЯИ посетил заместитель директора ускорительного центра iThemba LABS (ЮАР) д-р Р. Немутуди. Программа визита началась с его знакомства с научной инфраструктурой лабораторий ОИЯИ и продолжилась круглым столом с участием гостя и представителей руководства ОИЯИ.

В круглом столе приняли участие специальный представитель директора ОИЯИ по сотрудничеству с международными и российскими научными организациями Б. Ю. Шарков, руководитель Департамента международного сотрудничества О.-А. Куликов и руководитель группы южноафриканских сотрудников в ОИЯИ А. Россоу. Стороны рассмотрели наиболее актуальные направления расширения сотрудничества ОИЯИ и iThemba LABS, среди которых особый интерес представляют возможности участия южноафриканских молодых ученых в программе стипендиатов ОИЯИ, а также в стажировке JEMS.

С 23 по 25 октября в г. Стелленбос (ЮАР) проходила 5-я встреча рабочей группы БРИКС по исследовательской инфраструктуре (BRICS GRAIN), в которой приняли участие представители ОИЯИ: главный ученый секретарь С. Н. Неделько, директор УНЦ Д. В. Каманин и заместитель главного ученого секретаря А. С. Жемчугов.

На встрече была заслушана информация о текущем состоянии исследовательской инфраструктуры ОИЯИ и планах ее дальнейшего развития. Прозвучали доклады о возможностях для международного научного сотрудничества и программах подготовки кадров. Глава делегации ОИЯИ С. Н. Неделько сделал сообщение о статусе реализации ускорительного комплекса NICA и четырех коллаборациях этого мегасайенс-проекта. В частности, впервые члены рабочей группы по BRICS GRAIN смогли ознакомиться с работами в рамках коллаборации по прикладным исследованиям ARIADNA, ее планами и перспективами. В рамках заседания состоялся ряд встреч делегации ОИЯИ с коллегами из других стран, направленных на развитие партнерской сети в странах БРИКС.

Программа пребывания делегации ОИЯИ включала также рабочие визиты на объекты исследовательской инфраструктуры в районе Кейптауна: в ускорительную лабораторию iThemba LABS, центр высокопроизводительного компьютинга CHPC, а также в офис Южноафриканской инфраструктурной сети демографических исследований SAPRIN.

В конце октября делегация ОИЯИ под руководством вице-директора Л. Костова посетила Арабскую Республику Египет (АРЕ), где состоялся

ряд встреч в Академии научных исследований и технологий (ASRT), Египетском агентстве по атомной энергии (ЕАЕА), Городе науки, технологий и инноваций Зевейл и Национальном исследовательском центре (NRC). В состав делегации входили директор ЛНФ Е. В. Лычагин, заместитель директора ЛНФ С. А. Куликов, руководитель национальной группы АРЕ в ОИЯИ В. Бадави, председатель НТС ОИЯИ Е. А. Колганова и руководитель Департамента международного сотрудничества О.-А. Куликов.

Во время визита в Египетское агентство по атомной энергии делегация ОИЯИ встретилась с его руководством, а также была ознакомлена с инфраструктурой на базе многофункционального реактора ETRR-2: установкой нейтронного активационного анализа и нейтронной томографии, лабораторией для производства медицинских изотопов и цехом по производству топливных сборок для реактора. Стороны обсудили необходимость подготовки кадров для расчета, создания, эксплуатации и проведения экспериментов на запланированных новых станциях нейтронного рассеяния на реакторе ETRR-2, возможности проведения совместных экспериментов и научных мероприятий.

Состоялось 2-е заседание объединенного координационного комитета (ОКК) по сотрудничеству с Арабской Республикой Египет под руководством полномочного представителя Правительства АРЕ в ОИЯИ проф. М. Сакра и вице-директора ОИЯИ Л. Костова. Члены ОКК подвели итоги сотрудничества с египетскими научными партнерами за последние два года, а также наметили дальнейшие шаги по развитию новых механизмов взаимодействия.

Делегация из Дубны с особым интересом посетила Национальный исследовательский центр, который участвует в ряде совместных проектов, встретилась с руководством центра в лице его президента проф. Х. Дарвиша и вице-президента М. Моавада Али и посетила некоторые лаборатории, работающие на стыке физики, химии и биологии для решения задач в области материаловедения, медицины, продовольственной и экологической безопасности.

3 ноября в дирекции ОИЯИ состоялась встреча директора Г. В. Трубникова и президента Академии наук Республики Узбекистан, полномочного представителя Правительства Узбекистана в ОИЯИ Б. С. Юлдашева. Во встрече приняли участие вице-директор ОИЯИ Л. Костов и руководитель национальной группы Узбекистана в ОИЯИ А. Х. Инояттов. По итогам обсуждений была достигнута договоренность о реализации совместной с ИЯФ АН РУз программы исследований по радиационной модификации проводящих свойств высокотемпературных сверхпроводящих лент для ускорительных комплексов ОИЯИ.

На встрече было отмечено динамичное развитие сотрудничества в области ядерной анали-

тики, структурного анализа, информационных технологий и сейсмологии, а также вклад ОИЯИ в подготовку национальных кадров для академических институтов и вузов Узбекистана. В Институте ядерной физики АН РУз совместно со специалистами ЛНФ ОИЯИ создана уникальная высокочувствительная установка для структурного анализа веществ методом нейтронной радиографии и томографии; при поддержке специалистов ЛИТ ОИЯИ внедрена система облачных вычислений, позволившая повысить эффективность использования аппаратных ресурсов и интегрировать вычислительный центр ИЯФ в облачную сеть ОИЯИ; на контрольных площадках Института сейсмологии АН РУз запланированы работы по монтажу и вводу в действие прецизионных инклинометров, разработанных в ЛЯП ОИЯИ.

В ходе встречи Б. С. Юлдашев, будучи одним из авторов, представил Г. В. Трубникову пятитомный учебник «Ядерные технологии», издание которого было приурочено к 80-летию Академии наук Республики Узбекистан. В числе рецензентов издания — ведущие ученые ЛТФ, ЛЯР и ЛНФ ОИЯИ.

В начале ноября в Узбекистане проводилась «Неделя инновационных инсайтов молодых ученых: формирование будущего науки и технологий», в рамках которой на заседании Совета молодых ученых МААН состоялось торжественное подписание Письма о намерениях между Объединением молодых ученых и специалистов ОИЯИ и Советом молодых ученых Академии наук Республики Узбекистан. Документ подписали член Совета ОМУС от ЛФВЭ М. М. Шандов и председатель СМУ АН РУз С. Гулямов.

Документ предполагает установление долгосрочного сотрудничества между сторонами, направленного на эффективную координацию исследовательской деятельности молодых ученых, обмен опытом, совместную реализацию научных проектов и других мероприятий в интересах развития науки.

В течение недели проводилось активное обсуждение вопросов сотрудничества и обмена опытом в области искусственного интеллекта и машинного обучения, нанотехнологий, разработки новых материалов, применения технологий виртуальной и дополненной реальности, инновационных разработок в сфере медицины

Дубна, 3 ноября. Встреча директора Г. В. Трубникова и президента Академии наук Республики Узбекистан, полномочного представителя Правительства Узбекистана в ОИЯИ Б. С. Юлдашева



Ташкент (Узбекистан), 2 ноября. После подписания Письма о намерениях между ОМУС ОИЯИ и Советом молодых ученых Академии наук Республики Узбекистан



и др. В мероприятиях приняли участие молодые ученые из Узбекистана, России, Белоруссии, Армении, Азербайджана, Кыргызстана, ОИЯИ, МГУ, НИЦ «Курчатовский институт».

2–8 ноября проходил визит в ОИЯИ координатора группы исследований ОИЯИ–ЮАР по ядерной физике доктора И. Усман (Университет Витватерсранда, Йоханнесбург, ЮАР), которая выступила с докладом на семинаре по ядерной физике низких энергий в ЛТФ, а также посетила ЛЯР, где ознакомилась с экспериментальными установками фабрики СТЭ: MABP, SHELLS, CORSET и ACCULINNA-2 и встретилась с руководством лаборатории для обсуждения возможностей реализации новых совместных проектов между Университетом Витватерсранда и ЛЯР, перспектив сотрудничества с другими научными центрами ЮАР и участия студентов из ЮАР в программах ОИЯИ.

В числе представляющих взаимный интерес исследование гигантских дипольных резонансов на спектрометре MABP и теоретические исследования в коллаборации с учеными ЛТФ. Об успехе сотрудничества свидетельствуют многочисленные публикации в ведущих научных журналах. В ходе встреч стороны согласовали план работы на следующие три года: планируется продолжить всесторонний анализ полученных iThemba LABS экспериментальных данных и разработать потенциальные направления для дальнейших проектов. Национальный исследовательский фонд ЮАР активно поддерживает кооперацию и академический обмен ученых ЮАР и ОИЯИ и так-

же выдвинул несколько предложений для новых совместных проектов, которые позволят продолжать взаимовыгодное сотрудничество, наносить взаимные визиты и пополнять багаж знаний в области ядерных исследований.

7 ноября в Астане прошли встречи директора ОИЯИ Г. В. Трубникова с министром энергетики Республики Казахстан А. Саткалиевым и министром науки и высшего образования РК С. Нурбеком. В делегацию ОИЯИ входили вице-директор ОИЯИ Л. Костов, руководитель Департамента международного сотрудничества О.-А. Куликов, главный инженер ОИЯИ Б. Н. Гикал, директор ЛЯР ОИЯИ С. И. Сидорчук и руководитель национальной группы Казахстана в ОИЯИ Е. Мухамеджанов. С казахстанской стороны присутствовали заместитель председателя Комитета науки Министерства науки и образования РК А. Бибосинов, генеральный директор РГП «Институт ядерной физики» Министерства энергетики (МЭ) Республики Казахстан, Астанинского филиала ИЯФ МЭ РК М. Здоровец. На встречах обсуждалось сотрудничество ОИЯИ и казахстанских научных и высших образовательных организаций.

На встрече с министром энергетики А. Саткалиевым были рассмотрены перспективы проведения совместных прикладных исследований, в частности, в сфере экологии. Так, министр выразил заинтересованность в опыте ОИЯИ по развитию экологических проектов с другими странами-участницами Института.

В этот же день состоялась встреча с министром науки и высшего образования РК С. Нурбе-

ком, в ходе которой он подчеркнул особую роль ОИЯИ в развитии науки в Казахстане, а также акцентировал важность развития науки в университетской среде и увеличения количества частных инвестиций в науку.

11 ноября в Институте ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан в рамках проведения выездной сессии КПП ОИЯИ был дан официальный старт работе нового кластера облачных вычислений ОИЯИ в ИЯФ. Мероприятия проходили с участием представителей Национальной академии наук при Президенте Республики Казахстан и Казахского национального университета им. аль-Фараби.

Первый в Республике Казахстан и 11-й по счету кластер облачных вычислений ОИЯИ был включен в распределенную информационно-вычислительную среду (РИВС) Объединенного института. Ресурсы облачного кластера ИЯФ предназначены для использования сотрудниками научных институтов и университетов Казахстана как в рамках собственных исследований, так и в рамках участия в мегасайенс-проектах ОИЯИ NICA и Baikal-GVD.

Генеральный директор ИЯФ, полномочный представитель Правительства Республики Казахстан в ОИЯИ С. Сахиев подчеркнул, что открытие кластеров облачной инфраструктуры ОИЯИ позволяет объединять усилия и ресурсы стран-участниц ОИЯИ в решении фундаментальных и

прикладных задач с целью быстрого выполнения сложных расчетов и обеспечения высокоточных результатов проводимых исследований.

В тот же день состоялось торжественное открытие Информационного центра ОИЯИ в ИЯФ МЭ РК, ставшего десятым в семье информационных представительств Объединенного института.

Для участников сессии КПП ОИЯИ была организована экскурсия по лабораториям Института ядерной физики и знакомство с его установками: исследовательским реактором ВВР-К, комплексом по производству радиофармацевтических препаратов и импульсным линейным ускорителем электронов ИЛУ-10.

15 ноября было заключено Соглашение о сотрудничестве между ОМУС ОИЯИ и Советом молодых ученых Национальной академии наук (СМУ НАН) Белоруссии. Документ был подписан на рабочей сессии руководителей СМУ, прошедшей в рамках Международного фестиваля науки Союзного государства России и Белоруссии.

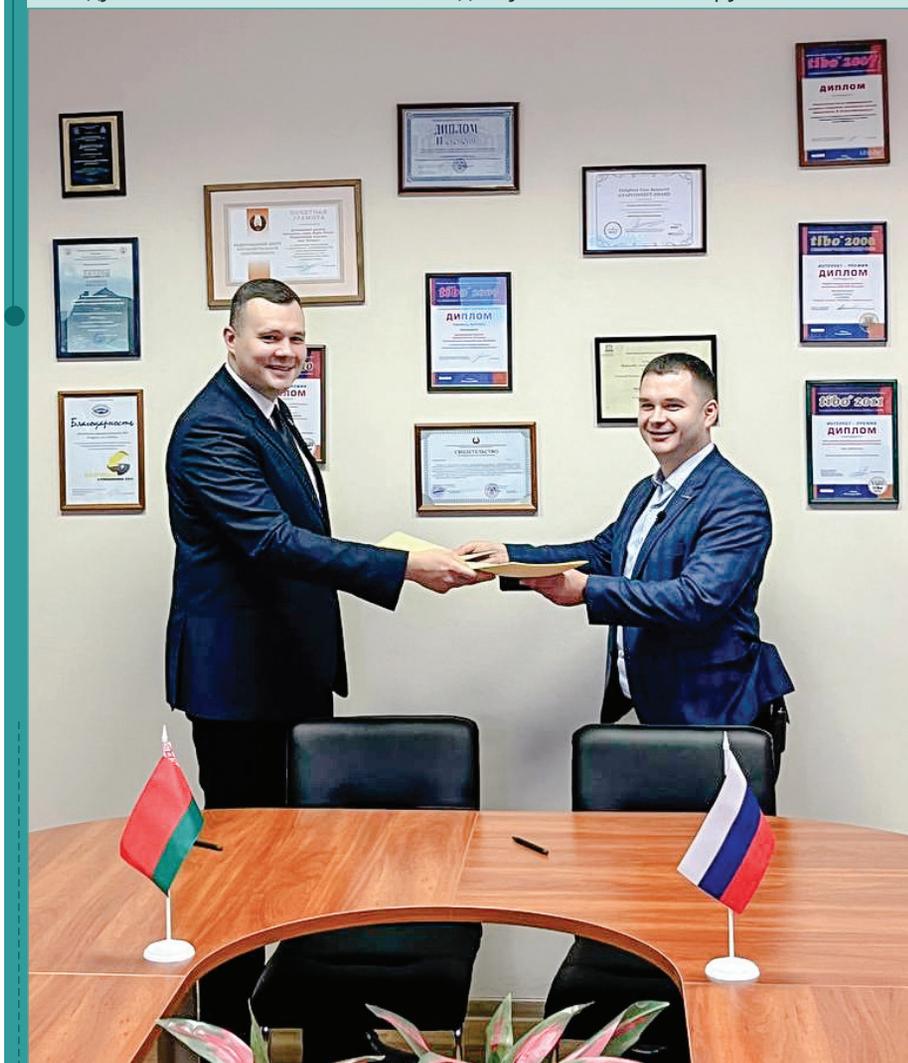
Соглашение придаст стимул сотрудничеству молодых ученых ОИЯИ и НАН Белоруссии в целях достижения высоких научных результатов и популяризации науки за счет организации совместных мероприятий, обмена специалистами, информирования друг друга о проводимых школах и конференциях.

Фестиваль науки, проходивший с 14 по 16 ноября в Минске, был направлен на активизацию

Астана (Казахстан), 7 ноября. На встрече директора ОИЯИ Г. В. Трубникова с министром науки и высшего образования РК С. Нурбеком (в центре)



Минск, 15 ноября. После подписания Соглашения о сотрудничестве между ОМУС ОИЯИ и Советом молодых ученых НАН Белоруссии



сотрудничества и вовлечение молодых исследователей в решение социально значимых задач развития Союзного государства. В сессии руководителей СМУ приняли участие представители ОИЯИ, НАН Белоруссии, проектного офиса «Россия–Белоруссия» и российских вузов и объединений: Российского университета дружбы народов, Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Северного (Арктического) федерального университета и СМУ Нижегородской области. В ходе встречи были намечены основные направления сотрудничества и определены наиболее значимые задачи и проекты на ближайшее будущее и перспективу.

20 ноября на совместном заседании Ученого совета МГУ им. М. В. Ломоносова и ОИЯИ было подписано соглашение о сотрудничестве между ОИЯИ и МГУ. Подписи на документе поставили директор ОИЯИ Г. В. Трубников и ректор МГУ В. А. Садовничий. Документ расширяет взаимо-

действие между ОИЯИ и МГУ в реализации совместных научных проектов и использовании ИТ-инфраструктур, в образовательной сфере, а также предусматривает активное развитие филиала МГУ в Дубне.

В соответствии с соглашением будут вестись совместные исследования по физике элементарных частиц и атомного ядра, физике конденсированного состояния вещества с использованием ядерно-физических методов, по астрофизике, радиобиологии, экологии, создаваться Grid-сегменты ОИЯИ и МГУ, а для решения совместных задач в сфере информационных технологий будет задействован потенциал нового суперкомпьютера «МГУ-270».

Планы по развитию филиала МГУ в Дубне представил Ученому совету МГУ РАН директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников. Он также поблагодарил В. А. Садовничего и его команду за поддержку в организации работы филиала. Г. В. Трубников вручил ректору МГУ мантию и диплом почетного доктора ОИЯИ.

Москва, 20 ноября. Ректор МГУ им. М. В. Ломоносова В. А. Садовничий и директор ОИЯИ Г. В. Трубников подписали Соглашение о сотрудничестве между ОИЯИ и МГУ



Ректор МГУ академик В. А. Садовничий, в частности, отметил, что одной из важных причин для подписания соглашения с ОИЯИ являются усилия МГУ по созданию Инновационного научно-технологического центра «Воробьевы горы», где высокотехнологичные компании в объединении с учеными МГУ будут проводить в жизнь прикладные проекты по самым передовым направлениям науки.

Заместитель директора филиала МГУ в Дубне А. Г. Ольшевский проинформировал о деятельности филиала, задачах и планах. Научный руководитель ОИЯИ академик В. А. Матвеев посвятил свое выступление истории успешного взаимодействия МГУ и ОИЯИ на базе филиала МГУ в Дубне и необходимости дальнейшего укрепления творческих научно-образовательных связей. Он подчеркнул, что общение студентов с учеными мирового масштаба и участие в исследованиях на передовых физических установках и в наши дни остается самой серьезной мотивацией для научной молодежи. Старший научный сотрудник ЛНФ В. Бадави рассказал об образовательной программе ОИЯИ, реализуемой в студенческих практиках и стажировках, программах для молодых ученых, представленных в УНЦ ОИЯИ и на 13 базовых кафедрах ОИЯИ в 6 российских вузах, а также на площадке 11 информационных центров Института во многих регионах России и ряде других государств-членов ОИЯИ.

Делегацию Института на совместном заседании Ученого совета МГУ и ОИЯИ представляли около 50 сотрудников, в том числе директора лабораторий Института и ученые, вовлеченные

в совместные проекты и исследования, — представители России, Белоруссии, Болгарии, Египта и Казахстана.

28–30 ноября руководители и молодые ученые ОИЯИ принимали участие в мероприятиях III Конгресса молодых ученых в Парке науки и искусства «Сириус» (Краснодарский край, Россия).

Директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников выступил с докладами на четырех сессиях конгресса, посвященных инфраструктуре класса мегасайенс в Российской Федерации, развитию наукоградов России, роли фундаментальных научных исследований в научно-технологическом развитии страны и роли женщин в науке.

Научный руководитель ЛЯР академик Ю. Ц. Оганесян в формате онлайн-трансляции ответил на вопросы молодых ученых. Аудитория узнала о том, что быть знаменитым — «это больше отвлекает, чем помогает», о том, как мотивировать учеников к науке, а также получила рецепт для тех, кто усомнился в научных идеалах и думает, продолжать ли путь в науке.

Была подписана декларация о намерениях между ОИЯИ и НИЦ «Курчатовский институт», направленных на совместное и полноценное участие в создании и использовании научно-исследовательской инфраструктуры класса мегасайенс: мегапроектов ОИЯИ и МЦНИ ПИК, а также о готовности разрабатывать совместную программу научных исследований.

30 ноября и 1 декабря в Белграде проходила 9-я сессия объединенного комитета по сотруд-



ничеству ОИЯИ–Сербия в рамках визита в Республику Сербию делегации Института во главе с главным ученым секретарем ОИЯИ С. Н. Неделько. В составе делегации ОИЯИ в сессии приняли участие главный инженер Института Б. Н. Гикал, соруководитель совместного проекта по сотрудничеству в области ускорительных технологий, директор ЛРБ А. Н. Бугай, руководитель Департамента международного сотрудничества О.-А. Куликов и директор УНЦ Д. В. Каманин.

Программа визита делегации ОИЯИ началась с посещения Института ядерных наук «Винча», где состоялась встреча с его директором С. Пайович, посвященная вопросам сотрудничества между двумя институтами. Затем делегация ОИЯИ приняла участие в рабочей встрече, собравшей более 30 руководителей действующих и новых совместных проектов из Белграда, Нови-Сада, Ниша и Крагуеваца. Координатор по сотрудничеству с ОИЯИ Л. Хаджиевский подвел итоги года. Участники встречи выдвинули ряд инициатив, направленных на развитие сотрудничества, обсудили организационные моменты, связанные с финансированием проектов, участием студентов, привлечением третьих сторон, оценкой результативности проектов. Была отмечена высокая активность и заинтересованность сторон в продолжении и углублении сотрудничества.

Заключительное заседание комитета прошло в Министерстве науки, технологического развития и инноваций Республики Сербия в формате встречи с госсекретарем В. Гроздичем. Госсекретарь подтвердил намерение министерства способствовать дальнейшему укреплению научных

связей с ОИЯИ, в частности, в сфере образования и подготовки кадров. Участники встречи отметили хорошие результаты выполнения совместных исследовательских проектов в 2023 г. и заметную позитивную динамику развития научно-технической кооперации в целом. 9-я сессия объединенного комитета дала старт 12 новым совместным проектам.

1 декабря в Минске представители ОИЯИ приняли участие в международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы обеспечения научно-технологической безопасности», посвященной 30-летию образования Государственного комитета по науке и технологиям (ГКНТ) Республики Белоруссии. Докладчики от ОИЯИ представили мегасайенс-проект NICA и крупную IT-инфраструктуру ОИЯИ.

ОИЯИ представляли директор Института Г. В. Трубников, вице-директор В. Д. Кекелидзе, научный руководитель ЛИТ В. В. Кореньков, специальный представитель директора Института по образовательной политике С. Арутюнян и заместитель начальника отделения ЛФВЭ по научной работе О. В. Белов.

В своем поздравлении по случаю юбилея Г. В. Трубников подчеркнул, что ГКНТ является партнером ОИЯИ со дня его основания, а также участником международного инновационного нанотехнологического центра «Дубна». ГКНТ способствовал развитию сотрудничества ОИЯИ с вузами Белоруссии: за 30 лет было подготовлено несколько тысяч высококвалифицированных исследователей.

Тунис, 4 декабря. На церемонии открытия Информационного центра ОИЯИ и виртуальной лаборатории Института в штаб-квартире Арабского агентства по атомной энергии



Со стороны ОИЯИ на конференции прозвучало несколько докладов. О. В. Белов рассказал, как на примере проекта мегасайенс-комплекса NICA решаются вопросы обеспечения национальной научно-технологической безопасности. Доклад В. В. Коренькова был посвящен географически распределенным компьютерным инфраструктурам для крупных научных проектов. С. Арутюнян рассказал о роли сетевых исследовательских университетов в подготовке высококвалифицированных научных кадров.

4 декабря в Тунисе состоялось официальное открытие Информационного центра ОИЯИ и виртуальной лаборатории Института в штаб-квартире Арабского агентства по атомной энергии (АААЭ). Директор ОИЯИ Г. В. Трубников и генеральный директор АААЭ С. Хамди подписали меморандум о взаимопонимании в связи с окончанием срока действия аналогичного документа, подписанного в 2016 г. Все положения прежнего меморандума были признаны успешно выполненными, после чего стороны подписали новый — бессрочный. В этот же день Г. В. Трубников принял участие в заседании Исполнительного совета АААЭ, представив доклад об основных направлениях деятельности Института.

Выступая на торжественной церемонии открытия Инфоцентра ОИЯИ, директор ОИЯИ Г. В. Трубников, в частности, сообщил, что в ближайшее время в рамках работы Инфоцентра для стран-участниц АААЭ планируется запуск новой образовательной программы трехмесячных стажировок ASPYRE для молодых исследователей и инженеров.

С. Хамди подчеркнул, что сотрудничество ОИЯИ и АААЭ идет по нарастающей, назвав открытие ИЦ и виртуальной лаборатории историческим моментом. Руководитель нового ИЦ И. Халифа, который прошел обучение по использованию возможностей виртуальной лаборатории Института в УНЦ ОИЯИ, рассказал о совместных планах ОИЯИ и АААЭ на 2024 г., а также о возможностях, которые дает Инфоцентр ОИЯИ странам-участницам агентства. Инженер-программист ЛФВЭ ОИЯИ Н. Е. Сидоров представил доклад на тему информационного наполнения деятельности информационных центров ОИЯИ, о принципах работы виртуальной лаборатории, а также о направлениях деятельности УНЦ.

В начале декабря директор ЛЯП Е. А. Якушев принял участие в конференции «Современные тенденции в физике — 2023», организованной Бакинским государственным университетом (Азербайджан). Во время визита в Баку Е. А. Якушев провел серию встреч и выступил на научном семинаре, на котором ознакомил слушателей с деятельностью Института и научными исследованиями ЛЯП.

В ходе встречи с полномочным представителем Правительства Азербайджанской Республики в ОИЯИ академиком НАН Азербайджана Арифом Мамед оглы Гашимовым стороны обсудили сотрудничество ОИЯИ с научными организациями Азербайджанской Республики.

12 и 13 декабря в Ташкенте представители ОИЯИ приняли участие в юбилейных мероприятиях по случаю 80-летия со дня основания Акаде-

Ташкент, 12 декабря. Вице-директор ОИЯИ Л. Костов выступает на торжественном собрании по случаю 80-летия со дня основания Академии наук Республики Узбекистан



мии наук Республики Узбекистан (АН РУз), а также стали участниками международной конференции «Наука — фундамент Нового Узбекистана», посетили выставку инновационных разработок и экспозицию, посвященную истории АН РУз.

Поздравляя АН РУз от имени многонационального коллектива Объединенного института, глава делегации ОИЯИ, вице-директор Л. Костов отметил, что ученые Узбекистана принимают активное участие в реализации научной программы ОИЯИ и вносят достойный вклад в ее научные достижения мирового уровня.

25 декабря в Доме международных совещаний ОИЯИ прошло заседание НТС ОИЯИ. На нем были представлены результаты, достигнутые за год, и планы на ближайшее будущее, а также обсуждалось создание в ОИЯИ рецензируемого научного журнала в электронном формате. Нескольким сотрудникам Института были вручены муниципальные награды.

Директор ОИЯИ представил последние яркие достижения лабораторий Института. По второму

вопросу повестки дня научный сотрудник ЛНФ А. Ю. Незванов представил доклад «О подходах к созданию нового научного журнала ОИЯИ». В обсуждении необходимости создания нового журнала приняли участие В. Д. Кекелидзе, С. В. Шматов, Д. В. Пешехонов, Д. И. Казаков, И. Н. Мешков, В. Л. Аксенов, О. В. Теряев, Т. А. Стриж, А. В. Бедняков, А. А. Апарин и А. С. Новоселов.

В завершение заседания НТС состоялось вручение наград сотрудникам Института. Почетной грамотой главы городского округа Дубна награждены: директор ЛНФ Е. В. Лычагин, ученый секретарь ЛФВЭ А. П. Чеплаков, ученый секретарь ЛТФ А. В. Андреев, советник при дирекции ЛЯП Д. Понтекорво, начальник сектора реконструкции ионных столкновений ЛФВЭ О. В. Рогачевский, ведущий специалист по делопроизводству ЛФВЭ Н. А. Гореликова, ведущий электроник ЛФВЭ А. Е. Кириченко. Благодарностью Совета депутатов городского округа Дубна отмечен начальник группы тепловодоснабжения и вентиляции ЛФВЭ В. П. Черняев.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Среди научных конференций и рабочих совещаний, организованных ОИЯИ в 2023 г., наиболее крупными были 10.

18–20 апреля в ЛФВЭ в смешанном формате работало *11-е коллаборационное совещание по эксперименту MPD на комплексе NICA*. Более 150 участников собралось для обсуждения прогресса в реализации проекта.

Открывая совещание, вице-директор ОИЯИ, руководитель проекта NICA В. Д. Кекелидзе отметил успешный итог самого длинного в истории комплекса пусконаладочного сеанса, который завершился в феврале 2023 г., а также сообщил, что все магниты коллайдера готовы и 80 дипольных магнитов уже установлены в арках туннеля. Строительные работы на комплексе завершены, и ожидается поставка инженерного оборудова-

ния. Криогенный комплекс проекта NICA будет введен в эксплуатацию в течение ближайших нескольких месяцев, главная электрическая подстанция уже работает. Он также выразил надежду на то, что уже в конце 2023 г. будет возможно начать технический запуск коллайдера.

О текущем статусе коллаборации и прогрессе в реализации проекта MPD доложил лидер коллаборации В. Г. Рябов (ПИЯФ). Проект объединяет уже более 500 участников из 34 институтов 10 стран. Растет и количество публикаций — вышло около 200 статей, посвященных физическим исследованиям, оборудованию и программному обеспечению эксперимента.

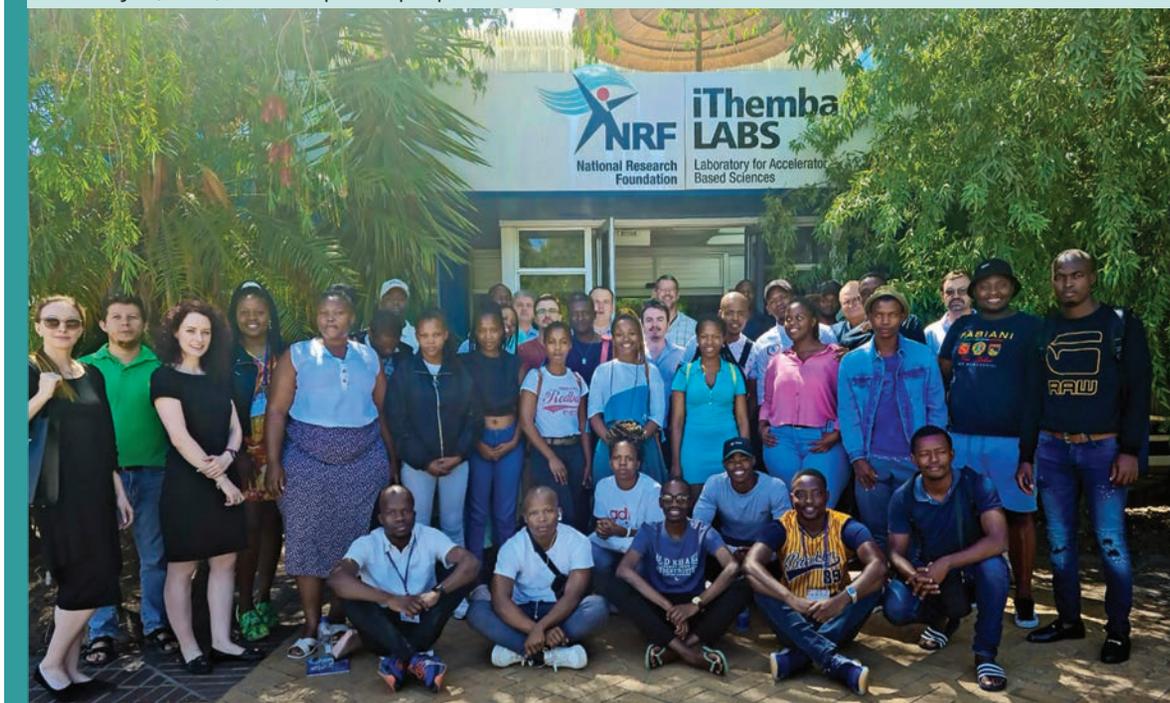
Руководитель проекта MPD на ускорительном комплексе NICA ОИЯИ В. М. Головатюк более подробно рассказал о ходе реализации проекта и планах команды вплоть до начала 2024 г.

18–20 апреля.

Участники 11-го коллаборационного совещания по эксперименту MPD на комплексе NICA



Кейптаун (ЮАР), 16 января – 4 февраля. Участники летней школы ЮАР–ОИЯИ



Дубна, 26 июня.

Молодые ученые и специалисты стран СНГ — участники 16-й Международной стажировки ОИЯИ



На совещании прозвучали доклады о каждой системе 1-го этапа эксперимента MPD. Участники обсудили программную и вычислительную инфраструктуру детектора, реконструкцию событий в эксперименте. Были представлены доклады физических рабочих групп о проделанной работе. 19 апреля в рамках программы совещания для участников была организована экскурсия в экспериментальные залы нуклотрона и MPD. Записи выступлений доступны на сайте мероприятия.

15–19 мая в Санкт-Петербургском государственном университете работало **10-е коллаборационное совещание по эксперименту VM@N**. Участники мероприятия, проходившего в смешанном формате, рассмотрели результаты первого физического эксперимента, проведенного в ходе 4-го пусконаладочного цикла на комплексе NICA, а также обсудили дальнейшие планы коллаборации. В совещании принимали участие представители научных центров России, Болгарии и Израиля.



Нынешнее коллаборационное совещание было посвящено вопросам реконструкции и идентификации странных частиц, а также анализу топологии событий в столкновениях тяжелых ядер ксенона (Xe) с мишенью из цезия (Cs), полученных в ходе четвертого пусконаладочного цикла на комплексе NICA. Были рассмотрены результаты физического анализа ранее собранных данных аргон-ядерных взаимодействий. Обсуждалась физическая программа и экспериментальная модель следующего сеанса на установке BM@N. Повестка мероприятия включала также заседание по программному обеспечению эксперимента BM@N.

Отдельная встреча институционального совета BM@N была посвящена организационным вопросам коллаборации, а также рассмотрению заявки группы алма-атинского Физико-технического института на участие в эксперименте.

Кроме того, 16 мая в рамках проведения совещания на физическом факультете СПбГУ в Петергофе ученые ОИЯИ и СПбГУ прочли лекции о статусе комплекса NICA и физике релятивистских ядерных столкновений.

Очередной ежегодный *Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами ISINN-29* открылся с отставанием на год 29 мая 2023 г. одновременно в Дубне и Ланьчжоу (Китай). Как и предшествующие два семинара, он был организован ЛНФ совместно с Национальной лабораторией моделирования и воздей-

ствия интенсивного импульсного излучения Северо-Западного института ядерных технологий (NINT, Сиань, Китай) и с Институтом ядерных исследований и технологий Университета Ланьчжоу. Семинар работал в смешанном формате, собрав в Дубне более 90 участников из ЛНФ, ЛЯР и ЛФВЭ ОИЯИ, НИЦ «Курчатовский институт», ПИЯФ (Гатчина), НИИЯФ МГУ, ИЯИ, ИЯФ (Новосибирск), ИТФ (Черноголовка), Московского, Новосибирского, Воронежского, Пермского университетов, научных центров Белоруссии, Египта, Казахстана, России.

Около 100 участников, представлявших университеты и исследовательские центры Китая, собрались в Ланьчжоу, а ряд участников, в том числе из Аргентины, Вьетнама, Болгарии, Индии, Румынии, Сербии, Сингапура, США, Турции, Франции и Узбекистана, присоединились к конференции по видеосвязи.

Открывая семинар в Дубне, вице-директор ОИЯИ Л. Костов напомнил, что ISINN ведет отсчет с 1993 г. и, если бы не форс-мажорный перерыв, нынешний семинар стал бы юбилейным. За свою тридцатилетнюю историю серия семинаров ISINN объединила специалистов из разных областей нейтронной физики из многих стран. С успешным стартом конференцию поздравили профессор Д. Хей (NINT) и академик Чунхуа Ян (Университет Ланьчжоу). Пленарные и секционные доклады охватывали традиционную тематику от фундаментальных свойств нейтрона до современных нейтронных источников, от пер-



спективных экспериментов в области деления ядра и ядерных реакций с быстрыми нейтронами до физики реакторов и методики эксперимента. Как обычно, широко были представлены исследования с использованием ядерных и связанных с ними аналитических методов в науках об окружающей среде и материаловедении.

Всего было заслушано 108 устных и 38 постерных докладов. Из-за большого объема представленных результатов и большой разницы во времени с китайскими и другими представителями азиатских стран пришлось устраивать параллельные сессионные заседания и on-line и on-site постерные сессии. Большинство докладов, программа семинара и сборник аннотаций подробно представлены на сайте <http://isinn.jinr.ru/past-isinns/isinn-29/program.html>.

С 3 по 7 июля в Лаборатории информационных технологий им. М. Г. Мещерякова в гибридном формате прошла юбилейная 10-я Международная конференция **«Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании»** (GRID'2023).

Конференция традиционно привлекла многочисленное сообщество российских и зарубежных специалистов, готовых обсудить возникающие задачи и перспективы, связанные с развитием и использованием распределенных грид-технологий, гетерогенных и облачных вычислений в различных областях науки, образования, про-

мышленности и бизнеса. В этом году в тематику конференции также вошли вопросы, касающиеся компьютеринга для мегасайенс-проектов, машинного и глубокого обучения, аналитики больших данных и квантового компьютеринга.

В работе конференции приняли участие более 280 ученых (210 — очно, более 70 — дистанционно) из научных центров Азербайджана, Армении, Белоруссии, Болгарии, Германии, Грузии, Египта, Ирана, Казахстана, Мексики, Молдовы, Монголии, Сербии, Узбекистана, Чехии и Швейцарии. Россия была представлена участниками из 40 университетов и исследовательских центров.

Открыл конференцию директор ОИЯИ Г. В. Трубников, который ознакомил участников с научными направлениями ОИЯИ и его основными проектами. Научный руководитель ЛИТ В. В. Кореньков рассказал о статусе Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ и планах по его развитию. С большим интересом участники конференции заслушали доклад А. К. Федорова (руководителя группы квантовых информационных технологий «Сколково») о контроле многочастичных квантовых систем.

Новым пунктом в программе конференции стала студенческая научная сессия, на которой студенты, прошедшие отбор на весенней IT-школе ОИЯИ, представили доклады по итогам своих работ.

3–7 июля. 10-я Международная конференция
«Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании» (GRID'2023)



В программу GRID'2023 вошли два рабочих совещания. Одно из них было подготовлено совместно ЛИТ, ЛНФ ОИЯИ и Консорциумом МБИР и посвящено вопросу моделирования и создания цифровых двойников для реакторов нового поколения. Второе совещание по вопросам компьютерных вычислений для радиобиологии и медицины организовала команда ЛРБ и ЛИТ ОИЯИ совместно с сербскими коллегами. С участием многочисленных представителей вузов были проведены круглые столы по развитию IT-образования и распределенной инфраструктуре RDIG-M (Russian Data-Intensive Grid Certificate Authority) для обработки, хранения и анализа данных крупных научных проектов России.

Всего на GRID'23 было заслушано 30 пленарных и свыше 135 секционных докладов. В ходе конференции участниками были проведены плодотворные обсуждения и дискуссии, предложены новые IT-проекты, направленные на развитие распределенных и высокопроизводительных вычислений, а также сложились новые направления сотрудничества ЛИТ с организациями, университетами России и стран-участниц ОИЯИ.

На закрытии GRID'23 прозвучали слова благодарности организационному комитету за высокий уровень ее проведения. Презентации представленных докладов и фотоматериалы размещены на сайте grid2023.jinr.ru. Избранные труды конференции будут опубликованы в журнале «Физика элементарных частиц и атомного ядра».

4–8 сентября в ОИЯИ в гибридном формате проходило традиционное **Дубненское совещание по высокоэнергетической спиновой физике (DSPIN)**. Оно было посвящено 90-летию со дня рождения Анатолия Васильевича Ефремова (1933–2021), выдающегося физика, всемирно известного специалиста в области квантовой теории поля и физики элементарных частиц, общепризнанного эксперта и лидера спиновой физики в Дубне. Организаторами мероприятия выступили ОИЯИ, Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова, Институт физики высоких энергий им. А. А. Логунова и НИЯУ «МИФИ».

Первое совещание по спиновой физике, прошедшее под председательством профессора Л. И. Липидуса, состоялось в Дубне в 1981 г. За ним последовала целая серия подобных рабочих совещаний, проходивших раз в два года, чередуясь с крупными симпозиумами по этой тематике.

Совещание было посвящено широкому спектру спиновых явлений при высоких и средних энергиях: последним экспериментальным данным в спиновой физике, спиновой структуре нуклонов, партонным распределениям, зависящим от поперечного импульса, и обобщенным партонным распределениям, спиновой физике и КХД, спиновой физике в Стандартной модели, фундаментальным симметриям, выходящим за рамки Стандартной модели, поляризации и фи-

зике тяжелых ионов, спину в гравитации и астрофизике, спиновой физике на NICA (SPD и MPD), поляриметрам для поляризованных пучков высоких энергий, ускорителям и накопителям поляризованных пучков, новой технологии поляризации, спинтронике наноструктур.

Кроме того, совещание позволило большой группе физиков и студентов из России и других стран-участниц ОИЯИ ознакомиться с передовыми результатами экспериментальных и теоретических исследований в области спиновой физики. В DSPIN приняли участие почти 90 ученых из исследовательских центров разных стран.

С 18 по 23 сентября в ОИЯИ проходил юбилейный 25-й Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий **«Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика»** в рамках программы Международного года фундаментальных наук в интересах устойчивого развития.

Начало этой серии семинаров было положено в 1969 г. при поддержке академика М. А. Маркова. Юбилейный 25-й семинар проходил в год, отмеченный важными датами, связанными с Лабораторией физики высоких энергий (ЛФВЭ) им. В. И. Векслера и А. М. Балдина и выдающимися учеными, чьи имена носит лаборатория. 70 лет назад под руководством В. И. Векслера была создана Гидротехническая лаборатория, которая позже получила название Лаборатория высоких энергий (ЛВЭ) и вошла в состав ОИЯИ, образованного в 1956 г. В 1957 г. под непосредственным руководством В. И. Векслера был запущен в работу крупнейший в то время ускоритель — синхрофазотрон. На нем были начаты первые исследования в новой области физики высоких энергий — релятивистской ядерной физике (РЯФ), ставились уникальные эксперименты вплоть до 2002 г. Одним из основателей РЯФ является А. М. Балдин. С его именем связана другая юбилейная дата — 30 лет назад в ЛВЭ начал работать первый в мире ускоритель ядер на базе магнитов, использующих сверхпроводящие технологии, — нуклотрон. Нуклотрон продолжает работать и сейчас, являясь одним из ключевых элементов создаваемого в ЛФВЭ ускорительного комплекса NICA.

Открыл работу семинара вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе, который отметил, что Балдинский семинар не проводился пять лет из-за пандемии и других факторов и что за это время были достигнуты очень интересные результаты, поэтому семинар, проводимый в этом году при поддержке комитета IUPAP, важен для научной общественности.

В семинаре участвовали 230 ученых и специалистов из 11 стран. В программу вошли 153 доклада, из них 83 были представлены на пленарных сессиях. Участниками семинара стали 83 молодых ученых и специалиста (возраст до 35 лет), большинство из которых выступили с докладами

Дубна, 18–23 сентября. 25-й Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика»



Липня, 19–23 июня. 1-я Школа по ускорительной физике



Липня, 14 июля. 27-я Летняя школа для молодых ученых и специалистов. Встреча слушателей школы с главным научным сотрудником ЛНФ Е. П. Шабалиным



о своих исследованиях и методических разработках, а также получили прекрасную возможность принять участие в научных обсуждениях и дискуссиях, установить научные контакты с коллегами из других научно-исследовательских центров. В числе докладчиков и слушателей были студенты университета «Дубна».

Были представлены последние результаты, полученные на крупнейших установках мира.

Участники обсудили современные достижения в развитии теоретических моделей и результаты прикладных исследований, в которых используются технологии и методы, разработанные при исследованиях в области физики высоких энергий и ядерной физики. Ряд докладов был посвящен статусу реализации мегасайенс-проекта NICA, а также результатам, полученным в экспериментах на LHC в ЦЕРН.

Белград, 4 октября.

Участники 12-го коллаборационного совещания по эксперименту MPD на установке NICA



Специальная секция семинара была посвящена памяти профессора В. В. Бурова (1949–2022), одного из постоянных организаторов «Балдинской осени», начиная с 1969 г., сначала в качестве ученого секретаря, затем — сопредседателя оргкомитета. На ней выступили ученые, которые хорошо знали В. В. Бурова, и его ученики.

Шесть дней напряженной работы семинара украсила культурная программа — прекрасный инструментальный концерт в Доме ученых ОИЯИ и экскурсионный день, свободный от научной программы. В этот день часть участников семинара посетила город Тверь и путевой дворец Екатерины II, а другая часть побывала на ускорительном комплексе NICA в ЛФВЭ.

4 октября в Белграде в Институте ядерных наук «Винча» состоялось открытие **12-го коллаборационного совещания по эксперименту MPD на установке NICA**.

Вице-директор ОИЯИ, руководитель проекта NICA В. Д. Кекелидзе, открывая мероприятие, отметил успешный итог пусконаладочного сеанса, завершено в феврале 2023 г. В докладе члена управляющего совета Института ядерных наук «Винча» Л. Хадзиевского шла речь об участии и сфере деятельности сербских коллег в коллаборации MPD.

Текущий статус коллаборации и прогресс в реализации проекта MPD представил в своем докладе лидер коллаборации В. Г. Рябов (ПИЯФ). Проект объединяет уже более 500 участников из

35 институтов 11 стран. Кроме того, к коллаборации присоединились две новых научных организации — Санкт-Петербургский политехнический университет и Физико-технический институт (Алматы, Казахстан).

На совещании прозвучали отчеты физических групп о проделанной работе. Были представлены доклады по каждой из систем экспериментальной установки MPD. Участники обсудили программную и вычислительную инфраструктуру детектора, реконструкцию событий в эксперименте.

В мероприятии приняли участие более 120 ученых и специалистов из исследовательских центров Болгарии, Грузии, Египта, Израиля, Китая, Мексики, Монголии, России и Сербии.

19–20 октября в Дубне работала международная конференция **«Актуальные проблемы радиационной биологии. Молекулярно-генетические исследования в радиобиологии — к 70-летию открытия структуры ДНК»**. Организаторы конференции — Научный совет РАН по радиобиологии, Радиобиологическое общество при РАН, ЛРБ ОИЯИ.

В 2023 г. исполнилось 70 лет с момента опубликования в журнале «Nature» статьи Дж. Уотсона и Ф. Крика «Структура дезоксирибонуклеиновой кислоты», в которой впервые была предложена модель пространственной структуры ДНК. Открытие структуры ДНК стало возможным благодаря взаимодействию основных есте-

Дубна, 19-20 октября. Международная конференция «Актуальные проблемы радиационной биологии. Молекулярно-генетические исследования в радиобиологии — к 70-летию открытия структуры ДНК»



Минск (Белоруссия), 28 августа – 3 сентября.

Участники 15-й Международной школы-конференции «Актуальные проблемы физики микромира»



ственно-научных дисциплин — физики, химии и биологии — и положило начало непрерывающемуся развитию новых научных направлений.

Конференция проходила в смешанном формате. В ее работе приняли участие более 100 ученых-радиобиологов из Азербайджана, Армении, Белоруссии, России и Сербии. К началу конференции был опубликован сборник материалов (Дубна: ОИЯИ, 2023. 129 с.). Было заслушано 2 вводных пленарных и 24 устных доклада, рассмотрено 7 стендовых сообщений, представленных молодыми учеными.

Участников конференции приветствовал директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников, который отметил, что круглая дата в названии конференции представляет хороший повод для обсуждения актуальных проблем не только генетики, но и молекулярной и радиационной биологии, и отдельно поблагодарил Отделение физиологических наук РАН и ЛРБ ОИЯИ за организацию мероприятия с привлечением максимального количества участников в режиме прямого присутствия.

Председатель Научного совета РАН по радиобиологии и научный руководитель ЛРБ ОИЯИ член-корреспондент РАН Е. А. Красавин во вступительном слове вспомнил видных ученых, открытия которых лежали в основе понимания феномена ДНК и формирования учения о репарации и стабильности генома.

Президент Радиобиологического общества академик И. Б. Ушаков отметил большой интерес к конференции со стороны всех радиобиологов, которые в той или иной степени используют молекулярно-генетические методы в исследованиях.

Научную программу конференции составили доклады ведущих российских ученых и специалистов, затронувших актуальные вопросы по различным направлениям исследований — от молекулярных повреждений ДНК до генетиче-

ских и эпигенетических изменений, экспрессии генов и митохондриальной генетики при радиационных воздействиях.

В результате состоявшейся дискуссии участники конференции приняли решение одобрить проведение ежегодных международных научных конференций цикла «Актуальные проблемы радиационной биологии».

С 30 октября по 3 ноября в Дубне в очном формате работала **27-я Международная конференция молодых ученых и специалистов**, посвященная 110-летию со дня рождения выдающегося физика Б. М. Понтекорво.

На этот раз конференция принимала рекордное число участников — более 240 человек, из которых около 150 выступали с устными докладами, а 80 — с постерными. География участников обширная — представить свои работы и познакомиться с научными исследованиями коллег в Дубну приехали представители 45 университетов и научных организаций из семи стран.

Программа конференции включала обзорные лекции о работе и жизни Бруно Понтекорво, Стандартной модели в современной науке, исследованиях темной материи, развитии и технике ускорителей, астрономии и космологии. Большой блок был посвящен исследованиям нейтрино и соответствующим экспериментам. Вся научная программа — и пленарные, и параллельные секции — транслировалась в информационные центры ОИЯИ, которые находятся в разных уголках мира.

Молодыми участниками были представлены доклады в девяти тематических секциях конференции: теоретическая физика, математическое моделирование и вычислительная физика, физика высоких энергий, ускорители частиц и ядерные реакторы, экспериментальная ядерная физика, информационные технологии, физика

Дубна, 15 сентября. Организаторы и участники 23-й Международной стажировки JEMS



конденсированных сред, прикладные исследования, науки о жизни. Члены жюри выбирали лучшие доклады в каждой тематической секции, а также лучший стендовый доклад; победителям были вручены памятные призы.

Научный руководитель ОИЯИ В. А. Матвеев отметил: «Очень большое впечатление производит и уровень лекторов, которые ярко и содержательно рассказали о современном состоянии

науки, и уровень самих участников, которые задавали глубоко продуманные вопросы. Приятно, что у нас растет такая смена. Молодые ученые готовы делать открытия, рвутся к деятельности, поэтому для нас очень важно помочь им как можно скорее войти в реальную науку». Для всех участников конференции была организована насыщенная культурная программа.

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 28–30 ноября.
11-е коллаборационное совещание по эксперименту BM@N на ускорительном комплексе NICA



28–30 ноября в ЛФВЭ проходило **11-е коллаборационное совещание по эксперименту BM@N на ускорительном комплексе NICA**. Участники обсудили текущий статус эксперимента BM@N, результаты, достигнутые после проведения 10-го совещания коллаборации в мае, и дальнейшие планы.

Совещание было посвящено анализу событий взаимодействий ядер ксенона (Xe) с энергией 3,8 А ГэВ с ядрами мишени из иодида цезия (CsI), идентификации странных нейтральных частиц, а также заряженных мезонов и ядерных фрагментов, зарегистрированных в ходе эксперимента BM@N в пучке ионов ксенона. Обсуждались результаты физического анализа ранее зарегистрированных данных аргон-ядерных взаимодействий. Большое внимание было уделено обсуждению физической программы и развитию экспериментальной установки к следующему экспериментальному сеансу BM@N.

Работу совещания открыл вице-директор Института В. Д. Кекелидзе. Руководитель коллаборации М. Н. Капишин выступил с докладом о работе коллаборации, планах и итогах, полученных после предыдущего коллаборационного совещания. Он проинформировал о том, что в состав

коллаборации были приняты еще две организации: Физико-технический институт АН Узбекистана и Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». К настоящему времени коллаборация BM@N включает 13 институтов и 206 участников из пяти стран.

Докладчик сообщил о прогрессе, достигнутом при оптимизации алгоритма реконструкции треков частиц в центральной и внешней трековой системе BM@N с использованием недавно измеренной карты магнитного поля. Подготовлена версия программы реконструкции экспериментальных данных, и осуществлена полная реконструкция событий, зарегистрированных в сеансе в пучке ионов ксенона, с использованием системы DIRAC на компьютерном кластере Tier ЛИТ.

Заместитель начальника научно-экспериментального отдела многоцелевого детектора ЛФВЭ С. М. Пиядин рассказал о модернизации детекторов BM@N. Главный инженер комплекса NICA Е. М. Сыресин доложил о статусе проекта NICA, текущем развитии бустера и нуклотрона. В рамках совещания состоялось заседание институционального совета, на котором были обсуждены организационные вопросы коллаборации BM@N.

Конференции, школы, совещания, проведенные ОИЯИ в 2023 г.

| Номер | Наименование | Место проведения | Время проведения | Количество участников |
|-------|--|------------------|----------------------|-----------------------|
| 1. | Студенческая программа START-2023, зимняя сессия | Дубна | январь – май | 14 |
| 2. | Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред | Дубна | 17–18 января | 75 |
| 3. | Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц | Дубна | 23 января | 70 |
| 4. | Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике | Дубна | 26 января | 70 |
| 5. | Школа для студентов и молодых ученых по физике на ускорительном комплексе NICA в ОИЯИ | Ереван | 3–24 февраля | 38 |
| 6. | 133-я сессия Ученого совета ОИЯИ | Дубна | 16–17 февраля | 110 |
| 7. | Технический хакатон «Дубна-2023» | Дубна | 18–19 февраля | 100 |
| 8. | Российско-армянское рабочее совещание «Суперсимметрия в интегрируемых системах» (СИС-2023) | Дубна | 20–22 февраля | 40 |
| 9. | Совещание рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ | Ереван | 27–28 февраля | 25 |
| 10. | Международное рабочее совещание «Конечная и бесконечная ядерная материя» (INFINUM-2023) | Дубна | 27 февраля – 3 марта | 60 |
| 11. | Торжественный семинар, посвященный 110-летию со дня рождения академика Г. Н. Флерова | Дубна | 3 марта | 100 |
| 12. | Заседание Финансового комитета ОИЯИ | Дубна | 22 марта | 90 |
| 13. | Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ | Дубна | 24–25 марта | 110 |
| 14. | День образования ОИЯИ | Дубна | 25 марта | |
| 15. | Рабочее совещание «Ускорительный комплекс NICA: проблемы и перспективы — 2023» | Владикавказ | 28 марта – 3 апреля | 60 |
| 16. | Школа по физике кварк-глюонной материи | Дубна | 30 марта – 3 апреля | 50 |
| 17. | Научная школа для учителей физики Камчатского края | Дубна | 3–7 апреля | 15 |

| Номер | Наименование | Место проведения | Время проведения | Количество участников |
|-------|--|--------------------------|------------------|-----------------------|
| 18. | Торжественный семинар, посвященный 90-летию со дня рождения академика Ю. Ц. Оганесяна | Москва | 14 апреля | 100 |
| 19. | 11-е коллаборационное совещание по эксперименту MPD на установке NICA | Дубна | 18–20 апреля | 160 |
| 20. | Торжественный семинар, посвященный 90-летию со дня рождения академика Ю. Ц. Оганесяна | Дубна | 21 апреля | 100 |
| 21. | Технический хакактон «Дубна-2023» | Дубна | 21–23 апреля | 100 |
| 22. | 12-й открытый турнир по робототехнике CyberDubna-2023 | Дубна | 23 апреля | 100 |
| 23. | Семинар, посвященный 85-летию со дня рождения профессора И. В. Пузынина | Дубна | 24 апреля | 50 |
| 24. | Совещание коллаборации SPD | Дубна | 24–28 апреля | 85 |
| 25. | 22-я Международная стажировка «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» | Дубна | 24–28 апреля | 30 |
| 26. | Международная конференция «Тяжелейшие ядра и атомы» | Ереван | 24–30 апреля | 70 |
| 27. | 10-е коллаборационное совещание по эксперименту VM@N на установке NICA | Санкт-Петербург | 14–19 мая | 120 |
| 28. | I этап Международной практики по направлениям исследований ОИЯИ для студентов из Египта | Дубна | 15 мая – 2 июня | 30 |
| 29. | Стажировка молодых ученых СНГ | Дубна | 28 мая – 27 июня | 25 |
| 30. | 29-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами | Дубна | 29 мая – 2 июня | 120 |
| 31. | Рабочее совещание коллаборации «Байкал» | Дубна | 30 мая – 2 июня | 55 |
| 32. | XII ежегодная конференция молодых ученых и специалистов «Алушта-2023» | Алушта, Крым | 4–11 июня | 60 |
| 33. | II этап Международной практики по направлениям исследований ОИЯИ для студентов из ЮАР | Дубна | 5–23 июня | 40 |
| 34. | V Международная летняя школа молодых ученых «Современные информационные технологии для решения научных и прикладных задач» | Владикавказ | 14–17 июня | 80 |
| 35. | Семинар NICA-MPD/IT по китайско-российскому сотрудничеству | Ухань, Китай | 14–17 июня | 16 |
| 36. | Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред | Дубна | 15–16 июня | 75 |
| 37. | Рабочее совещание «Прикладные исследования на комплексе NICA» | Владикавказ | 16–20 июня | 50 |
| 38. | Школа по ускорительной физике | о. Липня | 19–23 июня | 70 |
| 39. | Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц | Дубна | 21–22 июня | 70 |
| 40. | Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике | Дубна | 29–30 июня | 70 |
| 41. | 35-я Международная компьютерная школа (МКШ-2023) | Дубна | 1–18 июля | 80 |
| 42. | Международная научная школа для учителей физики в ОИЯИ | Дубна | 3–7 июля | 24 |
| 43. | 10-я Международная конференция «Распределенные вычисления и Grid-технологии в науке и образовании» | Дубна | 3–7 июля | 250 |
| 44. | Летняя научная школа «Физика и техника ускорителей» | Дубна | 3–8 июля | 40 |
| 45. | 2-е координационное рабочее совещание по радиационному материаловедению на пучках быстрых и многозарядных ионов | Петропавловск-Камчатский | 4–6 июля | 20 |
| 46. | Школа-семинар Мастерской физики «105-й элемент» | Дубна | 6–16 июля | 40 |

| Номер | Наименование | Место проведения | Время проведения | Количество участников |
|-------|--|------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 47. | Совещание рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ | Иркутск | 10–11 июля | 25 |
| 48. | Международное рабочее совещание «Сверхпроводящие и магнитные гибридные структуры» | Дубна | 11–15 июля | 60 |
| 49. | XXIII Байкальская летняя школа по физике элементарных частиц и астрофизике, посвященная 110-летию со дня рождения Б. М. Понтекорво | Большие Коты, Иркутская обл. | 11–18 июля | 50 |
| 50. | XXVII Летняя научная школа молодых ученых и специалистов «Липня-2023» | о. Липня | 14–16 июля | 80 |
| 51. | Международная школа «Передовые методы современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы» | Дубна | 23–28 июля | 55 |
| 52. | 21-я Ломоносовская конференция по физике элементарных частиц | Москва | 24–30 августа | До 400 |
| 53. | XV Международная школа-конференция «Актуальные проблемы физики микромира» | Минск | 27 августа – 3 сентября | 100 |
| 54. | Семинар «Использование новых методов обработки данных физического эксперимента. Применение методов машинного обучения на комплексе NICA» | Санкт-Петербург | 28–29 августа | 80 |
| 55. | Двухстороннее рабочее совещание BLTP/JINR–KLTP/CAS по физике сильновзаимодействующих систем | Ереван | 3–9 сентября | 60 |
| 56. | XIX Дубненское совещание по высокоэнергетической спиновой физике, посвященное 90-летию со дня рождения А. В. Ефремова | Дубна | 4–8 сентября | 140 |
| 57. | 23-я Международная стажировка «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» | Дубна | 11–15 сентября | 30 |
| 58. | 3-е Международное рабочее совещание «Применение ядерно-физических методов для исследования объектов культурного наследия» | Ташкент, пос. Улугбек | 12–14 сентября | 50 |
| 59. | XXV Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» | Дубна | 18–23 сентября | 250 |
| 60. | 134-я сессия Ученого совета ОИЯИ | Дубна | 21–22 сентября | 110 |
| 61. | Научная школа для слушателей детского университета при Академии научных исследований и технологий Египта | Дубна | 24–30 сентября | 18 |
| 62. | Семинар, посвященный 70-летию научного руководителя ЛИТ профессора В. В. Коренькова | Дубна | 26 сентября | 150 |
| 63. | 12-е коллаборационное совещание по эксперименту MPD на установке NICA | Белград | 4–6 октября | 120 |
| 64. | XVIII Всероссийский фестиваль науки «Наука 0+» | Москва | 6–8 октября | 1000 |
| 65. | Научно-практический семинар для студентов «Процессы управления в научных проектах и участие студентов в научных исследованиях» | Дубна | 9–13 октября | 26 |
| 66. | Совещание Индия–ОИЯИ по физике атомного ядра, элементарных частиц и конденсированных состояний | Дубна | 16–18 октября | 80 |
| 67. | Школа по информационным технологиям ОИЯИ | Дубна | 16–20 октября | 80 |
| 68. | Семинар «Избранные вопросы квантовой теории поля», посвященный памяти профессора Э. А. Кураева | Дубна | 17–18 октября | 40 |
| 69. | Международная конференция «Актуальные проблемы радиационной биологии. Молекулярно-генетические исследования в радиобиологии — к 70-летию открытия структуры ДНК» | Дубна | 19–20 октября | 100 |
| 70. | XXVII Международная конференция молодых ученых и специалистов (ОМУС-2023) | Дубна | 30 октября – 3 ноября | 200 |
| 71. | Научная школа для учителей физики опорных школ ТПУ | Дубна | 30 октября – 3 ноября | 16 |

| Номер | Наименование | Место проведения | Время проведения | Количество участников |
|-------|--|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| 72. | Заседание Финансового комитета ОИЯИ | Алматы, Казахстан | 9 ноября | 55 |
| 73. | Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ | Алматы, Казахстан | 10 ноября | 77 |
| 74. | Осенняя школа по физике кварк-глюонной материи | Дубна | 16–20 ноября | 50 |
| 75. | Международный семинар «Современные информационные технологии в биологии и медицине» | Дубна | 22–24 ноября | 50 |
| 76. | Дни физики – 2023 | Дубна | 24 ноября | 150 |
| 77. | 11-е коллаборационное совещание по эксперименту VM@N на ускорительном комплексе NICA | Дубна | 28–30 ноября | 120 |
| 78. | 9-й объединенный координационный комитет ОИЯИ–Сербия | Белград | 30 ноября – 1 декабря | 12 |
| 79. | Рабочее совещание коллаборации «Байкал» | Дубна | 5–8 декабря | 55 |
| 80. | 2-е совместное рабочее совещание ЮАР и ОИЯИ по теории и вычислениям | Порт-Элизабет, ЮАР | 5–8 декабря | 55 |
| 81. | Выездной семинар «Научно-исследовательская деятельность ОИЯИ» | Дубна | 6–12 декабря | 69 |
| 82. | Семинар, посвященный подведению итогов деятельности ЛИТ им. М. Г. Мещерякова в 2023 г. | Дубна | 27 декабря | 150 |



ИННОВАЦИОННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 2023 г. продолжались работы по развитию инфраструктуры R&D, направленной на создание Инновационного центра ядерно-физических исследований в сфере наук о жизни, биомедицинских технологий, радиационной биологии и радиационного материаловедения, а также экологии и информационных систем:

- в стадии завершения — формирование пользовательской инфраструктуры на базе выведенных пучков ускорительного комплекса NICA (ARIADNA);

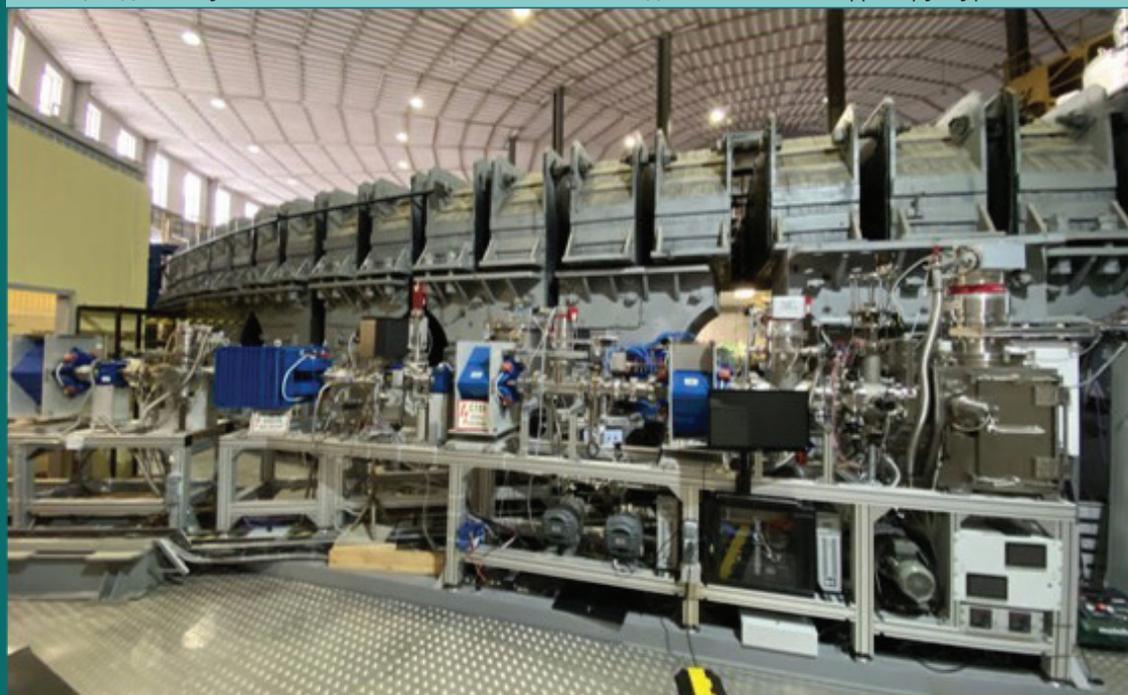
- в партнерстве с НИИЭФА ГК «Росатом» продолжалось создание медицинского сверхпроводящего циклотрона МСЦ-230;

- подготовлены к монтажу оборудование и помещения ускорительного комплекса ДЦ-140 (тестирование электронных компонентов, радиационное материаловедение, развитие технологий трековых мембран и их производство).

В ЛФВЭ в рамках сеанса на ускорительном комплексе NICA реализована уникальная технология длительной (продолжительностью до нескольких месяцев) радиационной обработки материалов ускоренными ионами высоких энергий. Проведены первые эксперименты по апробации режимов длительного облучения в рамках программы работ научной коллаборации ARIADNA, нацеленной на широкий спектр передовых радиационных технологий. В частности, выполнены эксперименты в области радиационной модификации композитных материалов, полимеров и высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП).

Научный коллектив ОИЯИ разрабатывает прорывные технологии изготовления импульсных ВТСП-магнитов для ускорителей заряженных частиц и мегаваттных накопителей энергии. Созданы конструкция, технология и кабельные машины для изготовления уникального импрег-

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина.
Станция для облучения чипов (СОЧИ) в составе исследовательской инфраструктуры ARIADNA



Климатическая кабина
станции исследований медико-биологических объектов (СИМБО)



нированного твистированного ВТСП-кабеля с проточным охлаждением (нуклотронного типа), что позволяет делать обмотки магнитов с радиусом изгиба от 40 мм и с током до десятков тысяч ампер. Получен эффект увеличения до 3–4 раз критического тока ВТСП-лент в магнитных полях при температуре 50–80 К путем создания центров пиннинга облучением лент протонами и ионами. Разработана конструкция соединения концов ВТСП-кабелей с переходным сопротивлением всего в несколько наноом при токе 10–15 кА и температуре 30–65 К. Подобран состав эпоксидного компаунда, обеспечивающий долговременную стабильность и оптимальные условия охлаждения обмотки.

В ходе работ по увеличению критических токов проведена серия облучений коротких кусков ВТСП-лент разными флюенсами ионов Хе с энергией 150–170 МэВ на ион на циклотроне ИЦ-100 ЛЯР. Полученное увеличение критического тока ВТСП-ленты в поле 2 Тл при температуре 50 К в 3,5 раза позволит создать магнитную систему нового нуклотрона, работающую при 50 К с охлаждением ярма магнитов жидким азотом. На основе этих исследований начата разработка технологии облучения длинных кусков ВТСП-лент на циклотронах У-400М и ДЦ-140. Результаты работ позволили в качестве приоритетного направления для развития технологии радиационного пиннинга определить циклотронные пучки ионов из-за их эффективности и отсутствия остаточного фона. Динамично растущий и модернизируемый циклотронный комплекс ЛЯР ОИЯИ является уникальной базой для такого развития.

В рамках реализации соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и ФМБА России в 2023 г. начаты консультации по формированию медико-технического задания к совместному проекту протонного центра медико-биологических исследований ФМБА России и ОИЯИ в Дубне.

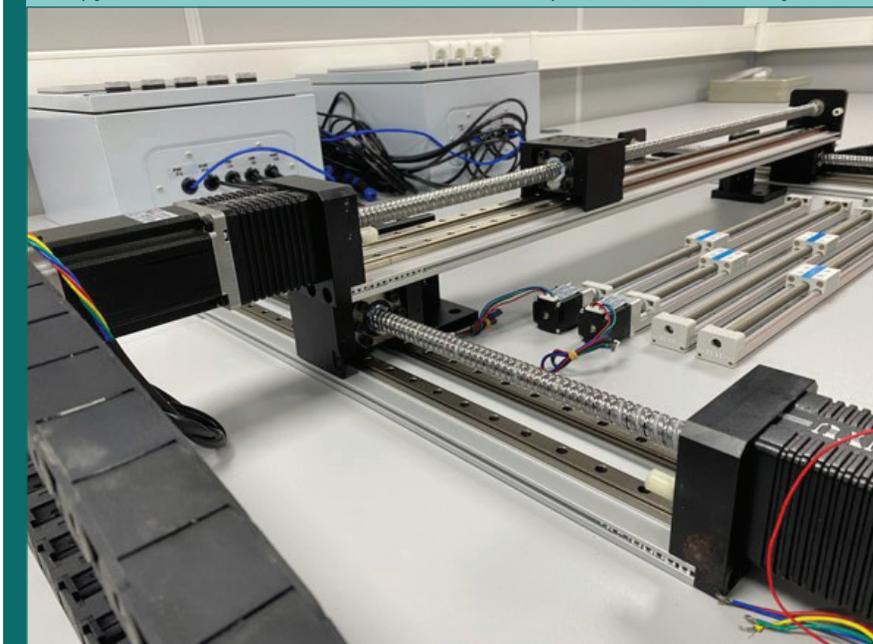
В Центре прикладной физики (ЦПФ) ЛЯР развиваются новые направления поисковых исследований и разработок, направленных на создание продуктов и технологий на базе трековых мембран. Совместно с «НМИЦ эндокринологии» начаты исследования, направленные на разработку имплантируемого биореактора для последующей загрузки тканеинженерным материалом и питательной средой с целью оценки применимости трековой мембраны в качестве материала для создания тканеинженерной конструкции (поджелудочной железы) с различными инсулинпродуцирующими клетками.

Продолжены работы в партнерстве с инновационными компаниями, в том числе резидентами ОЭЗ «Дубна». В ЦПФ ЛЯР реализуется проект, нацеленный на разработку новых материалов для водородной энергетики и преодоление недостатков существующих коммерческих протонпроводящих мембран, в котором изучается возможность создания гибридных мембран на основе модифицированных фторированных пленок для применения в качестве протонпроводящих мембран для водородно-воздушных и метанольных топливных элементов. Для использования в стоматологии разрабатывается костнопластический материал (барьерная мембрана) на основе трековых мембран, покрытых методом электроспиннинга слоем коллагена. Изучаются

Испытательная станция для компонентов радиоэлектронной аппаратуры (ИСКРА)



Разработка системы позиционирования образцов и дозиметрического оборудования на станции для длительного радиационного облучения



возможности использования в лабораторной диагностике, в частности для анализа резистентности бактерий к антимикробным препаратам, полученных с применением ионно-трековых технологий микропланшетов, а также разработанной совместно со специалистами сектора молекулярной генетики ЛЯП модифицированной трековой мембраны, способной избирательно накапливать макромолекулы ДНК.

Совместно с партнером из ОЭЗ «Дубна» в ЛНФ и ЦПФ ЛЯР ведутся исследования по созданию доступных биоподобных роговичных графтов

длительного хранения, пригодных для основных видов кератопластики и обладающих высокой степенью биосовместимости, что, как ожидается, позволит полноценно заменить человеческий донорский материал в офтальмологии. Оптимизация параметров развиваемого метода произведена по результатам экспериментов по малоугловому рентгеновскому рассеянию (МУРР) на станции USAXS/SAXS/WAXS XEUSS 3.0.

В ЛНФ на установке нейтронной радиографии и томографии начато формирование инфраструктуры окружения образца для выполнения

Дубна, 25 мая. Заседание выездной коллегии ФМБА России «Промышленная медицина — основа трудового долголетия», в рамках которой состоялось торжественное открытие сосудистого центра, созданного при поддержке ОИЯИ



исследований в области водородной энергетики. По заказу бизнес-партнера с использованием рентгеновского малоуглового рассеяния проводится исследование внутренней структуры перспективных протонпроводящих материалов.

В ЛЯП ОИЯИ продолжаются работы по созданию и использованию гибридных матричных полупроводниковых детекторов рентгеновского излучения в режиме счета единичных квантов с энергетическими порогами. Такие детекторы открывают возможность для реализации «цветной» компьютерной томографии, позволяющей дифференцировать области не только с различной плотностью, но и с разным элементным составом. Создание гибридного пиксельного детектора, состоящего из полупроводникового сенсора и специально разрабатываемого чипа ASIC, соединенных посредством bump-bonding, находится на переднем крае развития компьютерной томографии и осуществляется во взаимодействии с разработчиками нового электронно-лучевого компьютерного томографа с двойным источником излучения.

Значительные перспективы в развитии технологий медицинской диагностики имеет разработанный в ЛЯП радионуклидный генератор $^{44m}\text{Sc}/^{44g}\text{Sc}$, обеспечивающий высокую эффективность получения радионуклида, используемого в позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ).

На созданном в ЛЯП источнике позитронов в сотрудничестве с Томским политехническим университетом проведены исследования наноразмерных многослойных структур, представляющих собой чередующиеся слои циркония и ниобия. Такие покрытия обладают высокой радиационной стойкостью и рассматриваются в качестве перспективных материалов активной зоны корпусов ядерных реакторов. Интерес к этим материалам уже проявила ГК «Росатом» и компания Huawei. Совместно с Северным (Арктическим) федеральным университетом им. М. В. Ломоносова проводились исследования дефектной структуры образцов синтетических алмазов, легированных азотом. Такие алмазы используются при разработке квантово-оптических преобразователей и для создания твердотельных спиновых кубитов в квантовой электронике.

Продолжается развитие сети малогабаритных прецизионных лазерных инклинометров (МПЛИ). В декабре 2023 г. на Камчатке установлен второй инклинометр, отличающийся усовершенствованной конструкцией и новой электроникой. Разработана новая система сбора данных с инклинометров на базе свободного ПО. В 2023 г. специалистами ЛЯП разработана модификация МПЛИ — интерферометрический инклинометр. Предложенная конструкция инклинометра по-



зволяет значительно упростить конструкцию и уменьшить стоимость прибора. Изготовлен прототип прибора, идут его испытания в метрологической лаборатории ЛЯП.

Силами ЛРБ и ЛИТ продолжается реализация совместного инновационного проекта BIOHLIT по направлению «Искусственный интеллект и компьютерное зрение». Создаваемая информационная система предназначена для хранения и анализа биологических данных и позволяет объединить и структурировать разнородные данные различных экспериментов в единое информационное пространство. В системе внедрена подписанная система для хранения данных и модули по анализу данных поведенческих тестов. По сравнению с имеющимися аналогами ПО улучшена детекция животного в арене тестовых установок, что позволяет точнее обрабатывать экспериментальные данные.

В рамках взаимодействия между ЛРБ и ЛФВЭ создан прототип измерительного комплекса, обеспечивающий измерение силы хватки передних конечностей грызунов. Новый комплекс состоит из аппаратной платформы и специального программного обеспечения для визуализации, обработки и сохранения результатов измерений. Комплекс проходит стадию оформления патента на изобретение.

Опыт сотрудников ЛИТ по созданию платформы распознавания болезней растений pdd.jinr.ru был использован в разработке по заказу и на

экспериментальной базе одного из высокотехнологичных агропредприятий сервиса по дистанционной диагностике вирусных и других заболеваний картофеля.

Высоким потенциалом в сфере трансфера технологий обладают результаты ЛИТ в области создания и использования цифровых двойников информационных систем, а также в построении автоматизированных систем управления на базе квантовых алгоритмов.

В ЛНФ совместно с индустриальным партнером и профильными институтами продолжают работу по созданию мобильной установки и отработке методики определения содержания углерода в почве для использования в рамках мониторинга эмиссии и поглощения парниковых газов, а также разработки более экологичных технологий агроиндустрии и климатических проектов.

В 2023 г. начата работа над созданием информационного ресурса по детекторным технологиям ОИЯИ. В Институте накоплен богатейший опыт реализации проектов создания и использования детекторных систем, систем окружения образца, регистрации и обработки данных, а также опыт взаимодействия с производителями компонентов и материалов, нестандартного оборудования, научно-технологическими партнерами, обладающими комплементарными компетенциями в сфере детекторных технологий. Создаваемый ресурс позволит инвентаризировать и

систематизировать информацию о таком опыте, об имеющейся в ОИЯИ инфраструктуре R&D детекторных систем, обеспечит возможность контекстного поиска актуальной информации о применяемых в Институте технологиях, компетенциях и оборудовании в области создания современных детекторов. Ориентированный в первую очередь на специалистов ОИЯИ ресурс станет также инструментом эффективного взаимодействия с внешними партнерами.

Выполнены подготовительные работы для старта аналогичного ресурса по научно-технологическим компетенциям в области разработки и эксплуатации ускорителей частиц. ОИЯИ является ведущим ускорительным центром стран-участниц. В Институте близок к физическому пуску ускорительный комплекс NICA, для проведения прикладных исследований сооружаются два новых циклотрона, на 2024 г. в ЛЯП запланирован ввод в эксплуатацию линейного ускорителя электронов на энергию 200 МэВ. Кроме того, продолжается эксплуатация действующих ускорителей, в ЛФВЭ ведутся исследования на выведенных пучках нуклотрона, продолжает успешно функционировать циклотрон тяжелых ионов ДЦ-280 с рекордной в мире интенсивностью ускоряемых ионов средних масс, в ЛНФ успешно функционирует ускоритель электронов в составе установки ИРЕН. Создание ресурса, аккумулирующего информацию о возможностях, инфраструктуре подразделений ОИЯИ в данной сфере, повысит эффективность межлабораторного взаимодействия, будет служить развитию ОИЯИ как центра компетенций по ускорительным технологиям.

Защита интеллектуальной собственности

Отделом инноваций и интеллектуальной собственности СГИ ОИЯИ было продолжено 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 2022–2023 гг. С целью определения технического уровня новых разработок сотрудников ОИЯИ на предмет патентоспособности выполнена экспертиза ряда проектных разработок, включающая определение объектов правовой охраны и их классификацию в соответствии с Международной патентной классификацией (МПК), поиск аналогов и прототипов. Совместно с сотрудниками лабораторий готовились отчеты о патентных исследованиях.

По 10 разработкам совместно с авторами подготовлены комплекты заявочных документов, которые поданы в Роспатент РФ для получения патентов на изобретения.

Получено 10 патентов РФ на изобретения:

— (RU) 2792202 «Устройство для получения ультрахолодных нейтронов», автор С. Н. Доля;

— (RU) 2787744 «Устройство для получения холодных и ультрахолодных нейтронов», авторы: С. Н. Доля, Ю. В. Никитенко;

— (RU) 2793964 «Устройство для детектирования твердых фрагментов сферической формы шарикового холодного замедлителя нейтронов», авторы: А. П. Галушко, М. В. Булавин, А. Ыскаков, К. А. Мухин, В. А. Скуратов, И. А. Смелянский;

— (RU) 2797497 «Позиционно-чувствительный газовый детектор тепловых и холодных нейтронов», авторы: А. Г. Колесников, Б. Ж. Залиханов, В. И. Боднарчук, Ю. А. Крюков;

— (RU) 2798227 «Теллуросодержащий жидкий сцинтиллятор», авторы: И. Б. Немченко, И. А. Сулов, А. Д. Быстряков;

— (RU) 2800058 «Устройство мониторинга преизлучающей способности спектросмещающего оптического волокна», авторы: М. О. Петрова, М. М. Подлесный, В. М. Милков;

— (RU) 2803544 «Кольцевой накопитель нейтронов», авторы: Ю. В. Никитенко, В. Л. Аксенов;

— (RU) 2810718 «Устройство для измерения угла наклона», автор М. В. Ляблин;

— (RU) 2806879 «Теплопроводящая панель для жидкостных систем охлаждения детекторных модулей и способ ее изготовления», авторы: Т. З. Лыгденова, А. Л. Воронин, В. И. Жеребчевский, С. Н. Иголкин, Г. А. Феофилов, Ю. А. Мушин;

— (RU) 2810721 «Устройство для измерения угла наклона», автор М. В. Ляблин.

Также в конце года получено положительное решение Роспатента РФ на выдачу патента по заявке 2023100496 «Способ сборки супермодулей для детектирования ионизирующего излучения», авторы: В. В. Елша, Д. В. Дементьев, А. Д. Шереметьев, А. Л. Воронин, Ю. А. Мушин.

В реестре программ для электронных вычислительных машин Роспатента зарегистрированы 10 программ для ЭВМ и база данных:

— 2023610870 «Программа мониторинга и накопления данных PIT-Viewer системы измерения токов сверхпроводящих магнитов синхротронов бустера и нуклотрона», авторы: А. К. Панфилов, В. Н. Карпинский, С. В. Киров, А. А. Козляковская, А. В. Сергеев, В. Г. Товстуха;

— 2023670014 «База данных учета информации о международном сотрудничестве ОИЯИ»;

— 2023661580 «Программа анализа работы веб-сайтов организаций, сотрудничающих с ОИЯИ», авторы: В. П. Елисеев, Т. В. Тюпикова;

— 2023618835 «Программа измерения токов SYS_Monit сверхпроводящих структурных магнитов синхротронов бустера и нуклотрона», авторы: А. К. Панфилов, В. Н. Карпинский, С. В. Киров, А. В. Сергеев, В. Г. Товстуха;

— 2023662830 «Программа обработки и визуализации информации о состоянии магнитной оптики в измерительном павильоне», авторы: А. Г. Зорин, Н. А. Блинов;

— 2023662831 «Программа дистанционного наблюдения за срабатыванием защит теплых

магнитов в экспериментальном зале», авторы: А. Г. Зорин, Н. А. Блинов;

— 2023664342 «Monte Carlo Simulation of nanodispersed extraction systems for low-energy neutrons (MCSnes)», авторы: А. Ю. Незванов, Э. С. Теймуров;

— 2023667401 «Программа создания эталонного справочника сотрудничающих с ОИЯИ международных организаций и верификации данных по приему и командированию специалистов», авторы: В. П. Елисеев, Г. А. Володина;

— 2023667305 «Программный комплекс для создания цифровых двойников распределенных центров сбора, хранения и обработки данных», авторы: В. В. Кореньков, Д. И. Пряхина, В. В. Трофимов;

— 2023667527 «Программа оптимизации параметров модели облучательной установки, имитирующей поле смешанного излучения на ускорителях заряженных частиц», автор И. С. Гордеев;

— 2023686688 «Программа определения и настройки конфигурации компьютерной модели установки для облучения смешанным полем излучения на ускорителях заряженных частиц», автор И. С. Гордеев.

В реестре топологий интегральных микросхем (ТИМС) Роспатента зарегистрирована

— 2023630250 «Восьмиканальная микросхема считывания и обработки сигналов резистивных плоскостных камер», авторы: Е. А. Усенко, Э. В. Аткин, Д. Д. Норманов, С. И. Ямалиев, А. Р. Серазетдинов, А. А. Солин.

Информация по полученным патентам и зарегистрированным программам, базе данных и

ТИМС подавалась в бухгалтерию ОИЯИ для выплаты авторских вознаграждений.

В 2023 г. осуществлялась поддержка действия 82 патентов ОИЯИ. Проводилась работа с лабораториями по выявлению патентов с приоритетом больше 10 лет, необходимость в дальнейшем поддержании действия которых отсутствует.

В области патентно-информационной работы в 2023 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 ОИИИС «Патенты», рассылаемых в подразделения Института подписчикам как в электронной, так и в бумажной форме. Электронная база бюллетеней ОИИИС доступна также на сайте отдела (<https://oliis.jinr.ru/>).

Оформляются информационные листы ОИИИС о получении Институтом новых патентов и государственной регистрации других объектов промышленной интеллектуальной собственности (программ для ЭВМ, баз данных и ТИМС). Эта информация регулярно включается в раздел «Патенты» на интернет-сайте ОИЯИ (<http://www.jinr.ru/posts/category/patents-ru/>), а также в разделы интернет-страницы ОИИИС «Действующие патенты» (<https://oliis.jinr.ru/index.php/patentovanie-2/8-russian/25-dejstvuyushchie-patenty-oiyai>) и «Программы ЭВМ, зарегистрированные ОИЯИ» (<https://oliis.jinr.ru/index.php/patentovanie-2/8-russian/28-programmy>).



ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 2023 г. в издательском отделе вышло в свет 68 наименований публикаций, 38 наименований служебных материалов.

Среди изданных в 2023 г. книг сборник «Профессор Будагов Юлиан Арамович», монография З. Я. Садыгова «Физика твердотельных фотоэлектронных умножителей», сборник воспоминаний «Анатолий Григорьевич Артюх. Экспериментатор. Организатор. Оптимист», книга Евгения и Наталии Соловьевых «Мемуары», книга А. В. Беклемищева «Как строилась Дубна».

Изданы тезисы докладов и труды XXIX Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами ISINN-29 (Дубна, 29 мая – 2 июня 2023 г.), сборник аннотаций международного рабочего совещания «Сверхпроводящие и магнитные гибридные структуры» (Дубна, 11–15 июля 2023 г.), материалы международной конференции «Актуальные проблемы радиационной биологии. Молекулярно-генетические исследования в радиобиологии» (Дубна, 19–20 октября 2023 г.).

Годовые отчеты ОИЯИ за 2022 г. на русском и английском языках вышли в свет в обновленном дизайне. Опубликован Семилетний план развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. на русском и английском языках.

В 2023 г. вышли из печати 6 выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 125 статей. В выпусках 3 и 4 опубликованы материалы LXXI Международной конференции по ядерной физике «Ядро-2021» (Санкт-Петербург, 20–25 сентября 2021 г.). Выпуск 5 содержит материалы XXXIV Международного совещания по физике высоких энергий «От кварков до галактик: прояснение темных сторон» (Протвино, 22–24 ноября 2022 г.). В выпуске 6 опубликованы материалы XVIII Международной конференции «Методы симметрии в физике» (Ереван, 10–16 июля 2022 г.) и международного семинара «Суперсимметрии и квантовые симметрии» (Дубна, 8–13 августа 2022 г.). Издано 6 номеров журнала «Письма в ЭЧАЯ», содержащих 283 статьи. В выпуске 3 опубликованы труды Международной конференции по квантовой теории поля, физике высоких энергий и космологии (Дубна, 18–21 июля 2022 г.). Выпуск 4 содержит труды XIV Международного научного семинара памяти профессора В. П. Саранцева «Проблемы

коллайдеров и ускорителей заряженных частиц» (Алушта, 20–25 сентября 2022 г.). В выпуск 5 вошли материалы международной конференции «Современные проблемы теории конденсированных сред» (Дубна, 17–22 октября 2022 г.). Материалы XXVI Международной конференции молодых ученых и специалистов 2022 (AYSS-2022) опубликованы в выпусках 5 и 6.

Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

В 2023 г. было издано 50 номеров еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс».

В рамках обмена научными публикациями в сотрудничающие с Институтом организации из разных 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 310 статей, содержащих 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.

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 — стендовых докладов сотрудников Института для представления на научных форумах. Для проведения конференций и совещаний выполнялась печать информационных материалов — программ, блокнотов, бейджей, дипломов и сертификатов.

По заявкам лабораторий и других подразделений ОИЯИ выполнялись переплетные работы,

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 2023 г. число читателей Научно-технической библиотеки составило 1650 человек. Действует электронная система учета выдачи и возврата литературы. Количество выданной литературы — 4000 экз. На 1 января 2024 г. библиотечный фонд составил 430632 экз., из них 195483 экз. на иностранных языках.

По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 131 издание, выполнено 14 заявок из других библиотек. По всем источникам комплектования поступило 1242 экз. книг, периодических изданий, препринтов, диссертаций и авторефератов, 224 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 96 номеров экспресс-бюллетеней «Книги», «Статьи», «Препринты» с информацией относительно 5034 названий. Электронные версии бюллетеней доступны в Интернете в разделе сайта НТБ «Новые поступления» и рассылаются по e-mail. Под-

писаться можно в разделе «Сервисы» на сайте НТБ: http://lib.jinr.ru/ntb_mail/newslist.html.

Для службы главного ученого секретаря еженедельно составлялись библиографические списки публикаций сотрудников ОИЯИ с аннотациями и ссылками на полные тексты публикаций.

Регулярно обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий, диссертаций и авторефератов. На них представлено 949 изданий. Организовано 8 тематических выставок. На них представлено 560 изданий.

Электронные каталоги журналов, статей, препринтов, книг, диссертаций и авторефератов доступны в Интернете по адресу: <http://lib.jinr.ru:8080/OpacUnicode/>.

В электронном каталоге через личный кабинет читатели могут заказать необходимую литературу, а также просмотреть свои читательские формуляры (см. сайт НТБ, раздел «Электронные каталоги»).

Выпущен «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 2022 г.» (1434 записи).

Выставка книг, посвященная 110-летию со дня рождения Б. М. Понтекорво



Электронная версия указателя со ссылками на полные тексты публикаций доступна в Интернете (см. сайт НТБ, раздел «Сервисы») http://lib.jinr.ru/buk/2022/bibl_uk.php. Подготовлено 3 библиографических указателя.

Отсканировано и размещено в электронном каталоге 5613 препринтов и авторефератов диссертаций, депонированные публикации ОИЯИ. База данных работ сотрудников ОИЯИ доступна в Интернете через электронные каталоги.

По российской подписке было получено 58 названий периодических изданий.

Благодаря Национальной электронной подписке РЦНИ сотрудники ОИЯИ получили электронный доступ к журналам издательств «Wiley», «American Physical Society», «American Mathematical Society», журналам «Nature», «Science», журналам и книгам издательства «Шпрингер», к базе данных «Questel», к коллекции книг ЕБСКО, к журналам Российской академии наук.

В рамках проекта «История ОИЯИ и г. Дубны на страницах книг, журналов и центральных

газет» введено 53 новых библиографических описания. Информационно-поисковая система «Литература об ученых ОИЯИ» (включает 1055 записей) доступна для пользователей в разделе сайта НТБ «Публикации об ОИЯИ» <http://who-is-who.jinr.ru/catalog3/main.html>.

В 2023 г. в автоматизированную информационно-библиотечную систему «Absotheque» введено: книг — 378 назв., журналов — 1460 номеров, препринтов — 552 назв., диссертаций и авторефератов — 189 назв., книжных статей — 488 назв. и журнальных статей — 5528 назв.

На 1 января 2024 г. количество библиографических описаний в АИБС «Absotheque» составило 350685 записей.

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.

ПУБЛИКАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ СОТРУДНИКОВ ОИЯИ

По данным международной базы данных «Scopus» на 12.02.2024 всего публикаций — 1304.

Таблица 1. Совместные публикации с авторами из государств-членов ОИЯИ

| Страна* | Количество публикаций |
|-------------|-----------------------|
| Азербайджан | 204 |
| Армения | 149 |
| Белоруссия | 65 |
| Болгария | 206 |
| Вьетнам | 18 |
| Грузия | 179 |
| Египет | 86 |
| Казахстан | 77 |
| Куба | 63 |
| Молдавия | 9 |
| Монголия | 144 |
| Румыния | 282 |
| Словакия | 230 |
| Узбекистан | 66 |

*В алфавитном порядке.

Таблица 2. Совместные публикации с авторами из стран — ассоциированных членов ОИЯИ

| Страна* | Количество публикаций |
|--------------|-----------------------|
| Венгрия | 161 |
| Германия | 432 |
| Италия | 839 |
| Сербия | 197 |
| Южная Африка | 203 |

*В алфавитном порядке.

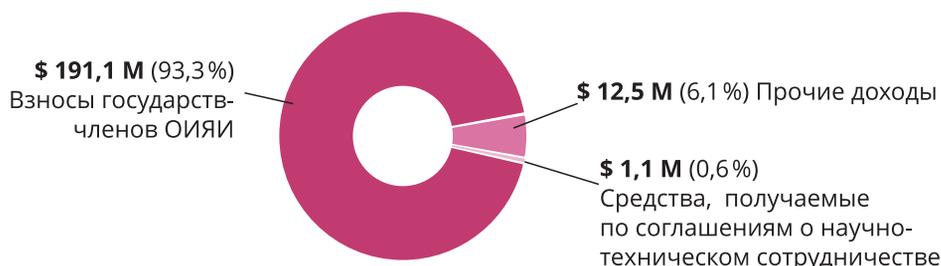
Таблица 3. Совместные публикации сотрудников ОИЯИ с авторами из других стран и регионов

| Страна/регион* | Количество публикаций | Страна/регион* | Количество публикаций |
|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| США | 428 | Марокко | 117 |
| Китай | 380 | Гонконг | 114 |
| Польша | 365 | ОАЭ | 111 |
| Великобритания | 360 | Палестина | 102 |
| Турция | 330 | Филиппины | 99 |
| Франция | 308 | Бельгия | 79 |
| Чехия | 304 | Кипр | 70 |
| Нидерланды | 272 | Иран | 65 |
| Швейцария | 272 | Эстония | 63 |
| Бразилия | 266 | Латвия | 63 |
| Швеция | 264 | Литва | 62 |
| Австрия | 246 | Малайзия | 62 |
| Греция | 243 | Индонезия | 61 |
| Индия | 236 | Перу | 61 |
| Япония | 222 | Эквадор | 60 |
| Чили | 212 | Ирландия | 60 |
| Таиланд | 208 | Шри Ланка | 60 |
| Пакистан | 207 | Кувейт | 58 |
| Испания | 203 | Черногория | 56 |
| Тайвань | 197 | Катар | 49 |
| Норвегия | 189 | Пуэрто-Рико | 43 |
| Южная Корея | 188 | Новая Зеландия | 30 |
| Португалия | 186 | Саудовская Аравия | 8 |
| Колумбия | 181 | Таджикистан | 5 |
| Дания | 178 | Иордания | 4 |
| Австралия | 168 | Нигерия | 2 |
| Канада | 145 | Северная Македония | 2 |
| Украина | 138 | Албания | 1 |
| Хорватия | 136 | Алжир | 1 |
| Финляндия | 133 | Босния и Герцеговина | 1 |
| Мексика | 132 | Ботсвана | 1 |
| Израиль | 122 | Кыргызстан | 1 |
| Словения | 121 | Ливан | 1 |
| Аргентина | 117 | Судан | 1 |

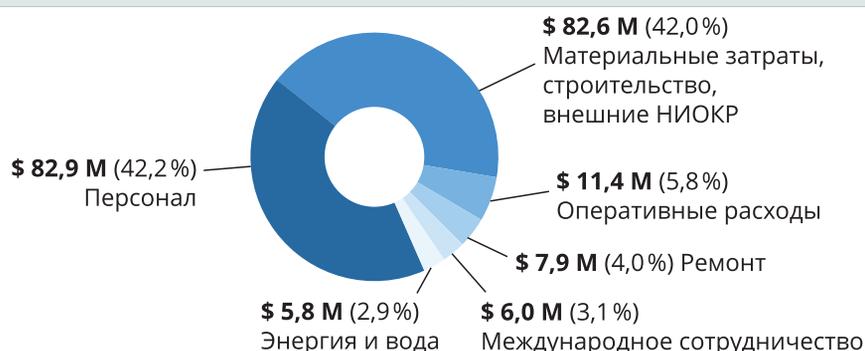
*По мере убывания числа публикаций.

ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Исполнение бюджета ОИЯИ на 2023 г. по доходам — всего 204,7 млн долларов США



Исполнение бюджета ОИЯИ на 2023 г. по расходам — всего 196,6 млн долларов США



Процентная шкала взносов государств-членов ОИЯИ на 2023 г.

| Страна | % | Страна | % |
|---|------|-----------------------|-------|
| Азербайджанская Республика | 0,36 | Республика Куба | 0,74 |
| Республика Армения | 0,12 | Республика Молдова | 0,09 |
| Республика Белоруссия | 0,66 | Монголия | 0,10 |
| Республика Болгария | 0,68 | Республика Польша** | 4,97 |
| Социалистическая Республика Вьетнам | 1,60 | Российская Федерация | 78,71 |
| Грузия | 0,15 | Румыния | 1,90 |
| Арабская Республика Египет | 2,66 | Словацкая Республика* | 1,21 |
| Республика Казахстан | 1,46 | Республика Узбекистан | 0,49 |
| Корейская Народно-Демократическая Республика* | 0,19 | Украина** | 1,51 |
| <i>Итого:</i> | | Чешская Республика** | 2,40 |
| | | | 100,0 |

* Членство в ОИЯИ приостановлено.

** Членство в ОИЯИ прекращено.

В 2023 г. сотрудники Объединенного института ядерных исследований для реализации ряда научных проектов получили финансовую поддержку Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Российского научного фонда (РНФ) и Министерства науки и высшего образования РФ.

Российский фонд фундаментальных исследований профинансировал научные проекты ОИЯИ в рамках международных конкурсов совместно со следующими организациями и госучреждениями: Государственный комитет по науке Министерства образования и науки Республики Армения (1 проект), Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (1 проект), Министерство культуры, образования, науки и спорта Монголии (1 проект), Немецкое научно-исследовательское сообщество (2 проекта).

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 малыми отдельными научными группами» (7 проектов), «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований международными научными коллективами» — NSFC (Китай) и DFG (Германия) (по 1 проекту), «Проведение инициативных исследований молодыми учеными» (2 проекта), «Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых» (3 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».

КАДРЫ

Численность персонала ОИЯИ на 1 января 2024 г. составила 5070 человек (без временных членов персонала).

В ОИЯИ работают: академики РАН В. А. Матвеев, И. Н. Мешков, Ю. Ц. Оганесян, Г. В. Трубников, Б. Ю. Шарков, члены-корреспонденты РАН В. Л. Аксенов, А. В. Белушкин, Л. В. Григоренко, Д. И. Казаков, В. Д. Кекелидзе, Е. А. Красавин,

Г. Д. Ширков, члены других государственных академий наук: Б. С. Юлдашев, О. Чулуунбаатар; 40 профессоров, 28 доцентов, 220 докторов наук, 594 кандидата наук.

В 2023 г. в ОИЯИ принято на работу 468 человек, уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 554 человека.

Дубна, 26 июля.

Участники торжественной церемонии вручения дипломов о присуждении ученых степеней



НАГРАЖДЕНИЯ

За плодотворную работу в ОИЯИ и международное сотрудничество награждены благодарностью главы городского округа Дубна — 13 сотрудников, благодарностью губернатора Московской области — 1, благодарственным письмом ОИЯИ — 51, дипломом Президиума РАН — 1, медалью им. А. П. Александрова «За выдающийся вклад в развитие атомной науки и техники» — 1, почетной грамотой главы городского округа Дубна — 24, почетной грамотой ОИЯИ — 64, почетной медалью РАЕН «За достижения в экономике» им. В. В. Леонтьева — 1,

почетной памятной медалью ОИЯИ — 4, почетным дипломом ОИЯИ — 16, почетным знаком «За заслуги перед Дубной» — 2, юбилейной медалью «75 лет РПС РАЭиП» — 9, юбилейным благодарственным письмом ЦК профсоюза — 7 сотрудников. Звание «Почетный сотрудник ОИЯИ» присвоено одному сотруднику.

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 8 |
| РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ | |
| Комитет полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ | 12 |
| Ученый совет | 20 |
| Финансовый комитет | 34 |
| Программно-консультативные комитеты | 37 |
| Премии ОИЯИ | 51 |
| НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ | |
| Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова | 54 |
| Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина | 65 |
| Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова | 83 |
| Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова | 92 |
| Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка | 103 |
| Лаборатория информационных технологий им. М. Г. Мещерякова | 118 |
| Лаборатория радиационной биологии | 132 |
| Учебно-научный центр | 141 |
| МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО | |
| Научно-техническое сотрудничество | 150 |
| Конференции и совещания | 185 |
| ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ | 202 |
| ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ | |
| Издательский отдел | 210 |
| Научно-техническая библиотека | 212 |
| Финансовая деятельность | 214 |
| Кадры | 216 |

**Ответственный
за подготовку отчета:**

Б. М. Старченко

Отчет подготовили:

А. В. Андреев
С. В. Бобров
Н. А. Боклагова
О. Ю. Дереновская
Е. В. Иванова
А. В. Карпов
Е. В. Кешарпу
И. В. Кошлань
О.-А. Куликов
Е. Г. Кутейникова
И. Ф. Ленский
Д. А. Михеев
И. В. Симоненко
Е. А. Федорова
Д. М. Худоба
А. П. Чеплаков
А. Н. Шабашова
Ю. Г. Шиманская
И. Ю. Щербакова

Дизайнер

В. О. Тамонова

**В отчете использованы
фотографии:**

И. А. Лапенко
Е. В. Пузыниной

Объединенный институт ядерных исследований. 2023

Годовой отчет

2024-8

Редакторы: *Е. В. Григорьева, Е. В. Калининкова, Е. В. Сабеева*
Верстка *И. Г. Андреевой, В. А. Жбанковой*

Подписано в печать 3.05.2024. Формат 60×84/8. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 25,11. Уч.-изд. л. 29,3. Тираж 170 экз. Заказ № 60864.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.
E-mail: publish@jinr.ru
www.jinr.ru/publish/