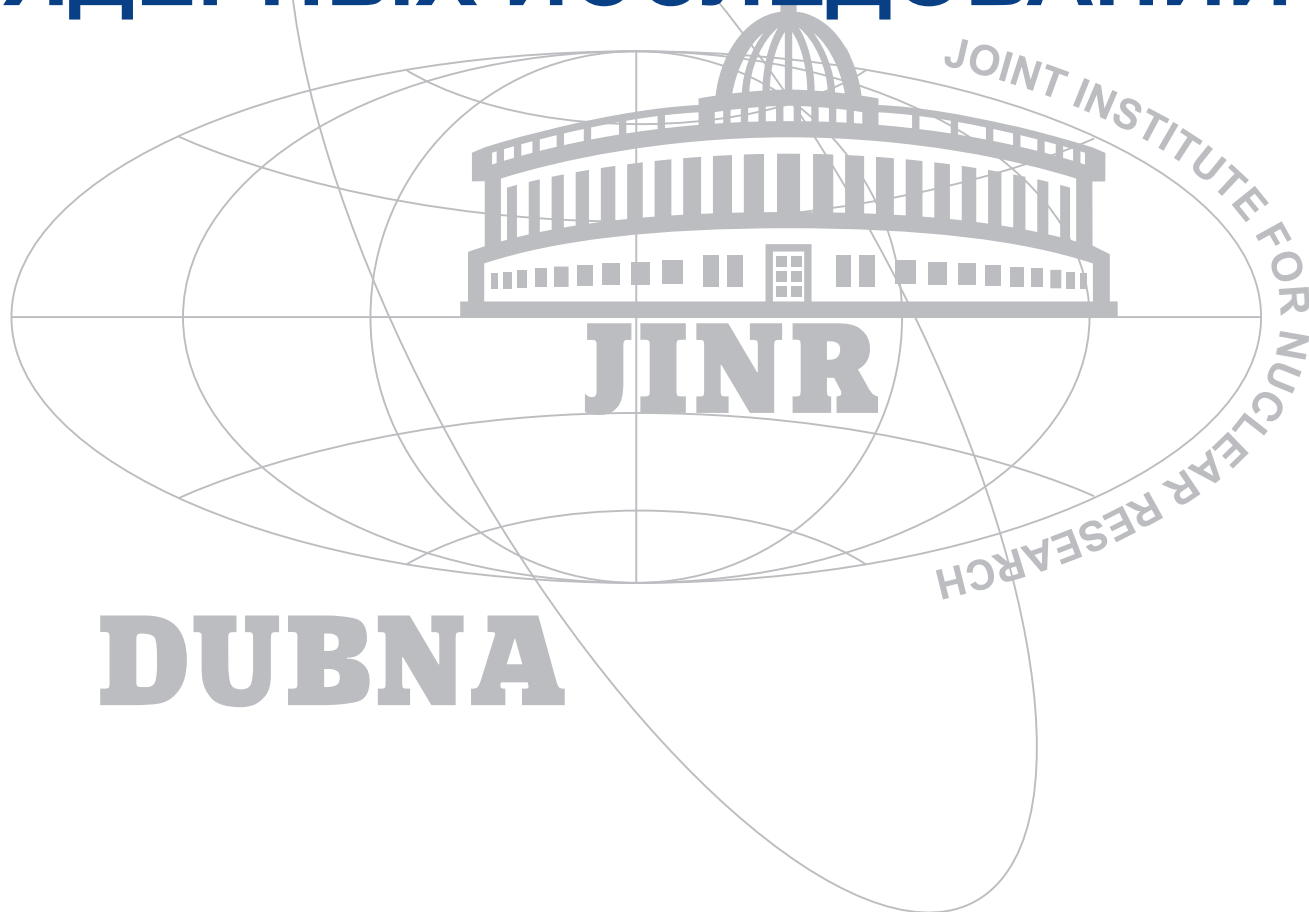


2019

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Объединенный институт ядерных исследований

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

Электронная версия: http://www.info.jinr.ru/publish/Reports/Reports_rus.html



ГОСУДАРСТВА-ЧЛЕНЫ ОИЯИ:

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



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

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



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Руководящие и консультативные органы ОИЯИ	11
Премии и гранты	37
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	43
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ	
Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова	97
Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина .	107
Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова	117
Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова	124
Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка	132
Лаборатория информационных технологий	144
Лаборатория радиационной биологии	157
Учебно-научный центр	172
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	207
Научно-техническая библиотека	208
Отдел лицензий и интеллектуальной собственности	210
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Кадры	215



ВВЕДЕНИЕ

2019 год в жизни Института запомнится множеством ярких событий и достижений. По общему мнению, прошедший год был наиболее успешным в современной истории ОИЯИ. Институт принял активное участие в праздновании Международного года Периодической таблицы Д. И. Менделеева, что еще более укрепило авторитет ОИЯИ на мировой научной арене и подтвердило его лидирующие позиции в области синтеза сверхтяжелых элементов. Планомерно велись работы на приоритетных объектах Семилетней программы. Это и мегапроект исследовательского комплекса NICA, и пуск фабрики сверхтяжелых элементов, и развитие нейтринного телескопа «Байкал-GVD», и ввод в эксплуатацию второй очереди суперкомпьютера «Говорун», а также многие другие работы, успех которых принадлежит интернациональному коллективу Объединенного института.

Этот успех был бы невозможен и без мощной теоретической поддержки экспериментальных исследований в ОИЯИ и в других исследовательских центрах с участием ОИЯИ, которая является важнейшей составляющей деятельности теоретиков Института. По результатам проведенных исследований опубликовано около 480 статей в рецензируемых журналах и трудах конференций, четыре монографии. Ряд исследований выполнен в сотрудничестве с учеными из стран-участниц ОИЯИ и ряда других стран.

В ходе реализации флагманских научных проектов ОИЯИ, в частности проекта класса мегасайенс «Комплекс NICA», достигнут значительный прогресс в работах по созданию базовой конфигурации комплекса NICA. Завершен монтаж и осуществляется поэтапная проверка и ввод в эксплуатацию сверхпроводящего кольцевого ускорителя — бустера. Это один из самых ответственных этапов, поскольку речь идет не только о создании ускорителя, но и об отработке принципиально новых технологий, конструкторских решений, инженерных подходов. Все элементы магнитно-криостатной системы изготовлены в ОИЯИ по оригинальной технологии, получившей признание в Европе. Работу ускорителя и формирование пучка с высоким качеством обеспечит комплекс высокотехнологичных систем, изготовленных

при участии ведущих российских и зарубежных компаний и институтов.

На установке BM@N были получены первые физические результаты по рождению гиперонов («странных» барионов) в эксперименте, целью которого является исследование свойств сверхплотной ядерной материи в столкновениях тяжелых ионов высоких энергий, будущие пучки которых обеспечат ускорители комплекса бустер и нуклотрон (мегасайенс-проект NICA). В реализации эксперимента участвует международная коллаборация ученых из 11 стран, в том числе Германии, Франции, США и Израиля. В ходе сеанса на выведенных пучках нуклотрона были зарегистрированы сотни миллионов взаимодействий ионов углерода, аргона и криптона с мишенями от углерода до свинца.

В 2019 г. введен в эксплуатацию уникальный ускорительный комплекс — фабрика сверхтяжелых элементов (СТЭ). Подготовлен первый эксперимент по синтезу изотопов 115-го элемента — московия, который должен показать готовность комплекса к началу реализации долгосрочной программы, нацеленной на синтез элементов 119 и 120 — первых элементов 8-го периода Периодической таблицы Д. И. Менделеева — и изучение ядерно-физических и химических свойств новых элементов.

В рамках реализации нейтринной программы ОИЯИ развернута и введена в эксплуатацию коллаборацией «Байкал» четвертый и пятый кластеры нейтринного телескопа «Байкал-GVD». С их вводом эффективный объем телескопа «Байкал-GVD» достиг значения $0,25 \text{ км}^3$ в задаче регистрации ливней от нейтрино высоких энергий астрофизической природы, что составляет около 0,6 от эффективного объема антарктического детектора IceCube. Выполнен предварительный анализ данных 2016–2018 гг. и частично 2019 г., позволивший выделить первые шесть событий с энергиями выше 100 ТэВ, где поток астрофизических нейтрино уже превалирует над фоном атмосферных нейтрино. Работы по созданию телескопа ведутся в сотрудничестве нашего Института, институтов Российской академии наук и зарубежных научных центров.

Сотрудниками Института создан уникальный прибор — прецизионный лазерный инклинометр для мониторинга угловой микросейсмической активности. Его устройство основано на использовании самых современных элементов физики — лазерного излучения, квантового явления, гравитационного взаимодействия. Он востребован и для поиска гравитационных волн. В 2019 г. в европейском мегапроекте VIRGO по поиску гравитационных волн получены первые успешные результаты эффективного применения прецизионного лазерного инклинометра.

На нейтронных пучках импульсного реактора ИБР-2 продолжалась реализация международной программы пользователей. Нельзя не отметить, что успех этой программы открывает широкий фронт совместных работ во всем мире, определяет качество нейтронных спектрометров ОИЯИ, парк которых регулярно совершенствуется.

В 2019 г. ИБР-2 отработал 8 циклов, что составило 2680 ч работы на эксперимент. На штатное место установлены новый криогенный замедлитель и модулятор реактивности. Закончена работа по созданию уникальной установки — магнита на основе высокотемпературной сверхпроводимости с охлаждением криокулером замкнутого цикла. На установке ИРЕН, которая в 2019 г. вышла на уровень свыше 100 МэВ, активно проводятся исследования объектов культурного наследия ядерно-физическими методами, и такие исследования идут в ногу с мировым трендом. Кроме того, продолжалась разработка проекта нового нейтронного импульсного источника 4-го поколения, где большую роль играет партнерство с ведущими научными организациями, в частности с «Росатомом».

В настоящее время решение сложнейших ресурсоемких задач невозможно без развития высокопроизводительных мощностей и современных вычислительных архитектур, позволяющих существенно ускорить работу с большими объемами экспериментальных данных. И в этом направлении в Институте сделан еще один важный шаг — введена в эксплуатацию вторая очередь суперкомпьютера «Говорун». Его модернизация привела к увеличению производительности в три раза, что позволило суперкомпьютеру занять 10-е место в списке топ-50 самых мощных суперкомпьютеров стран СНГ.

В области передовых радиобиологических исследований специалистами ОИЯИ и МРНЦ им. А.Ф.Цыба проведены предклинические исследования нового метода повышения биологической эффективности протонов для лечения опухолевых заболеваний *in vivo*. Получен патент на изобретение нового метода усиления радиационного воздействия на живые клетки. Разработан метод получения нейронных культур различных отделов мозга крыс, позволяющий оценивать формирование поврежденных ДНК в нейронах при действии ионизирующих излучений. С использованием культуры нейронов

возможно смоделировать взаимодействия и реакции различных типов клеток в ответ на облучение. В экспериментах с облучением протонами и γ -квантами с применением методов иммуноцитохимического анализа изучено формирование двунитевых разрывов ДНК в нейронах мозжечка и гиппокампа.

Нельзя не отметить значительные успехи в развитии образовательной программы Института и в области подготовки кадров благодаря плодотворной работе Учебно-научного центра ОИЯИ с научной молодежью, студентами и аспирантами из многих стран мира, а также школьниками и учителями физики. В 2019 г. организовано обучение около 500 студентов на базовых кафедрах МГУ, МФТИ, МИФИ, государственного университета «Дубна» и университетов государств-членов ОИЯИ. В летних учебных программах и производственных практиках приняли участие студенты вузов Азербайджана, Армении, Белоруссии, Болгарии, Египта, Италии, Казахстана, Кубы, Мексики, Нидерландов, Польши, России, Румынии, Сербии, Словакии, Узбекистана и Украины.

С 1 сентября в ОИЯИ открыты новые диссертационные советы, работающие на основе права самостоятельного присуждения ученых степеней в Российской Федерации. Дан старт специализированному международному конкурсу для стипендиатов ОИЯИ. Эти меры, несомненно, будут способствовать дальнейшему привлечению в Институт молодых ученых из государств-членов ОИЯИ и других стран — специалистов, готовых привнести свежие идеи и предложить новые подходы к проводимым исследованиям, создать новую атмосферу научного поиска.

Достигнут принципиально новый этап в развитии многолетнего партнерства Института с госкорпорацией «Росатом». В декабре состоялось совместное заседание президиума Научно-технического совета «Росатома» и расширенной дирекции ОИЯИ, в ходе которого было подписано соглашение о сотрудничестве, предполагающее партнерское взаимодействие «Росатома» и ОИЯИ по ряду ведущих научных проектов, в том числе по созданию коллайдерного комплекса NICA, развитию фабрики сверхтяжелых элементов, эксплуатации импульсного реактора ИБР-2 и разработке новой импульсной реакторной установки в Дубне.

В числе значимых итогов года необходимо отметить расширение международных связей и перспектив сотрудничества ОИЯИ с профильными министерствами Республики Армении, Республики Польши, Республики Кубы, Республики Сербии, с Национальной академией наук Республики Белоруссии, научными организациями Социалистической Республики Вьетнам, Китайской Народной Республики и Республики Кореи, присоединение партнеров из Мексиканских Соединенных Штатов к проекту NICA, а также укрепление партнерских отношений с Федеративной Республикой Германией.

Прошедший год запомнился и рядом знаковых юбилейных дат в истории развития не только Института, но и мировой науки в целом. 110-летию со дня рождения академика Николая Николаевича Боголюбова (1909–1992) — выдающегося ученого, математика и физика — была посвящена Международная Боголюбовская конференция «Проблемы теоретической и математической физики». Институт отметил 110-летие со дня рождения члена Чехословацкой академии наук Вацлава Вотрубы (1909–1990), первого вице-директора ОИЯИ.

20 декабря на торжественном собрании, посвященном 70-летию запуска синхроциклотрона ОИЯИ, чествовали героических создателей синхроциклотрона — ветеранов Лаборатории ядерных проблем. История возникновения ОИЯИ, достигнутые и всемирно признанные успехи научных сотрудников, огромный опыт, накопленный в области физики атомного ядра, физики высоких энергий, физики конденсированных сред, — все это неразрывно связано с запуском и длительной успешной работой дубненского синхроциклотрона.

Еще один славный юбилей — 70-летие Универсальной библиотеки ОИЯИ им. Д. И. Блохинцева —

в полной мере подтверждает тот факт, что города растут и развиваются вокруг библиотек и университетов.

Выполнялась намеченная программа по развитию инфраструктуры ОИЯИ, решению социальных вопросов, улучшению условий проживания сотрудников Института и приезжающих к нам коллег, в частности, полным ходом идет реконструкция общежития на ул. Московской, 2, облик которого является одним из символов институтской части Дубны.

От лица дирекции хочется выразить глубокую благодарность правительству России, в полной мере исполняющему свои обязательства перед ОИЯИ, и правительствам других стран-участниц за поддержку Института. Впереди у нас очень большая и ответственная работа по выполнению намеченных в Семи-летнем плане ОИЯИ важнейших задач Института, по реализации его амбициозных проектов класса мега-сайенс, по разработке стратегии долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г. и далее, по получению принципиально новых научных результатов на прорывных направлениях фундаментальной физики — работа, от которой во многом зависит будущее нашего международного центра.



В. А. МАТВЕЕВ, директор
Объединенного института
ядерных исследований

2019

**РУКОВОДЯЩИЕ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ
ОРГАНЫ ОИЯИ**





РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

СЕССИИ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Весенняя сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 25–26 марта под председательством полномочного представителя правительства Российской Федерации М. М. Котюкова.

Заслушав доклад директора Института В. А. Матвеева, КПП с удовлетворением отметил достижение важных этапов в развитии флагманских проектов ОИЯИ, включающих:

— формирование руководящих органов международных коллабораций MPD и BM@N, созданных для проведения исследований на ускорительном комплексе NICA, организацию целевого конкурса Российского фонда фундаментальных исследований на лучшие проекты по тематике «Мегасайенс–NICA» и проведение третьего заседания наблюдательного совета проекта «Комплекс NICA», созданного в соответствии с Соглашением между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ;

— завершение одного из важнейших этапов создания фабрики сверхтяжелых элементов, связанного с запуском циклотрона ДЦ-280 и получением первого пучка ускоренных тяжелых ионов на этой новой базовой установке Института;

— принятие мер по улучшению координации программы ОИЯИ по физике нейтрино в части установления приоритетов между действующими нейтринными экспериментами, а также продолжение работ по созданию двух новых кластеров глубоководного нейтринного детектора «Байкал-GVD»;

— формирование двух возможных концепций будущего источника нейтронов ОИЯИ наряду с поддержанием рабочего состояния реактора ИБР-2 и постоянным совершенствованием спектрометров в рамках программы пользователей ЛНФ;

— обновление внешней сетевой инфраструктуры ОИЯИ и начало активного использования суперкомпьютера «Говорун» лабораториями Института.

КПП также отметил:

— широкое участие ОИЯИ в программе ключевых мероприятий Международного года Периодической таблицы химических элементов, что вносит весомый вклад в повышение осведомленности международного сообщества о достижениях Института в области синтеза сверхтяжелых элементов;

— усилия дирекции Института, направленные на реализацию права Института самостоятельно присуждать ученые степени, организацию специализированного международного конкурса для стипендиатов ОИЯИ и создание Дубненской инженерной школы на базе государственного университета «Дубна»;

— работу, проведенную дирекцией Института, по подготовке Положения о научно-исследовательских и образовательных программах сотрудничества ОИЯИ с научными организациями и университетами государств-членов;

— подписание дорожной карты по научному сотрудничеству между Федеративной Республикой Германией и Российской Федерацией, а также готовность германских партнеров продолжить участие в работах по созданию комплекса NICA;

— подписание рамочного соглашения о сотрудничестве между GSI, FAIR и ОИЯИ, а также дорожной карты развития сотрудничества между Арабской Республикой Египет и ОИЯИ; расширение научно-технических связей с Французской Республикой и Республикой Корея;

— актуальность задачи по повышению статуса Итальянской Республики и Республики Сербия в ОИЯИ.

КПП одобрил включение задачи по созданию базовой конфигурации ускорительного комплекса NICA в российский национальный проект «Наука» и принял к сведению обязательства ОИЯИ, связанные с участием в этом проекте.

КПП поручил дирекции Института представить проект Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ на сессии КПП в ноябре 2019 г., а также подготовить и представить на сессии КПП в марте 2020 г. отчет о ходе выполнения Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. и предложения по его корректировке.

КПП поддержал меры, предложенные дирекцией Института по инновационному развитию ОИЯИ, и поручил дирекции Института в рамках инновационной политики ОИЯИ подготовить проект использования в интересах государств-членов ОИЯИ новых инновационных достижений, включая инновационные достижения научно-технологических центров, предлагаемых Российской Федерацией в национальном проекте «Наука», государственной программе научно-технологического развития и других нормативных актах.

КПП предоставил сроком на один год директору Института В. А. Матвееву право продления полномочий или возложения временного исполнения обязанностей вице-директоров Института, в том числе на иных лиц, до их официального утверждения Комитетом полномочных представителей, и поручил директору Института сообщать о мерах, принимаемых по формированию дирекции ОИЯИ в установленном порядке, на сессии КПП в ноябре 2019 г.

Заслушав доклад заместителя руководителя Финансово-экономического управления Института М. П. Васильева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2018 г. и о проекте уточненного бюджета ОИЯИ на 2019 г.», КПП принял к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 2018 г., утвердил сводную итоговую корректировку расходов бюджета ОИЯИ на 2018 г. и уточненный бюджет ОИЯИ на 2019 г. с общей суммой доходов и расходов 289 790,2 тыс. долларов США.

По докладу директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе «О создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA, об исполнении бюджета в рамках Соглашения между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ и о проекте уточненного бюджета на 2019 г.» КПП принял к сведению анализ выполнения графика работ по проекту «Комплекс NICA». Комитет отметил, что работы ведутся активно и постоянно контролируются дирекциями ЛФВЭ и ОИЯИ, и приветствовал достижение первой цели проекта — запуск экспериментальной установки на выведенных пучках VM@N.

КПП одобрил отчет по использованию бюджетных средств ОИЯИ и целевых средств Российской Федерации, выделенных в соответствии с Соглашением между Правительством РФ и ОИЯИ о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA, за период до 2018 г. включительно и утвердил уточненный

бюджет по использованию данных целевых средств на 2019 г. в сумме 3 711 471,1 тыс. рублей.

КПП утвердил рекомендованную наблюдательным советом проекта «Комплекс NICA» схему распределения основных финансовых расходов на реализацию базовой конфигурации проекта комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA с учетом финансирования из средств федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации» национального проекта Российской Федерации «Наука», выделяемых в 2019 г. из бюджета России.

Комитет отметил необходимость интенсификации работ по проекту «Комплекс NICA» с целью полного и своевременного достижения намеченных в нем целей с учетом требований федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации».

Заслушав доклад полномочного представителя правительства Грузии в ОИЯИ А. Хведелидзе «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 22–23 марта 2019 г.», КПП утвердил протокол заседания и поручил дирекции Института и рабочей группе при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и утверждения на сессии КПП в ноябре 2019 г. уточненный проект Порядка зачета стоимости поставок оборудования, приборов, материалов, услуг и отдельных работ по заказам Института в счет уплаты долевых взносов государств-членов ОИЯИ, а также новую редакцию Положения о персонале ОИЯИ.

КПП поручил дирекции Института подготовить уточненную редакцию проекта Положения о научно-исследовательских и образовательных программах сотрудничества ОИЯИ с научными организациями и университетами государств-членов ОИЯИ с учетом замечаний и предложений членов рабочей группы для рассмотрения на заседании рабочей группы в октябре 2019 г.

По докладу А. Хведелидзе «О предложении Финансового комитета по выбору аудиторской организации для проведения проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2018 г.» КПП утвердил план аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2018 г., представленный дирекцией Института, а также утвердил ООО АК «Корсаков и Партнеры» аудитором ОИЯИ за 2018 г., уполномочив провести аудиторскую проверку финансовой деятельности Института за указанный период и анализ исполнения дирекцией Института плана мероприятий по итогам аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2017 г.

Заслушав доклад заместителя директора ЛЯП Д. В. Наумова «Статус проекта «Байкал-GVD», КПП принял к сведению ход работ по проекту «Байкаль-

ский нейтринный телескоп», которые ведутся в соответствии с планом-графиком. Отметив установку в период 2016–2018 гг. трех кластеров с общим числом оптических модулей, равным 864, что сделало этот глубоководный нейтринный телескоп самым большим в Северном полушарии, а также постоянную работу по обновлению инфраструктуры эксперимента, КПП одобрил планы ЛЯП по установке двух новых кластеров в 2019 г. и по вводу в строй первой фазы нейтринного телескопа в 2021 г.

Заслушав доклад директора ЛЯР С. Н. Дмитриева «Статус фабрики сверхтяжелых элементов», КПП принял к сведению ход выполнения работ по фабрике сверхтяжелых элементов (СТЭ) в соответствии с планом-графиком; отметил получение заключения Ростехнадзора о соответствии построенного объекта требованиям технических регламентов и поздравил коллектив ЛЯР с получением и выводом первого пучка ускоренных ионов на циклотроне ДЦ-280.

КПП одобрил основные задачи ЛЯР по фабрике СТЭ в 2019 г.: получение пучков тяжелых ионов проектных параметров, проведение пусконаладочных работ и запуск газонаполненного сепаратора ядер отдачи ГНС-2, подготовку и проведение экспериментов первого дня по синтезу изотопов москочия в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$, а также экспериментов по синтезу нового, 120-го элемента в реакции $^{50}\text{Ti} + ^{249-251}\text{Cf}$.

В связи с открытием в ЛЯР экспериментального корпуса фабрики сверхтяжелых элементов и запуском основной базовой установки фабрики — нового циклотрона ДЦ-280 — КПП высоко оценил успешное завершение важнейшего этапа в создании уникального ускорительного комплекса, нацеленного на получение прорывных результатов в области синтеза и изучения свойств новых сверхтяжелых элементов, а также научно-технический уровень реализации проекта по созданию циклотрона ДЦ-280 и участие в нем большинства государств-членов ОИЯИ. КПП поздравил дирекцию и коллектив ОИЯИ с вступлением в строй новой базовой установки Института.

КПП поручил дирекции Института проработать вопрос учреждения премии Комитета полномочных представителей ОИЯИ творческим коллективам сотрудников ОИЯИ за идею создания, разработку и реализацию крупномасштабных проектов Института, выполненных на уровне самых высоких мировых стандартов.

КПП поддержал предложение дирекции ОИЯИ и полномочного представителя правительства Социалистической Республики Вьетнам о проведении очередного заседания Финансового комитета и сессии КПП в Ханое (СРВ).

25–26 ноября в Ханое состоялась очередная сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ под председа-

тельством полномочного представителя правительства Российской Федерации М. М. Котюкова.

Заслушав доклад директора Института В. А. Матвеева, КПП принял к сведению рекомендации 126-й сессии Ученого совета ОИЯИ и информацию дирекции Института о ходе выполнения плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 2019 г. и планах Института на 2020 г.

КПП одобрил работу дирекции Института по реализации проекта класса мегасайенс «Комплекс NICA» и, в частности, принял к сведению:

— завершение работ по созданию основных систем бустерного синхротрона и изготовлению ядра соленоидального магнита детектора MPD;

— введение в эксплуатацию обновленного компьютерного кластера для задач комплекса NICA;

— первые физические результаты, полученные в эксперименте VM@N на комплексе NICA;

— проведение совещаний международных коллабораций MPD и VM@N комплекса NICA, на которых обсуждалась физическая программа экспериментов MPD и VM@N, ход работ по детекторным подсистемам и анализ экспериментальных данных.

КПП поручил дирекции Института сформировать международный комитет по анализу затрат и графика реализации проекта «Комплекс NICA» и представить на сессии КПП в марте 2020 г. результаты проведенного анализа и рекомендации дирекции Института.

КПП принял к сведению получение разрешения Министерства жилищной политики Московской области на ввод в эксплуатацию экспериментального корпуса фабрики сверхтяжелых элементов, санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии установок фабрики нормативам в области радиационной безопасности, а также одобрил планы по проведению первых экспериментов на фабрике СТЭ.

КПП отметил активное участие ОИЯИ в ключевых мероприятиях, посвященных Международному году Периодической таблицы химических элементов.

КПП принял к сведению успешное продолжение работ по созданию на озере Байкал глубоководного нейтринного телескопа «Байкал-GVD», в частности, установку двух новых кластеров нейтринного детектора, эффективный объем которого достиг $\sim 0,25 \text{ км}^3$, а также приветствовал подготовку проекта соглашения между Министерством науки и высшего образования РФ и ОИЯИ о сотрудничестве, проведении совместных работ по созданию телескопа «Байкал-GVD» и участию в экспериментальных исследованиях в области нейтринной астрофизики высоких энергий, нейтринной астрономии, физики нейтрино.

КПП одобрил дальнейшее развитие нейтринных экспериментов ОИЯИ на Калининской АЭС, а также

РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ОИЯИ

Азербайджанская Республика	– Н. Тимур-оглы Мамедов	Республика Куба	– А. Диас Гарсиа
Республика Армения	– С. Арутюнян	Республика Молдова	– В. Урсаки
Республика Белоруссия	– А. Г. Шумилин	Монголия	– С. Даваа
Республика Болгария	– Л. Костов	Республика Польша	– М. Валигурски
Социалистическая		Российская Федерация	– М. М. Котюков
Республика Вьетнам	– Ле Хонг Кхьем	Румыния	– Ф.-Д. Бузату
Грузия	– А. Хведелидзе	Словацкая Республика	– С. Дубничка
Республика Казахстан	– Е. А. Кенжин	Республика Узбекистан	– Б. С. Юлдашев
Корейская Народно-		Украина	– Б. В. Гринев
Демократическая Республика	– Ли Че Сон	Чешская Республика	– М. Вышинка

Финансовый комитет

По одному представителю от
каждой страны-участницы ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

Председатель – В. А. Матвеев
Сопредседатель – К. Борча (Румыния)
Ученый секретарь – А. С. Сорин

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

Программно-консультативный комитет по физике частиц

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

Программно-консультативный комитет по ядерной физике

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

Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

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

СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ДИРЕКЦИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

Учебно-научный центр
Директор С. З. Пакуляк
Направления деятельности: <ul style="list-style-type: none">– образовательная программа для студентов старших курсов вузов– подготовка студентами и аспирантами квалификационных работ– проведение международных студенческих практик и школ– пропаганда достижений современной науки– повышение квалификации ИТР Института

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

принял к сведению информацию о новых физических результатах в исследованиях по физике конденсированных сред с использованием комплекса спектрометров ИБР-2 и освещении деятельности по выработке концепции нового источника нейтронов ОИЯИ четвертого поколения.

Приняв к сведению информацию о решении правительства Республики Узбекистан возобновить полноправное участие в ОИЯИ и готовности в полной мере выполнять свои обязательства в соответствии с Уставом ОИЯИ, а также о назначении полномочного представителя правительства Республики Узбекистан в ОИЯИ, КПП рекомендовал полномочному представителю правительства Республики Узбекистан представить для рассмотрения на сессии КПП в марте 2020 г. предложения о финансовых условиях возобновления участия Республики Узбекистан в ОИЯИ.

КПП приветствовал введение в действие новых диссертационных советов ОИЯИ, работающих на основе права самостоятельного присуждения ученых степеней, а также запуск специализированного международного конкурса для стипендиатов ОИЯИ, способствующего дальнейшему привлечению в Институт молодых ученых из государств-членов ОИЯИ и других стран.

КПП одобрил укрепление партнерских отношений с Федеративной Республикой Германией, подписание дорожной карты по сотрудничеству с Министерством образования, науки и технологического развития Республики Сербии, работу дирекции Института по расширению международного сотрудничества, в частности, присоединению партнеров из Мексиканских Соединенных Штатов к проекту NICA.

Комитет поручил дирекции Института изучить возможность ассоциированного членства в ОИЯИ и представить соответствующие предложения для рассмотрения на сессии КПП. Для подготовки проекта документа создать рабочую группу из представителей Республики Болгарии, Республики Казахстан, Республики Польша, Российской Федерации, Румынии, Чешской Республики, а также привлечь в качестве консультанта представителя ЦЕРН.

По докладу «О проекте бюджета ОИЯИ на 2020 г., о проекте взносов государств-членов ОИЯИ на 2021, 2022, 2023 гг.», представленному заместителем руководителя Финансово-экономического управления Института М. П. Васильевым, КПП до уточнения бюджета ОИЯИ на 2020 г. на сессии КПП в марте 2020 г. с учетом предложений дирекции Института по изменению системы оплаты труда установил расходы на персонал на уровне бюджета 2019 г. в размере 84,8 млн долларов США. Разница между расходами на персонал в проекте бюджета на 2020 г. и в бюджете ОИЯИ на 2019 г. в сумме 10,7 млн долларов США перенесена на расходы по консолидированной статье «Материальные затраты» в бюджете ОИЯИ на 2020 г. КПП также поручил дирекции

Института при уточнении бюджета представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и сессии КПП предложения по изменению подходов к формированию бюджета ОИЯИ с учетом прогнозирования результатов кассового исполнения бюджета и обеспечения равномерности расходов.

КПП утвердил бюджет ОИЯИ на 2020 г. с общей суммой доходов и расходов 218 713,9 тыс. долларов США, шкалу взносов и взносы государств-членов ОИЯИ на 2020 г., а также выплату задолженности государств-членов в 2020 г. по уплате взносов в бюджет ОИЯИ.

КПП поручил дирекции Института представить для рассмотрения на сессии КПП в марте 2020 г. анализ заработной платы по категориям персонала и предложения по обеспечению конкурентоспособного уровня оплаты труда высококвалифицированного персонала ОИЯИ, предусматривающие зависимость выплат от результатов труда.

КПП определил ориентировочные размеры бюджета ОИЯИ на 2021 г. в сумме 212,24 млн долларов США и на 2022 г. в сумме 217,33 млн долларов США, а также ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2021 и 2022 гг.; принял к сведению ориентировочный размер бюджета ОИЯИ на 2023 г. в сумме 222,67 млн долларов США, а также ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2023 г.

КПП одобрил сводную корректировку бюджета ОИЯИ на 2019 г. за 9 месяцев, а также разрешил директору Института проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы членов персонала с учетом возможностей бюджета ОИЯИ на 2020 г. в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2017–2020 гг.

По докладу директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе и вице-директора Института Р. Ледницкого «О проекте бюджета по использованию целевых средств Российской Федерации, выделяемых в соответствии с Соглашением между Правительством Российской Федерации и международной межправительственной научно-исследовательской организацией Объединенным институтом ядерных исследований о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA на 2020 г.» КПП утвердил бюджет по использованию целевых средств РФ, выделяемых в соответствии с данным соглашением, в сумме 5 003 911,0 тыс. рублей.

По докладу директора Института В. А. Матвеева и вице-директора Института Б. Ю. Шаркова «О проекте Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ» КПП поручил дирекции Института подготовить и представить для рассмотрения на сессии КПП в марте 2020 г. единый, интегральный документ на основе материалов, представленных тематическими подгруппами, с описанием общей стратегии с ее флагманскими проектами и приоритетами партнерства.

По докладу председателя Финансового комитета С. Харизановой «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 21–22 ноября 2019 г.» КПП утвердил протокол заседания и Порядок зачета стоимости поставок оборудования, приборов, материалов, услуг и отдельных работ по заказам Института в счет уплаты долевых взносов государств-членов ОИЯИ.

Обсудив вопрос «О проекте Положения о персонале ОИЯИ», КПП поручил дирекции Института подготовить и представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и сессии КПП в марте 2020 г. Положение о персонале ОИЯИ с учетом предложений дирекции Института по обеспечению конкурентоспособного уровня оплаты труда высококвалифицированного персонала ОИЯИ, а также при необходимости представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и сессии КПП предложения по соответствующим корректировкам бюджета ОИЯИ.

По вопросу «Об итогах проведения аудиторской проверки финансовой деятельности Института за 2018 г.» КПП утвердил аудиторское заключение и бухгалтерский отчет ОИЯИ за 2018 г.

По информации директора Института В. А. Матвеева «Об изменении в составе Ученого совета ОИЯИ» КПП принял к сведению включение в состав Ученого совета ОИЯИ Б. С. Юлдашева (Академия наук Республики Узбекистан), назначенного полномочным представителем правительства Республики Узбекистан, и пригласил в состав Ученого совета ОИЯИ У. Басслер (IN2P3 CNRS, Франция; ЦЕРН, Швейцария) и А.-И. Этьенвр (IRFU CEA, Сакле, Франция).

Заслушав информацию директора Института В. А. Матвеева «О мерах, предпринимаемых по формированию дирекции ОИЯИ», КПП принял к сведению информацию о поиске перспективных кандидатов для привлечения в состав дирекции Института в целях ее омоложения и большей подготовленности к активной работе по реализации амбициозных задач Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–

2023 гг., в том числе в условиях подготовки Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г., а также принял предложение директора Института В. А. Матвеева ввести в практику назначение выборов директора на мартовской сессии КПП того года, который предшествует году окончания полномочий действующего директора.

Комитет поддержал предложение директора Института В. А. Матвеева о приглашении первого заместителя министра науки и высшего образования Российской Федерации Г. В. Трубникова на должность первого вице-директора Института с возложением на него полномочий и ответственности за подготовку программы будущего развития Института, руководителя дирекции мегапроекта NICA и координационных функций административного директора Института до утверждения его в этой должности в соответствии с правилами ОИЯИ Комитетом полномочных представителей в марте 2020 г.

КПП принял к сведению предложение директора Института В. А. Матвеева относительно готовности дирекции Института содействовать выдвижению Г. В. Трубникова на должность директора ОИЯИ на ближайших выборах директора ОИЯИ с учетом его знаний и опыта, а также позицию полномочного представителя правительства РФ М. М. Котюкова о его готовности в соответствии с Уставом ОИЯИ выдвинуть Г. В. Трубникова на должность директора Института на ближайших выборах.

КПП заслушал доклад президента Вьетнамского института атомной энергии (ВИНАТОМ) Чан Ти Тханя «Текущее состояние исследований и разработок в области атомной энергии и проект исследовательского реактора во Вьетнаме», поддержав предложение директора Института о создании рабочей группы для разработки плана сотрудничества между ВИНАТОМ и ОИЯИ по реализации проекта нового исследовательского реактора во Вьетнаме.

КПП также заслушал доклад вице-президента Вьетнамской академии наук и технологий Чан Туан Аня «Вьетнамская академия наук и технологий сегодня и завтра».

СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

21–22 февраля состоялась 125-я сессия Ученого совета ОИЯИ под председательством директора Института В. А. Матвеева и профессора Национального института физики и ядерной технологии им. Х. Хулубея К. Борчи (Бухарест, Румыния).

В. А. Матвеев сделал всесторонний доклад, посвященный последним достижениям в развитии Института, ходу работ в рамках флагманских программ ОИЯИ, решениям сессии Комитета полномочных

представителей ОИЯИ (ноябрь 2018 г.) и событиям в области международного сотрудничества.

Ученый совет принял к сведению анализ выполнения графиков реализации флагманских проектов, представленный в докладах директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе (NICA), директора ЛЯР С. Н. Дмитриева (фабрика СТЭ) и заместителя директора ЛЯП Д. В. Наумова («Байкал-GVD»). Ученый совет заслушал информацию директора ЛНФ В. Н. Швецова о ходе совместных работ Ягеллонского университета

в Кракове (Польша) и Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка по разработке концепции и созданию лаборатории для структурных исследований макромолекул и новых материалов (SOLCRYS) в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS Ягеллонского университета.

Также заслушан доклад «Экзотическая наука», представленный президентом Российской академии наук А. М. Сергеевым.

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

Состоялось вручение премии им. В. П. Джелепова и дипломов лауреатам премий ОИЯИ за 2018 г. Было утверждено решение жюри о присуждении премии им. Б. М. Понтекорво. Ученый совет заслушал лучшие научные доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

На сессии состоялось утверждение в должностях заместителей директоров ЛЯП и ЛИТ. Были объявлены вакансии на должности в дирекциях лабораторий ОИЯИ.

Общие положения резолюции. Ученый совет принял к сведению всесторонний доклад директора ОИЯИ В. А. Матвеева и высоко оценил достижение важных этапов в развитии флагманских программ ОИЯИ, в частности:

— создание международных коллабораций по экспериментам MPD и BM@N, организацию двух совещаний этих коллабораций, а также проведение целевого конкурса по тематике «Мегасайенс–NICA» на выделение грантов Российского фонда фундаментальных исследований, что способствует привлечению широкого международного сообщества, включая российские институты, к реализации проекта NICA;

— получение первого пучка ускоренных тяжелых ионов на циклотроне ДЦ-280, ознаменовавшее запуск новой базовой установки Института, являющейся основной частью фабрики сверхтяжелых элементов;

— установление приоритетов между всеми действующими нейтринными экспериментами в целях улучшения координации программы ОИЯИ по физике нейтрино, а также продолжающееся развитие детектора «Байкал-GVD»;

— поддержание рабочего состояния ИЯУ ИБР-2, постоянное обновление спектрометров в рамках программы пользователей ЛНФ, а также продолжающееся развитие двух возможных концепций будущего источника нейтронов ОИЯИ;

— начало активного использования суперкомпьютера «Говорун», являющегося перспективной составляющей ИТ-инфраструктуры ОИЯИ.

Ученый совет поздравил дирекцию и коллектив ОИЯИ с открытием Международного года Периодической таблицы химических элементов, с удовлетворением отметив большое количество посвященных этому событию мероприятий с участием Института.

Ученый совет одобрил усилия дирекции ОИЯИ, направленные на укрепление связей с партнерами ОИЯИ и расширение горизонтов международного сотрудничества в целом. В частности, он высоко оценил подписание рамочного соглашения о сотрудничестве между GSI, FAIR и ОИЯИ, дорожной карты сотрудничества ОИЯИ с Египтом, а также одобрил расширение связей с Францией и Республикой Корея.

Ученый совет приветствовал инициативу дирекции Института по созданию Научно-инновационного центра ОИЯИ.

Анализ исполнения графиков реализации флагманских проектов ОИЯИ. Ученый совет принял к сведению представленный в докладах анализ выполнения графиков реализации флагманских проектов.

NICA. Анализ графика реализации проекта комплекса NICA представлен по следующим основным аспектам: ускорительный комплекс, экспериментальные установки и инфраструктура. Работы ведутся активно по всем этим направлениям и постоянно отслеживаются дирекциями ЛФВЭ и ОИЯИ.

Достигнута первая цель проекта — запуск экспериментальной установки BM@N на выведенных пучках и успешный набор первых данных по физической программе эксперимента в 55-м сеансе ну-клотрона.

Ход работ по монтажу бустерного синхротрона соответствует планам его ввода в эксплуатацию (конец 2019 г.). Отмечен прогресс в создании первой экспериментальной установки на коллайдере — детектора MPD. Руководством проекта были приняты меры по устранению отставания в создании элементов MPD, вызванного форсмажорными обстоятельствами, и по продолжению работ в соответствии с планом.

Продолжается подготовка концептуального и технического проектов второй экспериментальной установки — детектора SPD.

Полным ходом идут работы по созданию ускорительной инфраструктуры и других объектов комплекса NICA.

Фабрика СТЭ. Работы по осуществлению функционирования фабрики сверхтяжелых элементов ведутся в соответствии с планом-графиком. В 2018 г. получено заключение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) о соответствии построенного объекта требованиям технических регламентов. Проведены комплексные пусконаладочные работы на циклотроне ДЦ-280. 26 декабря 2018 г. получен первый пучок ускоренных ионов криптона внутри ци-

клотрона ДЦ-280, а 17 января 2019 г. первый пучок ускоренных ионов успешно выведен из циклотрона.

Наиболее важными задачами ЛЯР являлись: получение пучков тяжелых ионов проектных параметров (первый квартал 2019 г.); проведение пусконаладочных работ и запуск газонаполненного сепаратора ядер отдачи ГНС-2 (первый квартал 2019 г.); подготовка и проведение экспериментов первого дня по синтезу изотопов московия в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$ (второй квартал 2019 г.), а также подготовка к проведению экспериментов по синтезу нового, 120-го элемента в реакции $^{50}\text{Ti} + ^{249-251}\text{Cf}$ (второе полугодие 2019 г.).

«Байкал-GVD». Работы по реализации проекта «Байкальский нейтринный телескоп» ведутся в соответствии с планом-графиком. В период 2016–2018 гг. установлены три кластера с общим числом оптических модулей, равным 864. Эта установка стала самым большим нейтринным телескопом в Северном полушарии. Все три кластера работают в штатном режиме. Идет анализ данных.

Проведена большая работа по обновлению инфраструктуры байкальского нейтринного телескопа. В ЛЯП создан лабораторный комплекс по сборке и тестированию оптических модулей, включая долговременные испытания, по тестированию электроники, глубоководных разъемов, кабелей и другого оборудования. На месте проведения эксперимента введены в эксплуатацию новые жилые помещения, центр сбора данных, береговой центр, столовая, общежитие; в Байкальске создана лаборатория по сборке глубоководных кабелей.

Кампания 2019 г. включала установку еще двух кластеров, что позволит довести общее число оптических модулей до 1440. Согласно плану первая фаза байкальского нейтринного телескопа будет введена в строй в 2021 г. Число оптических модулей достигнет 2592.

Ученый совет высоко оценил предпринимаемые усилия по реализации этих главных проектов текущего Семилетнего плана развития ОИЯИ, однако, учитывая наличие конкурентных проектов в ряде других научных центров мира, подчеркнул важность соблюдения утвержденных планов-графиков. Ученый совет рекомендовал Комитету полномочных представителей ОИЯИ в целом дать положительную оценку представленному анализу.

Статус создания лаборатории SOLCRYS в центре SOLARIS. Ученый совет принял к сведению информацию, представленную директором ЛНФ В. Н. Швецовым, о ходе совместных работ Ягеллонского университета в Кракове (Польша) и Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка по разработке концепции и созданию новой исследовательской инфраструктуры ОИЯИ — лаборатории для структурных исследований макромолекул и новых материалов (SOLCRYS) в Национальном центре син-

хротронного излучения SOLARIS Ягеллонского университета.

Ученый совет одобрил начало конкурсных мероприятий по поставке оборудования и монтажу рабочих станций SOLCRYS, в то же время отметив необходимость скорейшего решения вопроса по созданию сверхпроводящего вигглера, способного обеспечить максимальную интенсивность излучения при энергии не ниже 20 кэВ, как это обозначено в Соглашении между Ягеллонским университетом и ОИЯИ относительно создания лаборатории SOLCRYS.

Ученый совет принял к сведению возможность проработки в будущем сотрудничества с консорциумом CERIC ERIC.

Рекомендации в связи с работой ПКК. Ученый совет поддержал рекомендации, выработанные на сессиях программно-консультативных комитетов в январе 2019 г. Ученый совет просил дирекцию ОИЯИ учесть эти рекомендации при формировании Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2020 г.

Физика частиц. Ученый совет разделил беспокойство ПКК по физике частиц в связи с рядом задержек (в основном, в строительных работах), которые влияют на общий график проекта NICA, и призвал руководство проекта NICA критически проанализировать его текущий график в целом и твердо убедиться, что дальнейших задержек не произойдет. Ученый совет с удовлетворением отметил успешную реализацию плана по обновлению сетей отопления, водоснабжения и водоотведения (12 км сетей уже обновлено) и усилия руководства лаборатории по устранению отставания от планов по строительству компрессорной станции.

Ученый совет одобрил официальное создание международных коллабораций MPD и BM@N, что явилось итогом 2-го совещания по организации сотрудничества. Ученый совет приветствовал прием новых институтов в состав коллабораций и поздравил избранных руководителей коллабораций и председателей советов институтов, а также назначенных руководителей проектов и заместителей руководителей коллабораций, пожелав им плодотворной работы на ускорительном комплексе NICA. Ученый совет поддержал планы по формированию управленческих и организационных структур сотрудничества.

Ученый совет отметил устойчивый прогресс в создании основных подсистем детектора MPD: сверхпроводящего магнита, TPC и ToF, одобрил планы по прокладке линии транспортировки пучка и вакуумной трубы через экспериментальную установку BM@N, необходимых для работы с пучками тяжелых ионов. Ученый совет поддержал повторную рекомендацию ПКК для членов коллаборации BM@N сосредоточить усилия на физическом анализе боль-

ших наборов данных, собранных как в ходе выполнения основной исследовательской программы BM@N, так и при изучении короткодействующих корреляций.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК об утверждении новых проектов и продлении текущих проектов в области физики элементарных частиц в сроки, указанные в рекомендациях ПКК. В частности, он одобрил рекомендации ПКК о начале работ по подготовке концептуального проекта (CDR) детектора спиновой физики (Spin Physics Detector, SPD) на коллайдере NICA, после утверждения которого будет подготовлен технический проект (TDR) SPD. CDR должен содержать детальную концепцию, гарантирующую гораздо лучшие результаты по спиновой физике, чем те, которые можно получить с помощью MPD–NICA. Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК утвердить данный проект до конца 2021 г. с первым приоритетом.

Ученый совет одобрил рекомендации ПКК продолжить участие ОИЯИ в эксперименте BES-III до конца 2022 г. со вторым приоритетом. Начиная с 2005 г., группа ОИЯИ вносила значительный вклад в эксперимент BES-III, и Ученый совет согласен с мнением ПКК о том, что эксперимент достиг большинства намеченных целей и дальнейшие исследования могут проводиться соизмеримо меньшими усилиями.

Рассматривая участие ОИЯИ в научно-исследовательских разработках по детектору PHOS как важный вклад в модернизацию фотонного спектрометра ALICE, Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК продолжить участие ОИЯИ в этом проекте до конца 2020 г. с первым приоритетом.

Отмечены важные результаты, полученные сотрудниками ОИЯИ в экспериментах на LHC: анализ ультрапериферических столкновений $Pb + Pb$ и $p + Pb$ и изучение фемтоскопии каонов в эксперименте ALICE; наблюдение распада бозона Хиггса на пару b -кварков, недавние результаты по поиску новой физики в конечных состояниях $\gamma + Z/W/H$ и успехи в серийном производстве микромегакамер для первой фазы модернизации мюонного спектрометра ATLAS; результаты поиска тяжелых резонансов, распадающихся на дилептонные пары, измерения асимметрий и сечений рождения пар Дрелла–Яна, а также успехи в научно-исследовательской работе по модернизации адронного калориметра CMS.

Ядерная физика. Ученый совет поблагодарил ПКК по ядерной физике за инициативу держать под контролем ход работ по сооружению фабрики сверхтяжелых элементов, отметив большой прогресс, достигнутый ЛЯР в этом важнейшем проекте.

Ученый совет одобрил усилия ЛЯР по подготовке к сдаче в эксплуатацию фабрики СТЭ и прогресс в создании для нее новых установок, в част-

ности, газонаполненного сепаратора ГНС-2, дал высокую оценку этим работам и поддержал их продолжение. В первом квартале 2019 г. запланировано продолжить работы на ДЦ-280 по получению пучков тяжелых ионов с проектными параметрами, завершить пусконаладочные работы по сепаратору ГНС-2 и приступить к реализации на фабрике экспериментальной программы по синтезу и изучению свойств СТЭ.

На первом этапе должна быть проведена серия тестовых экспериментов, направленных на достижение проектных параметров сепаратора ГНС-2 с использованием реакций слияния ядер редкоземельных элементов с ускоренными на циклотроне ДЦ-280 ионами ^{40}Ar , ^{48}Ca , ^{50}Ti . В этой серии экспериментов необходимо изучить трансмиссию ГНС-2 при разных толщинах мишени, устойчивость мишеней к повышенной интенсивности пучка и накопленной дозе, очистку от продуктов фоновых реакций и т. д.

Первыми экспериментами по синтезу СТЭ станут опыты по получению изотопов московия в реакции $^{48}Ca + ^{243}Am$ и на следующей стадии — по изучению химических свойств элементов Fl и Sn. Дальнейшая программа нацелена на подготовку и проведение экспериментов по синтезу 120-го и 119-го элементов в реакциях на пучке ^{50}Ti с мишенями $^{249-251}Cf$ и ^{249}Bk соответственно.

Ученый совет поздравил коллектив ЛЯР с успешным пуском циклотрона ДЦ-280 и рекомендовал дирекциям ОИЯИ и ЛЯР сконцентрировать усилия на завершении всех пусконаладочных работ, включая циклотрон ДЦ-280, сепаратор ГНС-2, а также на подготовке тестовых экспериментов. Ученый совет одобрил программу первых экспериментов на фабрике СТЭ.

Нейтринная физика. Ученый совет поздравил ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике с тщательной экспертизой всех проектов и тем исследований, выполняемых в ОИЯИ в области физики нейтрино, астрофизики и темной материи, проведенной ими на совместном заседании обоих ПКК 22 января 2019 г. Существует 13 таких проектов, из них 7 регулярно оцениваются ПКК по физике частиц и 6 — ПКК по ядерной физике. Для того чтобы добиться «лучшей координации программы по физике нейтрино, что позволило бы устанавливать приоритеты более согласованным и эффективным образом», как указано в резолюции предыдущей сессии Ученого совета, все 13 проектов были совместно оценены обоими ПКК с конечной целью классифицировать их по трем категориям А, В или С, основываясь на научной значимости проекта и результатах работы группы ОИЯИ.

Ученый совет поддержал рекомендации программно-консультативных комитетов, отметив, что данные рекомендации и выработанная классификация проектов будут полезны дирекциям ЛЯП и

ОИЯИ в их усилиях по концентрации ресурсов на выбранных направлениях и повышению эффективности программы исследований.

Физика конденсированных сред. Ученый совет принял к сведению информацию о текущем состоянии ИЯУ ИБР-2, а также о результатах теоретических и экспериментальных исследований динамических характеристик реактора, рассмотренных ПКК по физике конденсированных сред, и одобрил усилия дирекции ЛНФ по обеспечению рабочего состояния ИБР-2 и планы по поддержанию работоспособности и дальнейшему обновлению этой базовой установки.

Ученый совет высоко оценил качество и междисциплинарный характер научных и методических результатов, полученных на спектрометрах ИБР-2 в 2018 г., и согласился с ПКК в том, что непрерывная модернизация спектрометров ИБР-2 должна проводиться наряду с более детальным анализом результативности научных исследований на каждой установке с учетом потенциала его совершенствования.

Ученый совет принял к сведению результаты выполнения программы пользователей ЛНФ в 2018 г. и усилия по совершенствованию процесса сбора и рассмотрения заявок о проведении экспериментов, с удовлетворением отметив, что с 2012 г. ИЯУ ИБР-2 стабильно функционирует в соответствии с политикой пользователей; дважды в год организуется сбор предложений о проведении экспериментов. Вместе с тем в 2018 г. в связи с техническими проблемами на реакторе проведено меньшее количество циклов, чем было запланировано в рамках программы пользователей. Также поддержана рекомендация ПКК о представлении подробной статистики по каждому конкретному спектрометру в контексте программы пользователей.

Ученый совет удовлетворен состоянием фурье-стресс-дифрактометра ФСД на ИЯУ ИБР-2 и согласен с ПКК, что достижения ЛНФ в развитии метода корреляционной дифрактометрии являются весьма успешными для исследовательской программы ИБР-2.

Отмечено развитие сотрудничества между ОИЯИ и Национальным центром синхротронного излучения SOLARIS Ягеллонского университета в Кракове (Польша) в целях создания лаборатории для структурных исследований с использованием синхротронного рентгеновского излучения и выражена надежда, что эта совместная деятельность расширит спектр экспериментальных подходов к исследованию конденсированных сред в ОИЯИ. Также поддержана рекомендация ПКК о необходимости предоставить больше технических сведений о возможном научном использовании новой лаборатории центра SOLARIS.

Ученый совет принял к сведению общее одобрение ПКК намерения ЛНФ открыть две новые

темы: «Разработка проектного отчета о создании нового Дубненского нейтронного источника (ДНИ-IV)» и «Создание Лаборатории структурных исследований макромолекул и новых материалов в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS Ягеллонского университета в Кракове (Польша)» в ожидании рассмотрения полностью сформированных предложений по ним на следующей сессии ПКК.

Общие вопросы. Ученый совет был удовлетворен ходом работ и тенденциями в разработке концепции будущего источника нейтронов ОИЯИ, рассмотренными на сессиях ПКК по физике конденсированных сред и ПКК по ядерной физике, и отметил прогресс на данном этапе концептуальных разработок, одобрив два технических предложения, рекомендованных рабочей подгруппой, относящихся к импульсному реактору на быстрых нейтронах ИБР-3 (НЕПТУН) и импульсному источнику нейтронов, управляемому протонным ускорителем (ПЛУТОН). Рекомендовано ЛНФ продолжить разработку обеих концепций нового источника, сравнивая их характеристики и стоимость между собой и с другими существующими или проектируемыми источниками нейтронов, а также рассмотреть концептуальный проект и научную программу будущего источника нейтронов на специальном совместном заседании ПКК по ядерной физике и ПКК по физике конденсированных сред.

Доклады молодых ученых. С интересом заслушаны доклады молодых ученых, выбранные программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Эффект асимметрии восток–запад в потоке атмосферных нейтрино в дальнем детекторе NOvA», «Модификация эксперимента GERDA», «Процессы кластеризации фуллерена C₇₀ в смеси толуол/N-метилпирролидон по данным МУРР, МУРН и ДСР». Ученый совет поблагодарил докладчиков, трех талантливых авторов: Ольгу Петрову (ЛЯП), Надежду Румянцеву (ЛЯП) и Татьяну Нагорную (ЛНФ) соответственно, сообщив, что будет приветствовать подобные избранные доклады в будущем и ожидает от руководства повышения представительства женщин-ученых в ОИЯИ, расширения их прав и возможностей.

Научный доклад. Ученый совет поблагодарил президента Российской академии наук, члена Ученого совета ОИЯИ А. М. Сергеева за превосходную лекцию по теме «Экзотная наука».

Награды и премии. Ученый совет поздравил главного научного сотрудника ЛЯП В. И. Комарова с награждением премией им. В. П. Желепова за пионерские работы по созданию первого канала для протонной терапии на синхроциклотроне ОИЯИ.

Ученый совет утвердил решение жюри о присуждении премии им. Б. М. Понтекорво профессору Ф. Халзену (Висконсинский университет, Мадисон, США) за ведущую роль в создании детектора

IceCube и экспериментальное открытие космологических нейтрино сверхвысоких энергий.

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

Ученый совет поздравил члена Ученого совета ОИЯИ Э. Рабиновича с награждением Американской ассоциацией содействия развитию науки премией за научную дипломатию 2019 г. вместе с другими известными учеными: К. Ллевеллином-Смитом, З. Сайерс, Х. Шоппером (членом Ученого совета ОИЯИ в период 1993–2003 гг.) и К. Туканом — за центральный вклад в создание и развитие международного физического центра SESAME (Аллан, Иордания).

Ученый совет поздравил главного научного сотрудника ЛЯП Ю. А. Будагова и вице-директора ОИЯИ М. Г. Иткиса с награждением юбилейными почетными грамотами Президиума Национальной академии наук Украины за научные достижения и в связи со 100-летием академии, которые были вручены на сессии членом Ученого совета и полномочным представителем правительства Украины в ОИЯИ Б. В. Гриневым.

Утверждение в должностях заместителей директоров ЛЯП и ЛИТ и объявление вакансии на должность директора ЛЯР. Ученый совет утвердил В. В. Глаголева, А. Ковалика и Д. В. Наумова в должностях заместителей директора Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзелепова (ЛЯП) до окончания полномочий директора ЛЯП В. А. Беднякова.

Ученый совет утвердил О. Чулуунбаатара в должности заместителя директора Лаборатории информационных технологий (ЛИТ) до окончания полномочий директора ЛИТ В. В. Коренькова.

Ученый совет объявил вакансию на должность директора Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова с выборами на 127-й сессии Ученого совета в феврале 2020 г.

19–20 сентября состоялась 126-я сессия Ученого совета ОИЯИ под председательством директора Института В. А. Матвеева и профессора Национального института физики и ядерной технологии им. Х. Хулубея К. Борчи (Бухарест, Румыния).

В. А. Матвеев сделал всесторонний доклад, посвященный последним достижениям Института по основным направлениям исследований, развитию физических установок в рамках крупных проектов Института, решениям сессии Комитета полномочных представителей ОИЯИ (март 2019 г.), событиям в области международного сотрудничества.

Ученый совет заслушал доклады о подготовке проекта Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ, представленные заместителем директора ЛЯП Д. В. Наумовым (физика частиц), заме-

стителем директора ЛФВЭ Р. Ценовым (физика релятивистских тяжелых ионов и спиновая физика), ученым секретарем ЛЯР А. В. Карповым (ядерная физика при низких и промежуточных энергиях), советником при дирекции ЛНФ А. И. Иоффе (физика конденсированных сред и нейтронная ядерная физика), старшим научным сотрудником ЛРБ Е. А. Насоновой (радиобиология) и научным сотрудником ЛИТ Н. Н. Войтишиным (информационные технологии).

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

Ученый совет заслушал научный доклад «Центр им. Бруно Понтекорво в Пизе: статус и перспективы сотрудничества с ОИЯИ», представленный В. Кавазинни (Италия).

Состоялось награждение премией им. Б. М. Понтекорво и вручение дипломов лауреатам премий ОИЯИ за 2018 г. Были заслушаны лучшие научные доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

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

Участники сессии посетили ЛФВЭ, где состоялась презентация Вычислительного центра NICA.

Общие положения резолюции. Ученый совет поздравил директора ОИЯИ В. А. Матвеева с исчерпывающей презентацией, высоко оценив новые результаты, вытекающие из выбора правильной стратегии и четких приоритетов, которые отличают ОИЯИ как международную научно-исследовательскую организацию мирового уровня.

Ученый совет поддержал усилия дирекции ОИЯИ по созданию базовой конфигурации комплекса NICA, отметив завершение создания основных систем бустерного синхротрона и изготовления ярма соленоидального магнита детектора MPD. Ученый совет приветствовал получение первых физических результатов в эксперименте VM@N и продолжающийся анализ набранных экспериментальных данных, а также введение в эксплуатацию обновленного компьютерного кластера ЛФВЭ для задач комплекса NICA.

Ученый совет принял к сведению информацию о проведении в ОИЯИ 17 апреля 2019 г. 3-го совместного совещания коллабораций MPD и VM@N, на котором обсуждалась физическая программа экспериментов MPD и VM@N, ход работ по детекторным подсистемам и анализ экспериментальных данных.

Ученый совет приветствовал открытие в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова экспериментального корпуса фабрики сверхтяжелых элементов и запуск основной базовой установки фа-

брики — нового циклотрона ДЦ-280, высоко оценив научно-технический уровень реализации проекта по созданию ДЦ-280 и участие в нем большинства государств-членов ОИЯИ.

Ученый совет отметил проведение в ОИЯИ 30–31 мая международного симпозиума «Настоящее и будущее Периодической таблицы химических элементов» в рамках Международного года Периодической таблицы химических элементов с участием представителей ЮНЕСКО, ИЮПАК, ИЮПАП, известных ученых из институтов и университетов государств-членов ОИЯИ и других стран.

Ученый совет оценил введение в эксплуатацию двух новых кластеров создаваемого глубоководного нейтринного детектора «Байкал-GVD», эффективный объем которого достиг $\sim 0,25 \text{ км}^3$, а также дальнейшее развитие нейтринных экспериментов на Калининской АЭС.

Ученый совет одобрил усилия дирекции ОИЯИ, направленные на подготовку высококвалифицированных научных кадров. Он, в частности, приветствовал начало работы с 1 сентября 2019 г. новых диссертационных советов ОИЯИ, функционирующих на основе права самостоятельного присуждения ученых степеней в Российской Федерации, ожидая, что реализация этого права будет способствовать дальнейшему привлечению в Институт молодых ученых из государств-членов ОИЯИ.

О подготовке проекта Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ. Ученый совет принял к сведению доклады о подготовке проекта Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ по главным разделам. Докладчики представили информацию о том, какие новые научные исследования и эксперименты будут проводиться и готовиться к проведению в период 2023–2030 гг., какие научные и технологические результаты должны быть достигнуты, какая исследовательская инфраструктура должна будет развиваться, а также каковы будут кадровые потребности в дальнейшем. Отмечена информация о составах тематических подгрупп и об организации их работы (встречи, рабочие совещания, видеоконференции и т. д.).

Ученый совет рекомендовал международной рабочей группе обеспечить подготовку единого, интегрального документа на основе материалов, представленных тематическими подгруппами, с описанием общей стратегии, флагманских проектов и приоритетов партнерства, и проинформировать Комитет полномочных представителей на сессии в ноябре 2019 г. о ходе подготовки Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ.

Рекомендации в связи с работой ПКК. Ученый совет поддержал рекомендации, выработанные на сессиях программно-консультативных комитетов в июне 2019 г. и представленные председателем ПКК по физике частиц И. Церруя, вице-директором

ОИЯИ М. Г. Иткисом от имени председателя ПКК по ядерной физике М. Левитовича и председателем ПКК по физике конденсированных сред Д. Л. Надем, и просил дирекцию ОИЯИ учесть эти рекомендации при формировании Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2020 г.

Физика частиц. Ученый совет с удовлетворением отметил активную работу по установке магнитов бустера и планы по введению его в эксплуатацию с пучком к концу 2019 г.; поддержал предложение улучшить системы диагностики ускорительного комплекса, чтобы доставлять пользователям хорошо идентифицированные и чистые пучки; одобрил усилия лаборатории по сокращению задержек в графике строительных работ для инфраструктуры ускорительного комплекса.

Ученый совет приветствовал прием двух новых институтов в коллаборацию MPD, отметив количество и качество выполняемого моделирования и предпринимаемые усилия для завершения первой стадии детектора к 2021 г. Ученый совет поздравил команду VM@N с получением первых физических результатов по образованию лямбда-гиперонов и высоко оценил усилия по подготовке этой установки для работы с пучками тяжелых ионов в 2021 г.

Ученый совет поддержал принятый ПКК подход к оценке участия ОИЯИ в экспериментах на LHC (ALICE, ATLAS и CMS), в частности, данные дирекции ОИЯИ рекомендации объединить проект, посвященный физическому анализу и участию в работе установки, и проект, нацеленный на модернизацию детектора и научно-исследовательские разработки, в один. Это позволит достичь лучшего контроля и регулирования исполнения этих проектов. Также поддержано предложение о проведении всесторонних ежегодных обзоров этих экспериментов на одной сессии ПКК и рассмотрении кратких отчетов о них на последующей сессии через 6 месяцев.

Ученый совет поздравил группу CMS в ОИЯИ с высоким качеством работ, выполненных в различных подсистемах детекторов с основным участием ОИЯИ, и с успехами в физических исследованиях, а также поддержал рекомендацию ПКК группе приложить больше усилий для повышения производительности с точки зрения физического анализа и научных публикаций, соразмерных вкладу ОИЯИ в CMS. Признано необходимым подготовить план физического анализа, содержащий задачи, которые позволят группе достичь большей научной значимости, с большим числом молодых исследователей и участвующих студентов. В связи с этим выражено беспокойство наличием большого количества участников с 0,1 FTE.

Ученый совет высоко оценил прогресс в проведении различных физических анализов с ответственно-

стью ОИЯИ в эксперименте ATLAS, большое количество научных публикаций при непосредственном участии сотрудников ОИЯИ и слаженность в работе исследовательских подгрупп, включающих ряд молодых ученых, поддержал рекомендации ПКК группе сосредоточиться на исследованиях, где возможно достичь заметного влияния в рамках сотрудничества ATLAS с точки зрения координирующей роли, привлечения новых молодых исследователей и выступлений на крупных конференциях.

Приняв к сведению участие группы ALICE в физическом анализе, ее вклад в поддержание и развитие системы GRID-ALICE в ОИЯИ и модернизацию фотонного спектрометра, Ученый совет разделил обеспокоенность ПКК относительно низкой научной значимости деятельности команды ОИЯИ, работающей в ALICE, о чем свидетельствует, например, отсутствие докладов на крупных конференциях по данной тематике.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК продолжить участие ОИЯИ в проектах CMS, ATLAS и ALICE на период 2020–2023 гг. с первым приоритетом, считая необходимым принятие корректирующих мер по устранению указанных выше проблем.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по продлению ряда проектов в области физики частиц. В частности, он одобрил продление проекта SCAN-3 на период 2020–2022 гг. с первым приоритетом при условии, что это не мешает работе по проекту NICA. Ученый совет также поддержал решение ПКК отложить рассмотрение проекта NA64, предоставив авторам возможность подготовить обновленное предложение с учетом рекомендаций, сделанных ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике на их совместной сессии в январе 2019 г., по улучшению соотношения FTE и числа участников, привлечению студентов к анализу данных.

Ученый совет поддержал сделанную ПКК оценку проекта FASA и просьбу к авторам подготовить улучшенный проект с уточненным научным обоснованием с учетом результатов экспериментов в Фермилаб, CERN-PS, Bevatron и Bevalac, проведенных 40 лет назад. Необходимо представить убедительное подтверждение того, как они могут решить все еще открытый вопрос о распаде или термализации в процессе множественной фрагментации ядер.

Ученый совет обратил внимание руководителей завершившихся в 2019 г. проектов BOREXINO, PANDA и COMET на необходимость представить отчеты на сессии ПКК в феврале 2020 г.

Ядерная физика. Ученый совет отметил выдающиеся достижения ЛНФ в исследованиях фундаментальных симметрий с поляризованными нейтронами, широкий спектр превосходных результатов в области прикладных исследований в рамках международных программ и важность работ, выполненных по развитию ускорительной установки ИРЕН.

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК по ядерной физике продлить тему «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» на 2020–2022 гг. с первым приоритетом для продолжения научных исследований по ядерной физике с использованием нейтронных установок ЛНФ: высокоинтенсивного импульсного источника нейтронов ИРЕН и импульсного реактора ИБР-2. Дирекции ЛНФ предложено сконцентрироваться на модернизации экспериментальных залов и павильонов на пучках установки ИРЕН, создании поляризованной ядерной мишени для работы с поляризованными нейтронами на ИРЕН, модернизации электростатического генератора ЭГ-5, особое внимание обратив на системы транспортировки пучков с целью увеличения потоков нейтронов.

Ученый совет признал важность проекта «Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций» (TANGRA), поддержав рекомендацию ПКК продлить этот проект на 2020–2022 гг. с первым приоритетом.

Одобрены работы в рамках проекта GDH&SPASCHARM&NN, который фактически состоит из трех независимых экспериментов, связанных с изучением спиновой структуры нуклона в сильных и электромагнитных взаимодействиях и технически полностью опирающихся на поляризованные протонные и дейтериевые мишени с замороженным спином, созданные и обслуживаемые группой ОИЯИ. Отметив важную роль группы во всех трех экспериментах, Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о продлении этого проекта на 2020–2022 гг. с первым приоритетом.

Ученый совет согласился с рекомендацией ПКК об открытии нового проекта «Создание прототипа начальной секции сильноточного линейного ускорителя тяжелых ионов, нацеленного на получение интенсивных пучков радиоактивных ионов для фундаментальных исследований» на двухлетний период 2020–2021 гг. В результате этой работы в рамках проекта ожидается создание прототипа начального участка линейного ускорителя и проработка конструкции ускорителя LINAC-100.

Физика конденсированных сред. Ученый совет отметил важность работ по теме «Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов» и проекту «Создание комплекса криогенных замедлителей ИЯУ ИБР-2» и поддержал их продление на 2020–2022 гг.

Относительно сотрудничества ОИЯИ с Национальным синхротронным центром SOLARIS (Краков, Польша) в направлении совместного развития установки для структурных исследований с использованием синхротронного рентгеновского излучения поддержана рекомендация ПКК по физике конден-

сированных сред об открытии новой темы «Создание лаборатории структурных исследований SOLCRYST в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS» на 2020–2022 гг. с учетом интереса ряда организаций государств-членов ОИЯИ к участию в этих работах.

Ученый совет приветствовал результаты обсуждения ПКК состояния исследований в области неупругого рассеяния нейтронов на ИБР-2 в контексте современных тенденций в области нейтронной спектроскопии. С учетом того, что два рассмотренных ПКК спектрометра являются единственными приборами неупругого рассеяния нейтронов в ОИЯИ, одобрена разработка новых установок неупругого рассеяния нейтронов и намерение ЛНФ представить предложение об открытии нового проекта, направленного на развитие двух существующих спектрометров.

Ученый совет удовлетворен состоянием работ по реализации проекта «Система нейтронного operando-мониторинга и диагностики материалов и интерфейсов для электрохимических накопителей энергии на ИЯУ ИБР-2» и поддержал рекомендацию ПКК о его продолжении.

Высоко оценены результаты, полученные при разработке новых математических методов, алгоритмов и комплексов программ, необходимых для решения задач физики конденсированных сред. Решение этих задач возможно благодаря, с одной стороны, высококлассному компьютерному обеспечению для сбора и обработки данных на спектрометрах ИБР-2 и, с другой стороны, важным компьютерным разработкам для численного решения теоретических моделей, описывающих как динамические явления, так и структурные свойства сложных материалов. Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о продлении темы «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных» на 2020–2023 гг., полагая, что основой будущих разработок в рамках этой темы будет являться максимальная реализация возможностей, предоставляемых гетерогенной вычислительной платформой HybridLIT, включающей суперкомпьютер «Говорун» и учебно-тестовый узел.

Ученый совет удовлетворен результатами, достигнутыми Медико-техническим комплексом ЛЯП как в области клинических исследований по применению протонной терапии для лечения различных заболеваний, так и в области радиобиологии. Поддержано продление темы «Проведение медико-биологических и радиационно-генетических исследований с использованием различных типов ионизирующих излучений» и проектов «Совершенствование методов, технологий, режимов планирования и проведения лучевой терапии» и «Радиоген: молекулярная генетика радиационно-индуцированных изменений гена,

генома и транскриптома *Drosophila melanogaster*» на 2020–2022 гг.

Ученый совет согласился с рекомендацией ПКК о продлении завершающейся темы и проекта «Исследование космического вещества на Земле и в космосе; исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли» на 2020–2022 гг., отметив, что исследования в предложенных направлениях могли бы внести значимый вклад в развитие астробиологии.

Общие вопросы. Ученый совет выразил заинтересованность в получении информации о решении, касающемся нейтринной программы, оценка которой была проведена на совместной сессии ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике в январе 2019 г., а также о том, когда и как эта программа будет оценена вновь. В целом Ученый совет рекомендовал лучше распределять научные темы по соответствующим ПКК.

Отмечен существенный прогресс, достигнутый на пути разработки технического обоснования концепции нового источника нейтронов ОИЯИ, и поддержаны рекомендации ПКК по физике конденсированных сред и ПКК по ядерной физике об открытии темы «Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ» на 2020–2022 гг. В то же время особое внимание рекомендовано уделить разработке научной программы для нового источника в области физики конденсированных сред и ядерной физики, а также определению структуры руководства темой и плана-графика реализации работ с указанием ключевых этапов и ожидаемых результатов.

Ученый совет одобрил развитие информационных систем ОИЯИ, направленных на обеспечение информационной и программной поддержки научно-исследовательской деятельности ОИЯИ, в рамках темы «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ». Отмечены усилия, предпринятые ЛИТ по развитию и совершенствованию телекоммуникационной и сетевой инфраструктуры ОИЯИ, модернизации инженерной инфраструктуры Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК), наращиванию производительности вычислительных ресурсов и систем хранения данных. Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по ядерной физике и ПКК по физике частиц продлить тему «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и проект МИВК на 2020–2023 гг. с первым приоритетом.

Доклады молодых ученых. Ученый совет с одобрением заслушал доклады молодых ученых, которые были выбраны программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Осцилляционный анализ в эксперименте NOvA», «Исследование тонких пленок нанокompозитов полистирол–фуллерен методами нейтронной и

рентгеновской рефлектометрии», и поблагодарил соответствующих докладчиков: Л. Д. Колупаеву (ЛЯП) и Т. В. Тропина (ЛНФ). Ученый совет будет приветствовать такие доклады и в будущем.

О составах ПКК. По предложению дирекции ОИЯИ, представленному вице-директором ОИЯИ Р. Ледничким, Ученый совет включил Фуцян Вана (Университет Пердью, Уэст-Лафейетт, США) в состав ПКК по физике частиц сроком на три года, выразив благодарность Ну Сюю за успешную работу, проделанную в качестве члена этого ПКК.

Ученый совет ввел М. Козака (Университет им. А. Мицкевича, Познань, Польша) в состав ПКК по физике конденсированных сред сроком на три года, выразив благодарность Я. Вонсицкому за успешную работу, проделанную в качестве члена этого ПКК.

Премии и награды. Ученый совет поздравил Ф. Халзена (Висконсинский университет, Мадисон, США) с вручением диплома лауреата премии им. Б. М. Понтекорво за ведущую роль в создании детектора IceCube и экспериментальное открытие космических нейтрино сверхвысоких энергий и поблагодарил за превосходное выступление.

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

Ученый совет поздравил директора ЛРБ Е. А. Красавина с вручением ему диплома почетного доктора Монгольского государственного университета, состоявшимся на этой сессии.

Выборы и объявления вакансий в дирекциях лабораторий ОИЯИ. При избрании на должность директора Лаборатории физики высоких энергий

им. В. И. Векслера и А. М. Балдина выдвинутый кандидат А. С. Водопьянов не набрал необходимого количества голосов. По предложению директора ОИЯИ В. А. Матвеева Ученый совет объявит новые выборы на 129-й сессии в феврале 2021 г.

Ученый совет избрал А. Н. Бугая директором Лаборатории радиационной биологии (ЛРБ) сроком на пять лет, поблагодарив Е. А. Красавина за успешную работу, проделанную в качестве директора этой лаборатории.

Ученый совет объявил вакансии на должности заместителей директора ЛРБ. Утверждение в должностях назначено провести на следующей сессии Ученого совета в феврале 2020 г.

Благодарность. Ученый совет поздравил Лабораторию физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина с вводом в действие Вычислительного центра NICA. Это знаковое событие на пути создания комплекса NICA и важный элемент его научно-исследовательской инфраструктуры.

Выражена благодарность В. Кавазинни, координатору Центра им. Бруно Понтекорво физического факультета Пизанского университета (Италия), за доклад о статусе этого центра и перспективах сотрудничества с ОИЯИ с пожеланием Центру им. Бруно Понтекорво успехов в его деятельности.

Правила процедуры Ученого совета. Ученый совет обсудил изменения, предложенные директором ОИЯИ В. А. Матвеевым, в Положение о выборах директоров и об утверждении в должности заместителей директоров лабораторий ОИЯИ, являющееся частью Правил процедуры Ученого совета, и принял решение продолжить их рассмотрение на следующей сессии.

ЗАСЕДАНИЯ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА ОИЯИ

Заседание Финансового комитета состоялось 22–23 марта в Дубне под председательством представителя Республики Болгарии С. Харизановой.

Заслушав доклад директора Института В. А. Матвеева, Финансовый комитет принял к сведению информацию дирекции Института о результатах 125-й сессии Ученого совета ОИЯИ, а также о выполнении плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 2018 г. и планах деятельности на 2019 г., одобрив работу дирекции и коллектива ОИЯИ, направленную на реализацию ведущих проектов Института.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поручить дирекции Института подготовить и представить на сессии КПП в марте 2020 г. отчет о ходе выполнения Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг., а также предложения по его корректировке.

Финансовый комитет отметил успехи в сотрудничестве между ОИЯИ и Ягеллонским университетом в Кракове (Республика Польша) в части разработки концепции и создания новой исследовательской инфраструктуры ОИЯИ — лаборатории для структурных исследований макромолекул и новых материалов (SOLCRYS) в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS Ягеллонского университета. В частности, он приветствовал начало конкурсных мероприятий по поставке оборудования и монтажу рабочих станций SOLCRYS.

Финансовый комитет одобрил включение задачи по созданию базовой конфигурации ускорительного комплекса NICA в российский национальный проект «Наука» и принял к сведению обязательства ОИЯИ, связанные с участием в этом проекте.

Финансовый комитет поддержал планы участия ОИЯИ в мероприятиях, посвященных Международ-

ному году Периодической таблицы химических элементов, включая проведение в его рамках крупных конференций и симпозиумов в Дубне.

Финансовый комитет приветствовал подписание дорожной карты по научному сотрудничеству между ФРГ и РФ, а также готовность германских партнеров продолжить участие в работах по созданию комплекса NICA.

Финансовый комитет принял к сведению подписание рамочного соглашения о сотрудничестве между GSI, FAIR и ОИЯИ, дорожной карты развития сотрудничества между Арабской Республикой Египет и ОИЯИ, а также приветствовал расширение научно-технических связей с Французской Республикой и Республикой Корея.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поддерживать меры, предложенные дирекцией Института по инновационному развитию ОИЯИ, и поручить дирекции Института в рамках инновационной политики ОИЯИ подготовить проект использования в интересах государств-членов ОИЯИ новых инновационных достижений, включая инновационные достижения научно-технологических центров, предлагаемых Российской Федерацией в национальном проекте «Наука», государственной программе научно-технологического развития и других нормативных актах.

По докладу заместителя руководителя Финансово-экономического управления Института М. П. Васильева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2018 г. и о проекте уточненного бюджета ОИЯИ на 2019 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП принять к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 2018 г., утвердить сводную итоговую корректировку расходов бюджета ОИЯИ на 2018 г. и уточненный бюджет ОИЯИ на 2019 г. с общей суммой доходов и расходов 289 790,2 тыс. долларов США.

По докладу директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе «О создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA, об исполнении бюджета в рамках Соглашения между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ и о проекте уточненного бюджета на 2019 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП принять к сведению анализ выполнения графика работ по проекту «Комплекс NICA»; отметить, что работы ведутся активно и постоянно контролируются дирекциями ЛФВЭ и ОИЯИ; приветствовать достижение первой цели проекта — запуск экспериментальной установки на выведенных пучках VM@N.

Финансовый комитет рекомендовал КПП одобрить отчет по использованию бюджетных средств ОИЯИ и целевых средств Российской Федерации, выделенных в соответствии с Соглашением между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ио-

нов NICA, за период до 2018 г. включительно, а также утвердить уточненный бюджет по использованию данных целевых средств на 2019 г. в сумме 3 711 471,1 тыс. руб.

Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить предложенную наблюдательным советом проекта «Комплекс NICA» схему распределения основных финансовых расходов на реализацию базовой конфигурации проекта комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA с учетом финансирования из средств федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации» национального проекта Российской Федерации «Наука», выделяемых в 2019 г. из бюджета России.

Финансовый комитет отметил необходимость интенсификации работ по проекту «Комплекс NICA» для полного и своевременного достижения намеченных в нем целей с учетом требований федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации».

По докладу председателя рабочей группы Т. В. Филатовой «Об итогах заседания рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ от 20–21 марта 2019 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП поручить дирекции Института представить для рассмотрения на заседании Финансового комитета и утверждения на сессии КПП в ноябре 2019 г. уточненный проект Порядка зачета стоимости поставок оборудования, приборов, материалов, услуг и отдельных работ по заказам Института в счет уплаты долевых взносов государств-членов ОИЯИ, а также новую редакцию Положения о персонале ОИЯИ.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поручить дирекции Института подготовить уточненную редакцию проекта Положения о научно-исследовательских и образовательных программах сотрудничества ОИЯИ с научными организациями и университетами государств-членов ОИЯИ.

По докладу вице-директора Института Р. Ледницкого «О выборе аудиторской организации по проведению проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2018 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить план аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2018 г., представленный дирекцией Института, а также утвердить ООО АК «Корсаков и Партнеры» аудитором ОИЯИ за 2018 г., уполномочив его провести аудиторскую проверку финансовой деятельности Института за указанный период и анализ исполнения дирекцией Института плана мероприятий по итогам аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2017 г.

Финансовый комитет с интересом заслушал доклад директора ЛНФ В. Н. Швецова «Прикладные исследования с нейтронами».

Заседание Финансового комитета состоялось 21–22 ноября в Ханое (Вьетнам) под председательством представителя Республики Болгарии С. Харизановой.

Финансовый комитет заслушал доклад директора Института В. А. Матвеева и рекомендовал КПП принять к сведению рекомендации 126-й сессии Ученого совета ОИЯИ, а также предварительные итоги выполнения плана научно-исследовательских работ и международного научного сотрудничества в 2019 г.

Финансовый комитет рекомендовал КПП одобрить работу дирекции Института по реализации крупных научных проектов ОИЯИ, в частности, проекта класса мегасайенс «Комплекс NICA», фабрики сверхтяжелых элементов, нейтринных исследований на озере Байкал и на Калининской АЭС, исследований на комплексе спектрометров реактора ИБР-2, отметить активное участие ОИЯИ в ключевых мероприятиях, посвященных Международному году Периодической таблицы химических элементов, а также одобрить подготовку проекта соглашения между Министерством науки и высшего образования РФ и ОИЯИ о сотрудничестве и проведении совместных работ по созданию Байкальского глубоководного нейтринного телескопа «Байкал-GVD» и участию в экспериментальных исследованиях в области нейтринной астрофизики высоких энергий, нейтринной астрономии, физики нейтрино.

Приняв к сведению решение правительства Республики Узбекистан о возобновлении полноправного участия в ОИЯИ, Финансовый комитет предложил КПП рекомендовать полномочному представителю правительства Республики Узбекистан представить для рассмотрения на сессии КПП в марте 2020 г. предложения о финансовых условиях возобновления полноправного участия Республики Узбекистан в ОИЯИ.

Финансовый комитет рекомендовал КПП приветствовать подписание дорожной карты по сотрудничеству между Министерством образования, науки и технологического развития Республики Сербии и ОИЯИ, а также одобрить подписание документа о продлении сотрудничества ОИЯИ с Федеральным министерством образования и научных исследований Германии.

По докладу заместителя руководителя Финансово-экономического управления Института М. П. Васильева «О проекте бюджета ОИЯИ на 2020 г., о проекте взносов государств-членов ОИЯИ на 2021, 2022, 2023 гг.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бюджет ОИЯИ на 2020 г. с общей суммой доходов и расходов 218 713,9 тыс. долларов США, а также рекомендовал КПП утвердить шкалу взносов государств-членов ОИЯИ на 2020 г., взносы государств-членов ОИЯИ на 2020 г. и выплату задолженности государств-членов в 2020 г. по уплате взносов в бюджет ОИЯИ.

Финансовый комитет рекомендовал КПП определить ориентировочные размеры бюджета ОИЯИ на 2021 г. в сумме 212,24 млн долларов США, на 2022 г. в сумме 217,33 млн долларов США, а также ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2021 и 2022 гг.; принять к сведению ориентировочный размер бюджета ОИЯИ на 2023 г. в сумме 222,67 млн долларов США и ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2023 г.

Финансовый комитет рекомендовал КПП одобрить сводную корректировку бюджета ОИЯИ на 2019 г. за 9 месяцев; разрешить директору Института проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы членов персонала с учетом возможностей бюджета ОИЯИ на 2020 г. в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2017–2020 гг.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поручить дирекции Института представить для рассмотрения на заседании ФК и сессии КПП в марте 2020 г. предложения по финансовому обеспечению конкурентоспособного уровня оплаты труда высококвалифицированного персонала ОИЯИ.

По докладу директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе и вице-директора Института Р. Ледницкого «О проекте бюджета по использованию целевых средств Российской Федерации, выделяемых в соответствии с Соглашением между Правительством Российской Федерации и международной межправительственной научно-исследовательской организацией Объединенным институтом ядерных исследований о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA, на 2020 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бюджет по использованию целевых средств РФ, выделяемых в соответствии с данным соглашением, в сумме 5 003 911,0 тыс. рублей.

Финансовый комитет рекомендовал КПП принять к сведению информацию по докладу директора Института В. А. Матвеева и вице-директора Института Б. Ю. Шаркова «О проекте Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ».

По докладу полномочного представителя правительства Грузии в ОИЯИ А. Хведелидзе «Об итогах заседания рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ от 17–18 октября 2019 г.» Финансовый комитет принял к сведению информацию о дальнейшей доработке Положения о научно-исследовательских и образовательных программах сотрудничества ОИЯИ с научными организациями и университетами государств-членов Института, о новой редакции Положения о персонале ОИЯИ для рассмотрения и утверждения на сессии КПП 25–26 ноября 2019 г., о ходе работ по совершенствованию закупочной деятельности ОИЯИ.

По докладу заместителя главного бухгалтера Института Т. Б. Науменко «О проекте Порядка зачета стоимости поставок оборудования, приборов, мате-

риалов, услуг и отдельных работ по заказам Института в счет уплаты долевых взносов государств-членов ОИЯИ» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить порядок зачета в счет уплаты долевых взносов государств-членов ОИЯИ.

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

проведения аудиторской проверки финансовой деятельности Института за 2018 г. и анализе исполнения дирекцией Института плана мероприятий по итогам проведения аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2017 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить аудиторское заключение и бухгалтерский отчет ОИЯИ за 2018 г.

СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ

50-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 21–22 января под председательством профессора И. Церруя.

Председатель ПКК представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ Р. Ледниcki проинформировал ПКК о резолюции 124-й сессии Ученого совета Института (сентябрь 2018 г.) и решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ (ноябрь 2018 г.).

Доклады о реализации проекта «Нуклотрон–NICA» и развитии соответствующей инфраструктуры представили С. А. Костромин и Н. Н. Агапов. ПКК выразил обеспокоенность рядом задержек, которые влияют на соблюдение общего графика проекта NICA, и призвал руководство NICA критически проанализировать текущий график всего проекта и твердо убедиться, что дальнейших задержек не произойдет. ПКК с удовлетворением отметил успешное обновление 12 км сетей отопления, водоснабжения и водоотведения и планы по завершению работ к концу года.

В. Д. Кекелидзе проинформировал ПКК об итогах 2-го совещания коллабораций экспериментов MPD и BM@N на комплексе NICA. ПКК приветствовал создание международных коллабораций в рамках этих экспериментов. Доклад о реализации проекта MPD представил А. Кищель. Отметив устойчивый прогресс в создании основных подсистем установки MPD: сверхпроводящего магнита, TRC и ToF, ПКК приветствовал выделение специального совместного гранта РФ и КНР для создания электромагнитного калориметра ECAL детектора MPD. ПКК заслушал доклад М. Н. Капишина о предварительных результатах работы детектора BM@N в ходе 55-го сеанса нуклотрона и призвал команду сосредоточить усилия на физическом анализе больших наборов данных, собранных как в ходе выполнения исследовательской программы BM@N, так и при изучении короткодействующих корреляций. Комитет предложил сделать отчет по физическому анализу на следующей сессии. ПКК также поддержал планы по прокладке линии транспортировки пучка и вакуумной трубы через экспериментальную установку BM@N для работы с пучками тяжелых ионов.

С интересом заслушав предложение Р. Ценова о развертывании работ по подготовке концептуаль-

ного проекта (CDR) детектора спиновой физики (Spin Physics Detector, SPD) на коллайдере NICA, ПКК отметил, что представленная концепция установки выглядит недостаточно убедительно. CDR должен содержать подробную концепцию с четкими физическими целями и моделированием, демонстрирующим желаемые физические характеристики. Технические решения должны быть самыми современными и не обязательно должны опираться на технологии, уже освоенные в лаборатории. ПКК призвал всю коллаборацию SPD участвовать в процессе разработки концепции и создать постоянную команду экспертов. После одобрения CDR будет подготовлен технический проект (TDR) SPD. ПКК рекомендовал утвердить проект подготовки CDR и TDR до конца 2021 г. с первым приоритетом.

Статус и перспективы участия группы ОИЯИ в эксперименте BES-III на e^-e^+ -коллайдере BEPCII в ИФВЭ в Пекине (КНР) представил А. С. Жемчугов. ПКК высоко оценил значительный вклад в разработку программного обеспечения и анализ данных, а также другие результаты, полученные группой, начиная с 2005 г. Отметив, что эксперимент достиг большинства намеченных целей и что дальнейшие исследования могут проводиться соизмеримо меньшими усилиями, комитет рекомендовал продолжить эту деятельность до конца 2022 г. со вторым приоритетом.

ПКК принял к сведению отчет о научно-исследовательских разработках, направленных на улучшение эксплуатационных качеств и увеличение надежности детектора PHOS, представленный А. С. Водопьяновым, и рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в модернизации фотонного спектрометра ALICE до конца 2020 г. с первым приоритетом.

ПКК с интересом заслушал доклады Б. В. Батюни (эксперимент ALICE), С. М. Турчихина (ATLAS) и В. Ю. Алексахина (CMS) о новых результатах, полученных группами ОИЯИ в экспериментах на LHC: это изучение каоновой фемтоскопии при Pb + Pb, p + Pb и pp-столкновениях и новые результаты по анализу ультрапериферических столкновений Pb + Pb и p + Pb в эксперименте ALICE; серийное производство микромегас-камер для первой фазы модернизации мюонного спектрометра ATLAS, наблюдение распада бозона Хиггса на пару b-кварков,

недавние результаты по поиску новой физики в конечных состояниях $\gamma + Z/W/H$, а также разработка структуры распределенного управления данными ATLAS; поиск тяжелых резонансов, распадающихся на дилептонные пары в эксперименте CMS, измерения асимметрий и сечений рождения пар Дрелла–Яна, успехи в реализации первой фазы модернизации детектора.

ПКК с интересом заслушал доклад А. Б. Арбузова «Описание образования мезонов в электрон-позитронной аннигиляции и распадах тау-лептонов в модели НИЛ».

Заслушав информацию Н. А. Русаковича о разработке стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ в области физики частиц, комитет одобрил усилия дирекции ОИЯИ по определению стратегических целей и установлению приоритетов в научной политике Института, поддержал планы ОИЯИ по интеграции проектов и базовых установок в европейскую исследовательскую инфраструктуру и дальнейшее укрепление партнерских отношений с ЦЕРН.

Рассмотрев 22 стендовых сообщения по физике частиц молодых ученых из ЛФВЭ и ЛЯП, ПКК выбрал сообщение О. Н. Петровой «Эффект асимметрии восток–запад в потоке атмосферных нейтрино в дальнем детекторе NOvA» для представления в качестве доклада на сессии Ученого совета в феврале 2019 г.

Совместная сессия ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике по Нейтринной программе ОИЯИ состоялась 22 января под председательством профессора И. Церруя и профессора М. Левитовича.

Проведено совместное заседание обоих ПКК с целью экспертной оценки всех проектов и тем исследований, выполняемых в ОИЯИ в области физики нейтрино, астрофизики и темной материи.

ПКК поблагодарили директора ЛЯП В. А. Беднякова за сделанный им всесторонний обзор Нейтринной программы ОИЯИ. В настоящее время существует 13 проектов, 7 из которых регулярно оцениваются ПКК по физике частиц, и 6 — ПКК по ядерной физике. Для того чтобы добиться «лучшей координации программы по физике нейтрино, что позволило бы устанавливать приоритеты более согласованным и эффективным образом», как указано в резолюции Ученого совета, все 13 проектов были совместно оценены двумя ПКК. Конечная цель — классифицировать их по трем категориям: А, В или С, основываясь на научной значимости проекта и результатах работы группы ОИЯИ:

- категория А: отличные проекты, которые следует полностью обеспечить соответствующими ресурсами, поощрять к продолжению и росту их научной значимости;
- категория В: очень хорошие проекты, но с некоторыми недостатками. Они должны финансиро-

ваться с учетом строгой рекомендации о том, в чем необходимо их улучшение;

- категория С: хорошие проекты, которые, однако, демонстрируют относительно низкую эффективность.

Руководителям проектов было предложено ответить на вопросы из общего списка, подготовленного представителями двух ПКК по согласованию с руководством ОИЯИ. Каждый проект был рассмотрен одним рецензентом из ПКК по физике частиц и одним из ПКК по ядерной физике. Окончательная классификация каждого проекта по категориям А, В или С выполнена с учетом мнений двух соответствующих рецензентов и последующего обсуждения проекта на совместном заседании обоих комитетов.

В ходе оценки каждого из 13 проектов выработаны определенные рекомендации, указывающие на сильные и слабые стороны проекта, представленные как в итоговом документе совместного заседания, так и в следующей классификации проектов в области физики нейтрино, астрофизики и темной материи:

- категория А: «Байкал-GVD», DANSS, Daya Bay/JUNO, NOvA;
- категория В: COMET, EDELWEISS-LT, GEMMA-III, GERDA, NA64, SuperNEMO, TAIGA;
- категория С: BOREXINO, Mu2e, g-2.

49-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 22–23 января под председательством профессора М. Левитовича.

Председатель ПКК представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 124-й сессии Ученого совета Института и решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ.

ПКК заслушал доклад Е. В. Лычагина о разработке нового источника нейтронов в ЛНФ, в котором были представлены два варианта: импульсный реактор периодического действия ИБР-3, использующий в качестве топлива нептуний, и протонный ускоритель, частицы которого попадают на неразмножающую мишень из вольфрама, поставляющую нейтроны в подкритический бустер с активной зоной из диоксида плутония. По оценкам, ожидается поток нейтронов $\sim 10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, длина импульса 150–200 мкс, частота повторения 10 Гц.

ПКК заслушал доклады о статусе фабрики сверхтяжелых элементов, представленные И. В. Калагиным (циклотрон ДЦ-280), А. Г. Попеко (сепараторы для фабрики СТЭ) и В. К. Утенковым (первые эксперименты на фабрике СТЭ). ПКК с одобрением отметил, что работы по созданию экспериментального корпуса фабрики СТЭ завершены и получено заключение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

(Ростехнадзор) о соответствии построенного объекта требованиям технических регламентов. 26 декабря 2018 г. на ДЦ-280 был получен и доведен до конечного радиуса внутри циклотрона первый пучок ускоренных ионов криптона, а 17 января 2019 г. пучок ускоренных ионов криптона был успешно выведен из циклотрона.

Первой экспериментальной установкой на фабрике СТЭ, которая готовится к работе на пучках тяжелых ионов, будет газонаполненный сепаратор ГНС-2, сконструированный в ЛЯР и изготовленный фирмой SigmaPhi (Франция). В 2018 г. были смонтированы основные узлы сепаратора ГНС-2 и агрегаты питания, подготовлен канал транспорта пучка. Готовится серия тестовых экспериментов, направленных на достижение проектных параметров ГНС-2 с использованием реакций слияния ядер редкоземельных элементов с ускоренными на циклотроне ДЦ-280 ионами ^{40}Ar , ^{48}Ca , ^{50}Ti . В этой серии экспериментов будет изучена трансмиссия ГНС-2 при разных толщинах мишени, устойчивость мишеней к повышенной интенсивности пучка и накопленной дозе, очистка от продуктов фоновых реакций и другие характеристики.

Первыми экспериментами по синтезу СТЭ станут опыты по получению изотопов московия в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$, а на следующей стадии — эксперименты по изучению химических свойств элементов Fl и Sn. Дальнейшие эксперименты по изучению химических свойств СТЭ, а также эксперименты по ядерной и масс-спектрометрии будут проводиться на газонаполненном сепараторе ГНС-3 совместно с газовыми ловушками продуктов реакций. На апрель 2019 г. намечен его монтаж на канале №2 циклотрона ДЦ-280, а в первом квартале 2020 г. планируется его запуск.

Дальнейшая программа исследований нацелена на подготовку и проведение экспериментов по синтезу 120-го и 119-го элементов в реакциях на пучке ^{50}Ti с мишенями $^{249-251}\text{Cf}$ и ^{249}Bk соответственно.

ПКК заслушал доклад С. Г. Земляного о ходе работ по созданию сепаратора продуктов ядерных реакций GALS. Установка GALS, в которой используется метод двухэтапного разделения, основанный на торможении ядер в газовой ячейке, на селективной лазерной ионизации и сепарации в магнитном поле, будет работать на пучках циклотрона У-400М. В тестовых экспериментах планируется получить изотопы Os с целью приблизиться к области оболочки с $N = 126$.

На сессии был заслушан научный доклад «Зарядово-обменные нейтрино-нуклонные реакции в нейтриносфере сверхновых», представленный А. А. Джоиевым.

Члены ПКК проанализировали новые результаты, представленные молодыми учеными в области ядерной физики в виде постеров. Отмечены луч-

шие стендовые сообщения: «Модификация эксперимента GERDA» Н. С. Румянцевой, «Пигми- и гигантский дипольные резонансы в $^{48,50}\text{Ca}$ и $^{68,70}\text{Ni}$ » Н. Н. Арсеньева и «Новые системы на основе экстрагирующих сорбентов для очистки низкофоновых материалов» Г. М. Маринова. Сообщение «Модификация эксперимента GERDA» рекомендовано для представления в качестве доклада на сессии Ученого совета в феврале 2019 г.

49-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 24–25 января под председательством профессора Д. Л. Нады.

Председатель ПКК представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ Б. Ю. Шарков проинформировал ПКК о резолюции 124-й сессии Ученого совета Института и о решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ.

В. Н. Швецов сделал доклад о состоянии ИЯУ ИБР-2, а также о результатах теоретических и экспериментальных исследований динамических характеристик реактора. ПКК высоко оценил анализ технического состояния ИБР-2 и планы ЛНФ по дальнейшему обновлению установки, а также поддержал усилия лаборатории по обеспечению рабочего состояния ИБР-2.

Д. П. Козленко представил основные научные и методические результаты исследований в области конденсированных сред на реакторе ИБР-2 в 2018 г. ПКК одобрил уровень научных результатов, полученных на спектрометрах ИЯУ ИБР-2, и их междисциплинарный характер. ПКК поддержал продолжающуюся модернизацию спектрометров ИЯУ ИБР-2, что позволит расширить область исследований и возможности для пользователей ИБР-2.

ПКК принял к сведению отчет Д. Худобы о реализации программы пользователей ЛНФ в 2018 г., включая информацию о разработке нового веб-приложения для сбора и экспертной оценки заявок о проведении экспериментов. Отметив, что с 2012 г. ИЯУ ИБР-2 стабильно функционирует в соответствии с политикой пользователей, а также и тот факт, что в 2018 г. в связи с техническими проблемами на реакторе проведено меньшее количество циклов, чем было запланировано для экспериментов, ПКК рекомендовал подготовить подробную статистику и провести ее анализ для каждого конкретного спектрометра в контексте программы пользователей ЛНФ.

ПКК заслушал доклад о текущем состоянии фурье-стресс-дифрактометра ФСД на реакторе ИБР-2, представленный Г. Д. Бокучавой. ПКК счел достижения ЛНФ в разработке метода корреляционной дифрактометрии весьма успешными для научной программы на ИБР-2, требующими новых предложений по дальнейшему совершенствованию ФСД.

С интересом заслушана информация Н. Кучерки о разработках, касающихся создания совместной лаборатории для структурных исследований с использованием синхротронного рентгеновского излучения. Отмечено, что совместные усилия ОИЯИ и центра SOLARIS Ягеллонского университета в Кракове (Польша) расширят набор экспериментальных подходов к исследованию конденсированных сред в ОИЯИ, и ПКК необходима более детальная информация о возможностях научного использования предлагаемой лаборатории, а также о взаимодействии с инфраструктурой центра SOLARIS.

Заслушан ряд докладов, связанных с выработкой общей концепции нового источника нейтронов ОИЯИ. При этом ПКК высоко оценил доклад Ф. Мезеи об оборудовании и модераторах на длинноимпульсных источниках нейтронов со всесторонним анализом основных параметров существующих нейтронных источников и связанных с ними установок, среди которых особое внимание уделено ESS. ПКК также с интересом заслушал доклады А. М. Балагурова и А. И. Иоффе о текущем состоянии и тенденциях в разработке концепции нового источника нейтронов ОИЯИ по результатам обсуждения на заседании рабочей подгруппы по конденсированным средам и нейтронной ядерной физике, действующей в рамках рабочей группы по разработке стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ. ПКК отметил два технических предложения, рекомендованных рабочей подгруппой: это импульсный быстрый реактор ИБР-3 (НЕПТУН) и импульсный источник нейтронов, управляемый протонным ускорителем. ПКК требуется подробная информация о представленных предложениях и об инструментарии нового источника.

ПКК принял к сведению предложение о намерении открыть новые темы «Разработка проектного отчета о создании нового дубненского нейтронного источника (ДНИ-IV)» и «Создание Лаборатории структурных исследований макромолекул и новых материалов в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS Ягеллонского университета в Кракове (Польша)», выдвинутое В. Н. Швецовым, и рекомендовал представить полностью сформулированные предложения по этим темам на следующей сессии.

ПКК с интересом заслушал научные доклады: «Структура и свойства водных растворов фуллеренов C_{60} и C_{70} для биологических применений», «Структурные и функциональные свойства мутантных синаптических рецепторов NMDA», «Реконструкция поверхности Ферми в модели $t - J$ в рамках кластерной теории возмущений», представленные Е. А. Кизимой, Э. Б. Душановым, И. Д. Иванцовым соответственно.

Заслушаны доклады о проведенных конференциях: М. В. Авдеева — о конференции по использованию рассеяния нейтронов в конденсиро-

ванных средах «РНИКС-2018» (Санкт-Петербург, 17–21 сентября 2018 г.), А. В. Рогачева — о международной конференции «Биомембраны-2018» (Москва, 1–5 октября 2018 г.) и В. Н. Чаусова — о международной конференции «Современные проблемы космической радиобиологии и астробиологии» (Дубна, 17–19 октября 2018 г.).

ПКК рассмотрел 16 стендовых сообщений молодых ученых в области физики конденсированных сред. Лучшей работой на данной сессии было признано сообщение «Процессы кластеризации фуллерена C_{70} в смеси толуол/*N*-метилпирролидон по данным МУРР, МУРН и ДСР», представленное Т. Нагорной. Также отмечен высокий уровень двух других стендовых сообщений: «Исследования кристаллической и магнитной структуры сложных наноструктурированных оксидов переходных металлов в широком диапазоне давлений и температур», представленное Н. М. Белозеровой, и «Изотопно-идентифицирующая нейтронная рефлектометрия на импульсном нейтронном реакторе ИБР-2М», представленное В. Д. Жакетовым.

50-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 17–18 июня под председательством профессора Д. Л. Нады.

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ Б. Ю. Шарков проинформировал ПКК о резолюции 125-й сессии Ученого совета Института и о решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ (март 2019 г.).

ПКК заслушал отчеты по завершающимся теме «Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов» и проекту «Создание комплекса криогенных замедлителей ИЯУ ИБР-2», представленные А. В. Виноградовым, и рекомендовал продлить реализацию темы и проекта на 2020–2022 гг.

Заслушав предложение об открытии новой темы «Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ» В. Н. Швецова, ПКК отметил существенный прогресс коллектива ЛНФ в техническом обосновании концепции нового источника, а также необходимость обоснования научной программы для нового источника. ПКК рекомендовал открыть тему на 2020–2022 гг. и предложил ее руководителям определить структуру управления, четко представить ожидаемые результаты работы, ключевые этапы и временной график реализации темы.

ПКК принял к сведению материалы доклада о состоянии работ и сотрудничестве ОИЯИ с Национальным синхротронным центром SOLARIS (Польша) по совместному развитию установки для структурных исследований с использованием синхротронного рентгеновского излучения, а также предложе-

ние об открытии новой темы «Создание лаборатории структурных исследований SOLCRYС в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS», представленные Н. Кучеркой. ПКК рекомендовал открыть новую тему на 2020–2022 гг. и сообщить на следующей сессии информацию о параметрах трех предлагаемых к созданию станций, их связи с научной программой и мировым ландшафтом синхротронных исследований.

ПКК заслушал отчет по теме «Проведение медико-биологических и радиационно-генетических исследований с использованием различных типов ионизирующих излучений» и проекту «Совершенствование методов, технологий, режимов планирования и проведения лучевой терапии» Г. В. Мицына и рекомендовал продлить тему и проект на 2020–2022 гг., отметив высокую значимость результатов как в области клинических исследований по применению протонной терапии для лечения различных заболеваний, так и в области радиобиологии. Особо отмечено, что клинические исследования вступили в ту новую фазу, когда становится возможным проводить статистический анализ результатов лечения.

ПКК рассмотрел отчет по проекту «Радиоген: Экспериментальное обоснование оценки генетического риска ионизирующей радиации по частоте наследуемых изменений ДНК структурных генов животных и человека», представленный К. П. Афанасьевой, и рекомендовал продлить проект на 2020–2022 гг. с новым названием: «Радиоген: Молекулярная генетика радиационно-индуцированных изменений гена, генома и транскриптома *Drosophila melanogaster*». ПКК одобрил прогресс в развитии проекта, получение новых фундаментальных данных о природе радиационной генетики живых организмов и частоте наследственных изменений в ДНК мутирующих генов, вызванных гамма-излучением и реакторными нейтронами.

ПКК заслушал отчет по теме и проекту «Исследование космического вещества на Земле и в космосе; исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли», представленный А. Ю. Розановым, и рекомендовал продлить тему и проект на 2020–2022 гг. Благодаря сотрудничеству между ОИЯИ, РАН и другими институтами сектор астробиологии ЛРБ стал одним из ведущих по исследованиям в данной области. В 2017 г. введен в эксплуатацию современный сканирующий электронный микроскоп Tescan Vega 3, с помощью которого проводится поиск и исследование окаменелых микроорганизмов в метеоритах. Обнаружены эукариотические микроорганизмы в метеорите Оргей, результаты опубликованы в «Палеонтологическом журнале» РАН.

ПКК заслушал отчет по теме «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных» Г. Адама и

рекомендовал продлить тему на 2020–2023 гг. ПКК отметил, что решению задач физики конденсированных сред в рамках данной темы способствует высококлассное компьютерное обеспечение для сбора и обработки данных на спектрометрах ИБР-2, а также важные компьютерные разработки для численного решения теоретических моделей, представляющих интерес для лабораторий ОИЯИ.

ПКК заслушал доклад М. В. Авдеева и одобрил ход работ по проекту «Система нейтронного орeгандо мониторинга и диагностики материалов и интерфейсов для электрохимических накопителей энергии на ИЯУ ИБР-2».

ПКК принял к сведению сделанный Й. Кулдой обзор современных тенденций в области нейтронной спектроскопии, а также заслушал доклад Д. Худобы о состоянии установок неупругого рассеяния нейтронов, работающих на реакторе ИБР-2, и поддержал планы ЛНФ по открытию нового проекта развития установок неупругого рассеяния нейтронов в ОИЯИ.

ПКК принял к сведению информацию Б. Ю. Шаркова и Е. А. Красавина о деятельности рабочей подгруппы по радиобиологии и астробиологии в рамках подготовки стратегического долгосрочного плана ОИЯИ и одобрил усилия по завершению работы над этим документом.

С интересом заслушан научный доклад Р. Саладино «Сценарий возникновения жизни на Земле на основе формамида».

ПКК рассмотрел стендовые сообщения молодых ученых в области информационных технологий и физики конденсированных сред. Признанное лучшей работой сообщение М. Карпеца «Исследование тонких пленок нанокompозитов полистирол-фуллерен методами нейтронной и рентгеновской рефлектометрии» было рекомендовано в качестве устного доклада на сессии Ученого совета в сентябре 2019 г.

51-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 19–20 июня под председательством профессора И. Церруя.

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ Р. Ледниcki проинформировал ПКК о резолюции 125-й сессии Ученого совета Института и решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ (март 2019 г.).

По докладу С. А. Костромина о ходе реализации проекта «Нуклотрон–NICA» ПКК одобрил активную работу по установке сверхпроводящих магнитов бустера внутри ярма синхрофазотрона, ожидая завершения сборки и ввода оборудования в эксплуатацию с пучком в конце 2019 г. ПКК попросил улучшить системы диагностики ускорительного комплекса для создания возможности доставлять пользователям хорошо идентифицированные и чистые пучки.

Заслушав отчет о реализации проекта NICA/MPD, представленный А. Кишелем, ПКК приветствовал информацию о приеме двух новых институтов в коллаборацию MPD — Варшавского университета и Китайского института ядерной энергии — и одобрил совместные усилия участников по разработке элементов детектора, вычислительной и программной инфраструктуры в рамках завершения первой стадии детектора к 2021 г.

ПКК заслушал отчет М. Н. Капишина о реализации проекта BM@N, поздравил команду BM@N с получением первых физических результатов по образованию лямбда-гиперонов и призвал сократить время между сбором данных и получением предварительных результатов.

ПКК принял к сведению отчет об участии ОИЯИ в эксперименте CMS на LHC, представленный А. В. Зарубиным, и поздравил группу CMS ОИЯИ с достигнутым качеством работ, выполненных в различных подсистемах детекторов, включая переднюю мюонную станцию и торцевой адронный калориметр, что способствовало бесперебойной и стабильной работе детектора CMS в течение всего периода Run2 на LHC. Комитет отметил прогресс в проводимых при участии сотрудников ОИЯИ физических исследованиях по изучению образования мюонных пар, включая процессы Дрелла–Яна, поиску физики за пределами SM (BSM), измерениям констант связи бозона Хиггса и изучению многоструйных процессов. ПКК рекомендовал группе CMS ОИЯИ активнее сочетать работу по техническому обслуживанию и эксплуатации детектора с физическими исследованиями.

ПКК отметил доклад официального представителя CMS Р. Карлина о ходе модернизации детектора CMS и пожелал коллаборации успешной реализации столь амбициозного плана.

Комитет принял к сведению отчет о физических результатах, полученных группой ОИЯИ в эксперименте ATLAS на LHC, представленный Е. В. Храмовым; высоко оценил прогресс в проведении с участием ОИЯИ физических анализов в этом эксперименте, таких как определение структуры протона при сверхвысоких энергиях, поиск физики BSM, поиск валентно-подобного непертурбативного компонента тяжелых кварков в протоне и т. д. Члены группы также внесли свой вклад в наблюдение совместного образования бозона Хиггса и векторного бозона и бозона Хиггса с парой топ-кварков, а также в поиск tH -процесса. ПКК с удовлетворением отметил большое количество научных публикаций при непосредственном участии сотрудников ОИЯИ и слаженность в работе исследовательских подгрупп.

Комитет принял к сведению отчет о результатах, полученных в эксперименте ALICE на LHC, представленный В. Н. Поздняковым, и публикации ряда научных работ, включающих новый фемтоскопический корреляционный анализ для пар каонов противополо-

жного знака, который показал соответствие предсказаниям гидродинамических моделей. Генераторы событий и программное обеспечение, разработанные при участии группы ОИЯИ, дали новые результаты для факторов ядерной модификации для $\Upsilon(1s)$ и $\Upsilon(2s)$ в столкновениях Pb–Pb при 5,02 ТэВ. Группа также планирует внести вклад в поддержание и развитие анализа GRID–ALICE в ОИЯИ и модернизацию фотонного спектрометра. ПКК обеспокоен отсутствием докладов команды ОИЯИ на крупных конференциях по данной тематике и настоятельно рекомендовал руководителю группы предпринять действия по привлечению молодых ученых и студентов к проекту с целью роста научной значимости группы.

ПКК рекомендовал продолжить участие ОИЯИ во всех трех проектах на LHC на период 2020–2023 гг. с первым приоритетом, сопровождая его принятием корректирующих мер по устранению указанных выше проблем.

Заслушав отчет относительно проекта SCAN-3, представленный С. В. Афанасьевым, ПКК учел опыт авторов проекта SCAN-3 по исследованию высоковозбужденного ядерного вещества путем наблюдения продуктов его распада на нуклотроне и рекомендовал продолжить проект на период 2020–2022 гг. с первым приоритетом.

ПКК принял к сведению отчет о реализации проекта NA64 на SPS, представленный Д. В. Пешехоновым. Оценив огромную роль, которую команда ОИЯИ сыграла в проектировании, производстве, испытании и установке камер со струйками в эксперименте NA64, ПКК отметил, что рекомендации совместной сессии ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике (январь 2019 г.) по улучшению соотношения ФТЕ и числа участников, привлечению студентов и участию в анализе данных недостаточно отражены в представленном материале. ПКК отложил любые рекомендации по проекту до следующей сессии, пока авторы не представят пересмотренное предложение, и рекомендовал руководству ОИЯИ предоставить группе достаточно ресурсов для продолжения работы и выполнения своих обязательств.

ПКК заслушал отчет о разработке Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК) ОИЯИ, представленный Т. А. Стриж, отметив, что ЛИТ в полной мере обеспечил вычислительные потребности ОИЯИ как внутри Института, так и за его пределами, и рекомендовал продолжить проект МИВК на период 2020–2023 гг. с первым приоритетом.

Заслушав предложение С. П. Авдеева по новому проекту ФАЗА на нуклотроне, нацеленному на изучение пространственно-временных характеристик горячих ядер, образующихся при столкновениях легких релятивистских ионов с тяжелыми мишенями, ПКК просил авторов представить улучшенный проект с подробной информацией о толщине

мишени, качестве идентификации телескопами изотопов He и Be, моделировании результатов эксперимента и сравнении их с теоретическими предсказаниями.

ПКК рассмотрел 17 стендовых сообщений по проблемам физики частиц, подготовленных молодыми учеными ЛИТ, ЛФВЭ и ЛЯП, и выбрал презентацию Л. Д. Колупаевой «Исследование нейтринных осцилляций в эксперименте NO ν A» для доклада на сессии Ученого совета в сентябре 2019 г.

50-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 24–25 июня под председательством профессора М. Левитовича.

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций предыдущей сессии. Дополнительную информацию о прогрессе, достигнутом за последнее время в ходе создания и ввода в эксплуатацию фабрики сверхтяжелых элементов, сообщил директор ЛЯР С. Н. Дмитриев. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 125-й сессии Ученого совета Института и решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ (март 2019 г.).

ПКК заслушал отчеты по теме «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и включенному в тему проекту «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)» Т. А. Стриж. ПКК поддержал развитие информационных систем ОИЯИ, направленных на обеспечение информационной и программной поддержки научно-исследовательской деятельности ОИЯИ; одобрил деятельность ЛИТ по развитию системы подготовки и переподготовки ИТ-специалистов на базе МИВК ОИЯИ и его учебно-образовательных компонентов для ознакомления молодых ученых и специалистов из стран-участниц с современными методами решения прикладных задач на новейших вычислительных архитектурах. ПКК рекомендовал продлить тему и проект с первым приоритетом на 2020–2023 гг.

Заслушав отчет Е. В. Лычагина по теме «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона», ПКК одобрил высокий уровень результатов, полученных в рамках темы, достижения в исследованиях фундаментальных симметрий с поляризованными нейтронами, широкий спектр превосходных результатов в области прикладных исследований в рамках международных программ, а также отметил важность работ по развитию ускорительной установки ИРЕН.

ПКК заслушал отчет по проекту «Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций» (TANGRA), представленный Ю. Н. Копачем. Использование ВГО-кристаллов и HP-Ge-детекторов привело к значительному улучшению энергетического разрешения при регистрации

γ -квантов. ПКК рекомендовал продлить тему «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и реализацию проекта TANGRA с первым приоритетом на 2020–2022 гг.

Заслушав два предложения о намерении подготовить новые проекты по этой теме, ПКК рекомендовал авторам показать стабильность и точность калибровки детектора для измерения времени жизни нейтрона методом времени пролета; предложить реализуемую конструкцию криостата при создании установки для поляризации нейтронов и ядер.

ПКК заслушал информацию В. Н. Швецова о предложении открыть новую тему «Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ» и поддержал необходимость создания в ОИЯИ источника нейтронов мирового уровня для сохранения лидирующих позиций в области физики конденсированных сред и нейтронной физики.

ПКК заслушал отчет по проекту GDH&SPASCHARM&NN, представленный Ю. Н. Узиковым. Проект включает в себя три независимых эксперимента, которые связаны с изучением спиновой структуры нуклона в сильных и электромагнитных взаимодействиях и технически полностью опираются на поляризованные протонные и дейтериевые мишени с замороженным спином, созданные и обслуживаемые дубненской группой физиков.

Эксперимент GDH проводится на микротроне МАМИ-С (Майнц, Германия) с новой поляризованной мишенью, включающей в себя горизонтальный $^3\text{He}/^4\text{He}$ -криостат с рефрижератором растворения в сочетании с детектором CrystalBall и спектрометром TAPS. Эксперимент SPASCHARM в ИФВЭ (Протвино) осуществляется с использованием высокоэнергетических пучков протонов и антипротонов. Эксперимент NN (Прага, Чехия) на поляризованном пучке нейтронов с энергией 14 МэВ с поляризованной дейтериевой мишенью предназначен для изучения трехнуклонных сил в nd -взаимодействиях.

ПКК признал важную роль дубненской группы во всех трех экспериментах, отметив, что группа должна принимать активное участие во всех измерениях, и рекомендовал продлить реализацию проекта на 2020–2022 гг. с первым приоритетом.

ПКК заслушал отчет по проекту «Исследование глубокоподкритических электроядерных систем и возможностей их применения для производства энергии, трансмутации ОЯТ и исследование в области радиационного материаловедения» (Э&Т&РМ), представленный А. А. Балдиным. Выделив такие положительные аспекты проекта, как возможность утилизацию отработанного ядерного топлива, разработка нового нейтронного детектора, сравнение результатов моделирования по методу Монте-Карло с экспериментальными данными, ПКК рекомендовал продлить работы по проекту до конца 2020 г. с первым приоритетом.

ПКК заслушал предложение по открытию нового проекта «Создание прототипа начальной секции сильноточного линейного ускорителя тяжелых ионов, нацеленного на получение интенсивных пучков радиоактивных ионов (RIBs) для фундаментальных исследований», представленное Л. В. Григоренко. В результате работы по проекту будет выбран прототип начального участка линейного ускорителя и проработана конструкция ускорителя Linac-100. Проект рекомендован к открытию на двухлетний период 2020–2021 гг.

ПКК заслушал отчет А. С. Фомичева о первых результатах экспериментов на фрагмент-сепараторе ACCULINNA-2. На высокоинтенсивных пучках радиоактивных ионов ^8He и ^9Li , полученных на сепараторе ACCULINNA-2, установленном на канале циклотрона У-400М, были проведены два эксперимента по изучению распадов $^7\text{H} \rightarrow t + 4n$ и $^{10}\text{Li} \rightarrow n + ^9\text{Li}$ соответственно. Предварительные результаты первого эксперимента направлены в печать, а на-

бранные данные второго эксперимента находятся в стадии анализа.

ПКК с большим интересом заслушал доклад А. С. Парвана «Распределения адронов по поперечному импульсу в неэкстенсивной статистике Цаллиса».

ПКК ознакомился с презентацией 13 постеров молодых ученых из ЛНФ и ЛИТ, отметив лучшие стендовые сообщения: «Т-нечетные угловые корреляции в эмиссии мгновенных гамма-лучей и нейтронов деления урана поляризованными нейтронами», представленное Д. Б. Бериковым, «Измерение выходов гамма-квантов в реакциях типа $(n, x\gamma)$ на установке TANGRA», представленное Н. А. Федоровым, «Изучение методом Монте-Карло систематических ошибок в измерении рассеяния ионов ^{15}N на $^{10,11}\text{B}$ », представленное И. Сатышевым. Доклад Д. Б. Берикова был рекомендован для представления на сессии Ученого совета ОИЯИ в сентябре 2019 г.



ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

Премия им. Н. Н. Боголюбова присуждена:

— доктору физико-математических наук, профессору, члену-корреспонденту РАН Д. И. Казакову (ОИЯИ) за выдающийся вклад в развитие квантовой теории поля, теории перенормировки и ренорм-группы, раскрывающих перенормировочные свойства суперсимметричных теорий поля, за пионерские работы по многопетлевым вычислениям в квантовой теории поля;

— профессору Дам Тхань Сону (Кадановский центр теоретической физики Чикагского университета, США) за достижения в области квантовой хромодинамики, приложений теории струн и дуально-

сти между калибровочной теорией поля и гравитацией, затрагивающие основные вопросы сильно взаимодействующих систем многих тел, за новаторские работы по транспортным коэффициентам, таким как вязкость и проводимость, и по сильно связанным трехмерным калибровочным теориям.

Премия им. Б. М. Понтекорво присуждена Ф. Джанотти (ЦЕРН) за ведущий вклад в экспериментальные исследования фундаментальных взаимодействий и открытие бозона Хиггса.

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ОИЯИ

I. В области теоретической физики

Первая премия

«Теория групп и симметрий. Представления групп Ли и алгебр Ли. Приложения».

Авторы: А. П. Исаев, В. А. Рубаков.

Вторые премии

1. «Изучение реакций многонуклонных передач как метода получения новых тяжелых и сверхтяжелых ядер».

Авторы: А. В. Карпов, В. В. Сайко.

2. «*Ab initio* квантово-химический подход к изучению кристаллического поля и квантового магнетизма в оксидах переходных металлов».

Авторы: Л. А. Сюракшина, В. Ю. Юшанхай, П. Фультде, Л. Хозои, Й. ван ден Бринк.

II. В области экспериментальной физики

Первые премии

1. «Измерение энергетических спектров реакторных антинейтрино в проекте DANSS».

Авторы: В. В. Белов, В. Б. Бруданин, И. В. Житников, С. В. Казарцев, А. С. Кузнецов, Д. В. Медведев, М. В. Фомина, Е. А. Шевчик, М. В. Ширченко, Ю. А. Шитов.

2. «Детальное исследование структуры ${}^6\text{Be}$ в реакции зарядового обмена ${}^1\text{H}({}^6\text{Li}, {}^6\text{Be})n$ ».

Авторы: В. Худоба, Л. В. Григоренко, М. С. Голловков, А. В. Горшков, С. А. Крупко, С. И. Сидорчук, Е. Ю. Никольский, Г. М. Тер-Акопьян, А. С. Фомичев, П. Г. Шаров.

Вторая премия

«Изучение редких и поиск запрещенных распадов заряженных каонов».

Авторы: Е. А. Гудзовский, В. Д. Кекелидзе, Д. Т. Мадигожин, М. Х. Мишева, Ю. К. Потребеников, С. Н. Шкаровский.

III. В области научно-методических исследований

Первая премия

«Разработка, создание и запуск в эксплуатацию циклотрона ДЦ-280 фабрики сверхтяжелых элементов ЛЯР ОИЯИ».

Авторы: Б. Н. Гикал, Г. Г. Гульбежян, С. Н. Дмитриев, И. А. Иваненко, Н. Ю. Казаринов, И. В. Калагин, Н. Ф. Осипов, С. В. Пашенко, Н. Н. Пчелкин, В. А. Семин.

Вторые премии

1. «Оригинальный метод увеличения светосбора со сцинтилляционных детекторов вето-системы эксперимента Mu2e».

Авторы: А. М. Артиков, Ю. А. Будагов, И. И. Васильев, В. В. Глаголев, Ю. И. Давыдов, А. В. Симоненко, Ю. Н. Харжеев, Д. Чохели, Э. К. Дьюкс, К. Групп.

2. «Создание первой очереди центральной трековой системы установки VM@N».

Авторы: А. В. Галаванов, С. Е. Васильев, Е. М. Кулиш, М. Н. Капишин, А. М. Маканькин, А. И. Максичук, С. В. Хабаров.

IV. В области научно-технических прикладных исследований

Первые премии

1. «Применение дифракции нейтронов для изучения трансформации структуры и микроструктуры электродных материалов литий-ионных аккумуляторов в процессе их эксплуатации».

Авторы: И. А. Бобриков, А. М. Балагуров, Н. Ю. Самойлова, С. В. Сумников, О. Ю. Иванышина, Р. Н. Васин.

2. «Исследование закономерностей и механизмов формирования молекулярных нарушений в генетических структурах клеток человека и млекопитающих при действии ускоренных тяжелых ионов низких и промежуточных энергий».

Авторы: А. В. Борейко, Т. С. Буланова, М. Г. Заднепрянец, Е. А. Красавин, Е. А. Круглякова, Е. В. Смирнова, Г. Н. Тимошенко.

Вторая премия

«Нейтронная радиография и томография на импульсном высокопоточном реакторе ИБР-2: создание экспериментальной установки и результаты междисциплинарных прикладных исследований».

Авторы: Д. П. Козленко, С. Е. Кичанов, А. В. Белушкин, Е. В. Лукин, К. Назаров, А. В. Руткаускас, Г. Д. Бокучава, Б. Н. Савенко, И. А. Сапрыкина.

V. Поощрительная премия

«Особенности заселения изомерных состояний в реакциях со слабосвязанными ядрами».

Авторы: Н. К. Скобелев, Ю. Э. Пенионжкевич, С. М. Лукьянов, Ю. Г. Соболев, В. Бурьян, Я. Мразек, Е. Шимечкова, Н. А. Демехина.

ГРАНТЫ

В 2019 г. сотрудники Объединенного института ядерных исследований получили финансовую поддержку Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Российского научного фонда (РНФ), Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ), Министерства науки и высшего образования РФ, Фонда развития теоретической физики и математики БАЗИС для реализации ряда научных проектов.

Российский фонд фундаментальных исследований профинансировал научные проекты ОИЯИ в рамках следующих конкурсов: «Конкурс проектов фундаментальных научных исследований» (22 проекта); «Конкурс научных проектов, выполняемых молодыми учеными ("Мой первый грант")» (8 проектов); «Конкурс на лучшие научные проекты, выполняемые молодыми учеными под руководством кандидатов и докторов наук в научных организациях РФ ("Мобильность")» (7 проектов); «Конкурс на лучшие проекты, выполняемые молодыми учеными ("Эврика! Идея"), проводимый совместно РФФИ и Фондом поддержки научно-проектной деятельности студентов, аспирантов и молодых ученых ("Национальное интеллектуальное развитие")» (1 проект); «Конкурс на лучшие проекты по теме "Фун-

даментальные свойства и фазовые превращения адронной и кварк-глюонной материи: установка класса мегасайенс комплекс NICA" ("Мегасайенс-NICA")» (9 проектов); «Конкурс на лучшие научные проекты междисциплинарных фундаментальных исследований» (2 проекта); «Конкурс ориентированных фундаментальных исследований по актуальным междисциплинарным темам» (1 проект); «Конкурс на лучшие проекты организации научных мероприятий» (2 проекта); «Конкурс на соискание финансовой поддержки для подготовки и опубликования научных обзорных статей» (2 проекта).

Ряд научных проектов ОИЯИ профинансирован РФФИ в рамках международных конкурсов совместно с перечисленными ниже организациями и госучреждениями: Государственным комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Армения (1 проект); Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (1 проект); Национальным научным фондом Болгарии (2 проекта); Департаментом науки и технологии Правительства Индии (3 проекта); Государственным фондом естественных наук Китая (2 проекта); Министерством науки, технологии и окружающей среды Республики Кубы (1 проект); Министерством куль-

туры, образования, науки и спорта Монголии (1 проект); Немецким научно-исследовательским сообществом (2 проекта); Национальным центром научных исследований Франции (3 проекта).

Российский научный фонд профинансировал научные проекты ОИЯИ в рамках конкурсов: «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (6 проектов); «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований международными научными коллективами» (2 проекта); «Проведение инициативных исследований молодыми учеными» (2 проекта);

«Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых» (1 проект); «Проведение исследований на базе существующей научной инфраструктуры мирового уровня» (2 проекта).

По совместному конкурсу исследовательских проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Объединенного института ядерных исследований в 2019 г. профинансировано 5 проектов.

Фондом развития теоретической физики и математики БАЗИС по программе «Научная мобильность» профинансирован один проект по конкурсу «Visitor» («Приглашенный ученый»).

2019

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО**





НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 2019 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 3229 специалистов;

— для совместных работ и консультаций, а также для участия в совещаниях, конференциях, школах в ОИЯИ было принято 1812 специалистов;

— организовано и проведено 43 международных научных конференции и школы, 25 рабочих и 20 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.

С 10 по 29 января сотрудники ОИЯИ приняли участие в физической школе, которая проходила в iThemba LABS (ЮАР). Ежегодно в рамках школы проводится отбор студентов из университетов ЮАР для участия в международной студенческой практике Учебно-научного центра ОИЯИ. На школе профессор А. В. Белушкин рассказал студентам о фундаментальных и прикладных исследованиях ЛНФ ОИЯИ. Сотрудник ЛТФ А. В. Гладышев прочитал лекцию по физике частиц и космологии, а директор УНЦ С. З. Пакуляк познакомил участников с основными направлениями исследований, проводимых в ОИЯИ, а также рассказал о программах подготовки кадров, реализуемых на базе Института.

29 января в Париже (Франция), в штаб-квартире ЮНЕСКО, состоялась торжественная церемония от-

крытия Международного года Периодической таблицы химических элементов (International Year of the Periodic Table of Chemical Elements — IYPT2019). В ней приняли участие министр науки и высшего образования РФ М. М. Котюков, президент РАН А. М. Сергеев, президент Академии наук Франции П. Корволь, генеральный директор ЮНЕСКО О. Азуле.

ОИЯИ представляли директор академик В. А. Матвеев, вице-директор М. Г. Иткис, директор ЛЯР С. Н. Дмитриев, научный руководитель ЛЯР Ю. Ц. Оганесян и ученый секретарь ЛЯР А. В. Карпов. С докладами выступили всемирно известные ученые: Б. Феринга (лауреат Нобелевской премии по химии 2016 г.), сэр М. Полякофф (вице-президент Лондонского королевского общества, автор «Видео о Периодической таблице»), профессор Ю. Ц. Оганесян и другие выдающиеся представители международного научного сообщества.

Всего участниками и гостями открытия Международного года Периодической таблицы в штаб-квартире ЮНЕСКО стали более 1300 человек из 80 стран мира — ученые, политики, руководители международных, научных, образовательных организаций, представители бизнес-компаний и общественных объединений.

В рамках открытия Международного года Периодической таблицы 28–31 января в штаб-квартире ЮНЕСКО была развернута интерактивная выставка, посвященная химии и ее современным достижениям, где гости могли ознакомиться также со стендом ОИЯИ. В программу открытия Международного года в Париже вошли выступления легендарных ученых, нобелевских лауреатов, презентации восходящих звезд науки, интерактивные научные шоу, музыкальные спектакли и др.

6 февраля был дан старт мероприятиям в рамках Международного года Периодической таблицы химических элементов в России. В этот день в Москве, в Президиуме РАН, состоялась церемония открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов, приуроченная ко Дню рос-

сийской науки и дню рождения Д.И. Менделеева. Генеральный партнер Международного года Периодической таблицы химических элементов в России — благотворительный фонд «Искусство, наука и спорт».

Торжественная церемония открылась приветственным словом Председателя Правительства РФ Д.А. Медведева. В ней приняли участие президент РАН А.М. Сергеев, министр науки и высшего образования РФ М.М. Котюков, министр просвещения РФ О.Ю. Васильева, ректор МГУ им. М.В. Ломоносова В.А. Садовничий. В рамках церемонии открытия с лекциями выступили президент РАН академик А.М. Сергеев и вице-президент Лондонского королевского общества сэр М. Полякофф. Среди гостей был первый заместитель министра науки и высшего образования РФ, советник директора ОИЯИ по науке академик Г.В. Трубников. От ОИЯИ на торжественной церемонии присутствовали директор академик В.А. Матвеев, директор ЛЯР С.Н. Дмитриев, научный руководитель ЛЯР академик Ю.Ц. Оганесян и ученый секретарь ЛЯР А.В. Карпов.

В рамках открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов в России действовала мобильная международная экспозиция, посвященная химии и ее современным достижениям, которая ранее была представлена на открытии Международного года в Париже, в штаб-квартире ЮНЕСКО. Стенд ОИЯИ был посвящен синтезу сверхтяжелых элементов и новому ускорителю ДЦ-280. В течение юбилейного года мобильная химическая выставка под эгидой ЮНЕСКО путешествовала по всему миру.

4–8 февраля в ОИЯИ работала 10-я международная стажировка для научно-административного персонала «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS), для участия в которой в Институт прибыли старшие должностные лица и специалисты профильных госучреждений, образовательных и научных организаций из Египта, Польши, России, Румынии, Сербии, Чехии и ЮАР.

По установившейся традиции в программу стажировки входили лекции и презентации о принципах организации, научных исследованиях и направлениях деятельности ОИЯИ, подробное знакомство с исследовательской инфраструктурой и работой всех лабораторий ОИЯИ, а также обзорная лекция по социальной инфраструктуре Института. Работу стажировки завершил круглый стол под председательством вице-директора ОИЯИ Р.Ледницкого, посвященный обсуждению итогов JEMS-10 и вручению дипломов участникам. В круглом столе принял участие чрезвычайный и полномочный посол Арабской Республики Египет И. Наср, прибывший в ОИЯИ в этот день с рабочим визитом.

8 февраля ОИЯИ посетил чрезвычайный и полномочный посол Арабской Республики Египет

И. Наср. В ходе встречи в дирекции ОИЯИ с директором Института академиком В.А. Матвеевым, вице-директором Р.Ледницким, начальником отдела международных связей Д.В. Каманиным состоялось обсуждение дальнейших шагов в рамках дорожной карты развития сотрудничества Египта и ОИЯИ, подписанной в декабре 2018 г. в Каире по итогам 8-го объединенного комитета АРЕ–ОИЯИ. Во встрече участвовали заместитель директора Египетского агентства по атомной энергии (ЕАЕА) Х. Сакр, профессор центра ядерных исследований при ЕАЕА А. Хасан, советник посольства Х. Шаалан и руководитель группы египетских сотрудников в ОИЯИ В. Бадави.

И. Наср также присутствовал на церемонии вручения дипломов участникам 10-й Международной стажировки JEMS для научно-административного персонала. В своем выступлении на круглом столе, завершившем работу JEMS-10, посол, в частности, отметил, что видит большие перспективы для активного развития сотрудничества как с африканскими странами, так и с ОИЯИ в свете создания совместно с российской госкорпорацией «Росатом» первого в Египте энергетического ядерного реактора. Посол также встретился с представителями городских СМИ и прокомментировал итоги своего визита в ОИЯИ.

8 февраля в Доме правительства Московской области губернатором Московской области А.Ю. Воробьевым, ректором МГТУ им. Н.Э. Баумана А.А. Александровым и директором ОИЯИ В.А. Матвеевым было подписано соглашение о сотрудничестве, в соответствии с которым в Дубне откроется Международная инженерная школа.

После подписания документа В.А. Матвеев отметил, что выпускники Международной инженерной школы будут задействованы в реализации проектов Объединенного института ядерных исследований, в частности, в работе фабрики сверхтяжелых элементов, коллайдера NICA, а также на предприятиях ОЭЗ «Дубна».

В честь Дня российской науки губернатор Московской области А.Ю. Воробьев вручил государственные и региональные награды лучшим ученым Подмосковья. Орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени награжден научный руководитель ЛЯР ОИЯИ академик РАН, профессор, доктор физико-математических наук Ю.Ц. Оганесян.

Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» I степени награждены директор ЛРБ ОИЯИ член-корреспондент РАН, профессор, доктор биологических наук Е.А. Красавин, а также директор ЛЯР ОИЯИ профессор, доктор физико-математических наук С.Н. Дмитриев.

12–13 февраля в Дубне прошло очередное, 29-е заседание объединенного комитета по сотрудничеству Национального института физики ядра и физики частиц Франции (IN2P3) и ОИЯИ. С француз-

ской стороны во встрече принимали участие директор IN2P3 Р. Пан, вице-директора по научной работе П. Вердые, Ф. Фарже, Ж. Л. Бьярротт, Ф. Бекманн, начальник отдела международных отношений IN2P3 Т. Палишата. Со стороны ОИЯИ делегацию возглавлял директор В. А. Матвеев.

Состоялся обмен актуальной информацией о научных приоритетах и статусе научных проектов, реализуемых сторонами. Руководители лабораторий ОИЯИ представили краткие доклады о ходе реализации главных проектов Института. Участники обсудили планируемый научный обмен по 20 совместным проектам на 2019 г. Заседание комитета завершилось подписанием ряда соглашений, формализующих проведение совместных работ.

По окончании заседания французская делегация посетила фабрику сверхтяжелых элементов ЛЯР, где особое внимание гостей привлек сепаратор для спектроскопии сверхтяжелых элементов SHELS, поставленный французской высокотехнологичной компанией SigmaPhi. В ЛФВЭ французская делегация осмотрела строящиеся объекты коллайдера NICA и фабрику сверхпроводящих магнитов.

14 февраля в ДМС под председательством Р. В. Джолоса состоялось совместное заседание дирекции и Научно-технического совета ОИЯИ.

О ходе работ по проекту NICA собравшихся проинформировал директор ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе, подробно осветивший главные этапы масштабной работы коллектива лаборатории и коллаборантов из научных центров и предприятий России и других стран. С вопросами к докладчику и комментариями выступили Р. В. Джолос, И. Н. Мешков, В. А. Матвеев.

По предложению председателя НТС в преддверии 125-й сессии Ученого совета участники заседания обсудили важнейшие научные результаты лабораторий для представления их в обзорном докладе директора Института.

Директор ЛНФ В. Н. Швецов отметил ряд проблем в работе базовой установки реактора ИБР-2 и меры по их преодолению, сообщил о завершении пятилетней работы по созданию нового подвижного отражателя ПО-3, работе по совершенствованию пользовательской программы лаборатории, назвал наиболее яркие научные работы 2018 г., рассказал о ходе модернизации установки ИРЕН, а также о развитии инновационной деятельности. С комментариями выступили А. И. Малахов, В. А. Матвеев.

Обзор ряда значимых результатов, полученных в ЛРБ, представил директор лаборатории Е. А. Красавин. Докладчик, в частности, отметил, что в области радиационной терапии предложен и исследуется новый метод повышения биологической эффективности медицинского пучка протонов. Первые результаты были доложены президенту РАН А. М. Сергееву и генеральному директору

ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава РФ академику А. Д. Каприну. Создается новая коллаборация по применению этого метода в медицинской практике. В обсуждении доклада приняли участие В. Н. Швецов, Д. В. Наумов, Р. Ценов, И. Н. Мешков, А. И. Малахов.

15 февраля в Доме культуры «Мир» прошел гала-фестиваль чешско-словацкой культуры. Собравшихся в большом зале ДК приветствовали вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки, представители посольства Словакии в Москве и Чешского культурного центра, организатор фестиваля со стороны чешской национальной группы в ОИЯИ П. Доғнал. Концертную программу открыли выступления творческих коллективов Дубны: академического хора ДК «Мир» «Бельканто», исполнившего русскую народную песню и словацкую польку, и детского танцевального коллектива Центра детского творчества «Веселая академия».

В выставочном зале вниманию посетителей были представлены две художественные выставки: акварели «Три дня в Праге» и иллюстрации детских книг «12 миров», предоставленные Чешским культурным центром в Москве. Была организована выставка книги «Похождения бравого солдата Швейка» Я. Гашека из частных библиотек, а также выставка книг, подаренных авторами Универсальной библиотеки ОИЯИ.

Перед началом концерта словацкой фольклорной группы зрители могли познакомиться со словацкими национальными музыкальными инструментами. Фольклорные номера словацкого ансамбля сопровождалась красочными роликами, знакомившими с архитектурными достопримечательностями и неповторимыми природными красотами Словакии и Чехии.

21 февраля ОИЯИ посетила делегация из Республики Замбии (РЗ) во главе с министром иностранных дел Дж. Маланджи. В составе делегации в Дубну также прибыли посол Замбии в РФ Ш. Лувита, старший исполнительный директор Корпорации промышленного развития Замбии М. Калуба, представители МИД РЗ, администрации президента РЗ, посольства РЗ в России и Корпорации промышленного развития Замбии в сопровождении представителей МИД РФ.

Гости совершили экскурсию в ЛНФ и ЛЯР. На состоявшейся рабочей встрече с руководством ОИЯИ стороны обсудили организацию сотрудничества по вопросам, связанным со строительством в Замбии первого исследовательского реактора и Центра ядерной науки и технологии, а также возможности по подготовке кадров на базе ОИЯИ.

23 февраля ОИЯИ посетила делегация из Республики Уганды (РУ) во главе с министром науки, технологии и инноваций Э. Тумвесигие. В состав делегации входили представители министерства, госструктур, промышленных и научных организаций РУ, а

также советник-посланник посольства Уганды в РФ Р. Гидеон Мвебазе. В Дубну делегация прибыла в сопровождении ответственных руководителей Министерства науки и высшего образования РФ и рабочей группы российско-угандийской межправительственной комиссии.

Делегацию Уганды приветствовал вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис. В ходе экскурсии в ЛНФ гости ознакомились с возможностями исследовательского реактора ИБР-2 и с особенностями применения метода нейтронного активационного анализа на установке РЕГАТА в проектах по мониторингу окружающей среды, побывали в ЛЯР на фабрике сверхтяжелых элементов.

Рабочая встреча делегации с представителями ОИЯИ была посвящена обсуждению возможных форматов и механизмов участия Уганды в деятельности ОИЯИ, в том числе в международных образовательных программах.

С 25 февраля по 5 марта в Гаване (Куба) находилась группа сотрудников ОИЯИ под руководством вице-директора Б. Ю. Шаркова с целью ознакомления с задачами и возможностями Центра передовых исследований Кубы и обсуждения планов сотрудничества и совместных исследований.

Основной задачей Центра передовых исследований Кубы являются исследования и разработки в области нанонауки и нанотехнологий. Лаборатории центра имеют «чистые комнаты», оснащенные новейшим аналитическим оборудованием, включая установки для сканирующей и флуоресцентной микроскопии, жидкостной хроматографии, масс-спектрометрии и др.

В результате переговоров были определены направления совместных работ в области получения и исследования новых наноматериалов с помощью ионно-трековой технологии, применения трековых мембран в биомедицине, фармацевтической промышленности, сельском хозяйстве и при очистке воды; изучения структуры и свойств наночастиц в биологических объектах; применения ядерных методов, включая синхротронное излучение и пучки нейтронов для определения свойств наночастиц; в области математического моделирования наноструктур и высокопроизводительных вычислений, а также выработаны планы по совместной подготовке научных кадров.

Состоялись рабочие встречи представителей ОИЯИ с сотрудниками Национального центра биопрепаратов и Кубинского центра нейронауки, а также с первым заместителем министра науки, технологий и окружающей среды Республики Кубы Ф. Гонсалесом и послом Российской Федерации на Кубе А. А. Гуськовым.

26 февраля состоялось совещание организационного комитета ОИЯИ по вопросам самостоятельного присуждения Институтом ученых степеней, в

работе которого приняли участие директор Департамента аттестации научных и научно-педагогических работников Минобрнауки России С. И. Пахомов, заместитель директора департамента Е. А. Логинова и главный ученый секретарь Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Минобрнауки России И. М. Мацкевич.

На совещании обсуждались общие вопросы системы государственной аттестации научных и научно-педагогических кадров в Российской Федерации, опыт организаций-участников пилотного проекта по самостоятельному присуждению ученых степеней и ход формирования новой системы защит диссертаций в ОИЯИ. Директор департамента дал положительную оценку степени готовности проектов нормативных документов ОИЯИ, регламентирующих право Института по самостоятельному присуждению ученых степеней.

Представители департамента и ВАК посетили ускоритель ДЦ-280 в ЛЯР. В ЛФВЭ гости совершили экскурсию на строительную площадку коллайдера NICA, фабрику сверхпроводящих магнитов, посетили здание нуклотрона и участок сборки элементов бустера для комплекса NICA.

6 марта состоялась конференция коллектива ОИЯИ по проверке хода выполнения «Коллективного договора Объединенного института ядерных исследований на 2017–2020 гг.». На конференции выступили директор ОИЯИ В. А. Матвеев и председатель ОКП В. П. Николаев.

Директор ОИЯИ В. А. Матвеев проинформировал об основных результатах деятельности Института в 2018 г., о выполнении решения об увеличении бюджета, о подготовке новых нормативных документов: Положения о персонале, Положения о корректировке бюджета, документа о системе закупок. В стадии разработки — стратегия развития Института до 2030 г., согласованная с мировыми тенденциями развития науки. Активно работает Общественный совет по взаимодействию с органами местного самоуправления. Особое внимание докладчик уделил деятельности по развитию социальной инфраструктуры ОИЯИ: решению жилищных проблем сотрудников Института, проблем с медицинским обслуживанием.

Участниками конференции была заслушана подробная информация о выполнении Коллективного договора Объединенного института ядерных исследований на 2017–2020 гг. в 2018 г., представленная председателем ОКП В. П. Николаевым. Было решено считать обязательства, принятые сторонами по Коллективному договору Объединенного института ядерных исследований на 2017–2020 гг., в 2018 г. выполненными.

По предложению делегатов ОКП было поручено подготовить и направить обращения: главе города

с просьбой обеспечить выполнение решений Общественного совета ОИЯИ по вопросу благоустройства набережной реки Волги; в Министерство здравоохранения Московской области — с просьбой принять меры по созданию условий для обеспечения качества и доступности медицинской помощи в МСЧ-9, соответствующей действующим нормативным документам (по согласованию с руководством Института и МСЧ-9).

14–15 марта в ДМС проходило заседание секции ядерной физики Отделения физических наук РАН, посвященное научно-технологической и производственной кооперации по разработке и созданию на территории Российской Федерации исследовательской инфраструктуры класса мегасайенс. Предыдущие заседания секции по данной проблематике проводились в российских федеральных ядерных центрах ВНИИТФ (Снежинск, октябрь 2017 г.) и ВНИИЭФ (Саров, июнь 2018 г.).

В ходе заседания были заслушаны доклады и рассмотрены результаты по физике высоких энергий и мегапроекту NICA, проблемам развития вычислительных технологий, физике нейтрино, ядерной физике и физике нейтронов, ускорителям заряженных частиц, технике физического эксперимента, прикладным работам. Участники заседания побывали на экскурсии в ЛФВЭ, где ознакомились со строящимся ускорительным комплексом NICA, а также посетили фабрику сверхтяжелых элементов в ЛЯР.

В число докладчиков вошли ведущие ученые и специалисты российских научных центров. С докладами о проектах ОИЯИ на заседании выступили: И. Н. Мешков («Проект NICA»), В. Л. Аксенов («Дубненский источник нейтронов четвертого поколения»), Ю. Ц. Оганесян («Федеральный проект "Синтез и свойства сверхтяжелых элементов"»), Л. В. Григоренко («Интенсивные пучки радиоактивных ионов для исследований по физике экзотических ядер»).

25 марта в рамках сессии КПП ОИЯИ в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова состоялось торжественное открытие экспериментального корпуса фабрики сверхтяжелых элементов и запуск базовой установки фабрики — нового циклотрона ДЦ-280.

К участникам сессии и гостям, а также представителям центральных и дубненских СМИ, собравшимся перед входом в корпус фабрики СТЭ, в котором разместился циклотрон ДЦ-280, с краткой речью обратился директор ОИЯИ В. А. Матвеев: «Сегодня таблица Менделеева, как мы знаем, уже насчитывает 118 элементов. И учеными нашего Института их открыто десять. Конечно, это огромный успех нашего многонационального коллектива и тех ученых, которые стояли у истоков этого направления. Это и Георгий Николаевич Флеров, и Юрий Цолакович Оганесян, их имена теперь навсегда запеча-

тлены в названиях новых элементов таблицы Менделеева — флеровий и оганесон. А 115-й назван московием в знак благодарности Московскому региону, где созданы такие замечательные условия для работы. Прошу всех принять участие в этом замечательном событии — пуске уникального ускорительного комплекса ДЦ-280».

В церемонии разрезания символической красной ленты у входа в здание ускорителя приняли участие директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, полномочный представитель правительства России в ОИЯИ министр науки и высшего образования РФ М. М. Котюков, полномочный представитель правительства Болгарии Л. Костов, который был председателем КПП во время реализации всего проекта, директор департамента научной политики ЮНЕСКО П. Э. Оти-Боатенг и президент Совета ЦЕРН У. Басслер.

После посещения ускорительного зала и осмотра нового циклотрона участники презентации были приглашены в конференц-зал ЛЯР, где перед собравшимися с докладом об истории синтеза сверхтяжелых элементов и перспективах, отрывающихся в связи с пуском фабрики СТЭ, выступил научный руководитель лаборатории академик Ю. Ц. Оганесян.

Торжественный пуск ДЦ-280 был осуществлен в режиме видеосвязи с пультовой циклотрона. Команду запустить циклотрон дал В. А. Матвеев. Процессом ускорения и трассировки пучка руководил С. Н. Дмитриев, который после демонстрации выведенного пучка на люминофоре объявил о состоявшемся запуске нового ускорителя ОИЯИ циклотрона ДЦ-280.

В своем поздравительном слове М. М. Котюков, в частности, сказал: «Я очень рад, что мы присутствуем при этом знаменательном событии. Это результат нашей общей с вами совместной работы. Это огромная заслуга коллектива Института, который в достаточно сжатые сроки смог получить такой серьезный результат. Это решение — сплав науки, инженерной мысли и самых передовых на сегодняшний день технологий. Это результат большого международного научно-технического сотрудничества. Это наша с вами общая большая победа — ученых, инженеров, мастеров, технологов. Я не сомневаюсь, что интерес к тому, что будет происходить в Дубне, с каждым годом будет только нарастать. Не сомневаюсь, что этот проект принесет нам много новых и позитивных решений и достижений. И это не последний, а лишь один из последних элементов развития Объединенного института ядерных исследований и науки в России...».

С поздравлениями по поводу знаменательного события в Объединенном институте выступили гости из ЮНЕСКО и ЦЕРН П. Э. Оти-Боатенг и У. Басслер, а также глава Дубны М. Н. Данилов.

Последним пунктом повестки сессии КПП стало торжественное открытие перед главным входом в

административный корпус ЛЯР аллеи им. академика Анджея Хрынкевича — известного польского ученого, чья жизнь была тесно связана с Дубной, а научная биография — с Лабораторией ядерных реакций. К этому событию был приурочен выпуск фотобуклета «Анджей Хрынкевич. 1925–2016» с текстами воспоминаний М. Будзинского, М. Валигурского, В. Хмельовского, Ю. Ц. Оганесяна, М. Г. Иткиса, подготовленный сотрудниками научно-информационного отдела и изданный издательским отделом ОИЯИ.

26 марта в Доме культуры «Мир» прошел торжественный вечер, посвященный празднованию 63-й годовщины образования Объединенного института ядерных исследований. В зале собрались участники сессии Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ, гости из посольств и руководители научных центров стран-участниц и сотрудничающих с ОИЯИ стран, представители дипломатических миссий, администрации города, руководители дубненских предприятий, ветераны, сотрудники Института и жители Дубны.

Участников вечера приветствовал директор ОИЯИ академик РАН В. А. Матвеев. Он отметил последние достижения Института, которые были высоко оценены КПП: открытие корпуса фабрики сверхтяжелых элементов и запуск циклотрона ДЦ-280, введение в строй четвертого кластера нейтринного глубоководного телескопа на озере Байкал, начало работы созданной в конце прошлого года в сотрудничестве университетов «Дубна» и МГТУ им. Н. Э. Баумана инженерной школы, подписание губернатором Московской области А. Ю. Воробьевым решения о создании в Дубне областного физико-математического лицея им. В. Г. Кадышевского.

Праздник продолжила традиционная церемония награждения учителей школ города, победивших в конкурсе на гранты ОИЯИ. В 2019 г. в конкурсе участвовали 18 педагогов из школ города, по решению жюри под председательством В. А. Матвеева были выбраны 10 лучших из них: Л. А. Балакшина (лицей «Дубна», физика), Л. Г. Барминская (лицей № 6, информатика), Н. В. Михалева (гимназия № 11, математика), С. Э. Моисеева (школа № 10, математика), И. А. Смирнова (гимназия № 8, физика), Е. А. Степанова (школа «Диалог», педагог дополнительного образования), Н. М. Трусова (школа № 1, химия), М. С. Федосеева (гимназия № 3, информатика), М. Б. Чуринова (школа № 7, начальные классы), О. В. Шахалова (лицей «Дубна», биология).

Кульминацией празднования стало выступление Государственного академического большого симфонического оркестра им. П. И. Чайковского под управлением Д. Лотова.

2 апреля в г. Седжон (Южная Корея) накануне открытия первого международного рабо-

чего совещания по экспериментам первого дня (<https://indico.ibs.re.kr/event/285/overview>) на комплексе RAON (Rare isotope Accelerator complex for ON-line experiment, г. Тэджон, Южная Корея) состоялось знаменательное событие: был подписан протокол о сотрудничестве между ОИЯИ и Корейским университетом.

Торжественная церемония явилась результатом многолетнего сотрудничества между учеными институтов двух стран и логичным продолжением курса, сформировавшегося во время визита корейских делегаций в ОИЯИ в августе и декабре 2018 г. В мероприятии принимали участие сотрудники ЛЯР Е. Ю. Никольский, Л. В. Григоренко и А. С. Фомичев, которые выступили с докладами о проведении экспериментов с использованием радиоактивных пучков.

Корейская делегация была представлена на высоком уровне в лице вице-президента университета профессора Чён-О Ана и его коллег. После подписания протокола прошла конструктивная дискуссия о планах дальнейшей совместной работы и обмен сувенирами.

3 апреля в Дубне состоялось заседание рабочей группы РФ–Китай по участию Китая в мегасайенс-проекте NICA. Сопредседателями заседания были заместитель директора Института физики плазмы Академии наук Китая доктор Юнтао Сонг и вице-директор ОИЯИ, руководитель проекта NICA профессор В. Д. Кекелидзе.

В. Д. Кекелидзе кратко проинформировал участников о статусе проекта NICA и структуре коллабораций VM@N и MPD.

Членами рабочей группы был рассмотрен список, включающий 8 совместных проектов, реализация которых намечена на 2019–2021 гг., и отобрано четыре наиболее приоритетных проекта с запланированным началом финансирования в 2019 г. Также на заседании в Дубне был подготовлен проект Соглашения между ОИЯИ и Министерством науки и технологий КНР по участию Китая в реализации проекта NICA, возможность подписания которого обсуждалась днем ранее на проходившем в Москве 11-м заседании рабочей группы по высоким технологиям и инновациям российско-китайской подкомиссии по научно-техническому сотрудничеству с участием представительной делегации Министерства науки и технологий КНР.

4 апреля ОИЯИ с ознакомительным визитом посетили министр образования и науки Республики Армения А. Арутюнян и министр транспорта, связи и информационных технологий РА А. Аршакян. В дирекции Института высоких гостей приветствовали директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, вице-директор М. Г. Иткис, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин и старший научный сотрудник ЛЯП Г. Торосян.

Гостям была предоставлена информация о принципах организации ОИЯИ, направлениях его научной деятельности в целом, а также о текущих проектах, реализуемых в рамках сотрудничества Армения–ОИЯИ. В частности, речь шла о проведении калибровочных работ с кристаллами годоскопического электромагнитного калориметра для эксперимента Mu2e (Фермилаб) на пучках ЛУЭ-75 Ереванского физического института в диапазоне энергий 15–75 МэВ, а также о совместной разработке аппаратно-программного комплекса для сети из нескольких синхронизированных ПЛИ (ПЛИ — прецизионный лазерный инклинометр — уникальный прибор, разработанный в ОИЯИ), ее размещении в Армении и анализе данных применительно к задаче предсказания землетрясений.

В ходе встречи стороны отметили, что нынешнее плодотворное сотрудничество имеет широкие перспективы для дальнейшего развития, в том числе в плане подготовки молодых армянских ученых на базе ОИЯИ, а также участия армянских студентов и преподавателей в образовательных программах ОИЯИ. Также была отмечена необходимость рассмотрения новых направлений взаимодействия в формате долгосрочных планов.

Гости побывали в Лаборатории ядерных реакций, посетили новый экспериментальный корпус фабрики сверхтяжелых элементов в сопровождении главного инженера ЛЯР Г. Г. Гульбекяна, осмотрели циклотрон ДЦ-280, а также встретились с научным руководителем ЛЯР академиком Ю. Ц. Оганесяном и обсудили перспективные направления сотрудничества в русле программы научных исследований лаборатории.

5 апреля в Доме ученых ОИЯИ состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ под председательством Р. В. Джолоса.

Директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев открыл заседание информацией об итогах сессий Финансового комитета и КПП ОИЯИ. Он, в частности, отметил, что наряду с обоснованием основных положений следующего семилетнего плана развернута большая работа по определению долгосрочной стратегии развития ОИЯИ. Ряд озвученных директором вопросов, связанных с выполнением Семилетней программы ОИЯИ, по кадровому обеспечению, притоку молодежи, развитию социальной инфраструктуры, росту заработной платы вызвал оживленное обсуждение.

О работе международного комитета ЦЕРН по обновлению европейской стратегии по физике частиц доложил вице-директор ОИЯИ профессор В. Д. Кекелидзе, который вместе с вице-директором ОИЯИ академиком Б. Ю. Шарковым входит в состав европейской стратегической группы, созданной для координации процесса подготовки данного документа. Помимо основных научно-исследовательских

направлений в обновленную европейскую стратегию войдут такие вопросы, как привлекательность физики частиц для молодежи с учетом долгих сроков реализации проектов, сохранение индивидуальности ученого в больших коллаборациях и др. Окончательный план программы должен быть предложен на рассмотрение Совета ЦЕРН в марте 2020 г. Докладчик отметил, что российский вклад в процесс разработки европейской стратегии отражен в документе, в котором показана роль ОИЯИ. В частности, речь идет о совместных работах по модернизации ускорительной базы ЦЕРН, интеграции физики частиц с астрофизикой, развитию исследований на базе комплекса NICA и ряде других направлений. С вопросами и комментариями на заседании выступили Р. Ценов, Р. Ледницки, И. Н. Мешков, Ю. Ц. Оганесян.

С информацией о ходе разработки Положения о персонале участников заседания ознакомил руководитель управления персоналом А. В. Рузаев. Он сообщил, что в работе над документом, начатой по решению КПП в конце 2016 г., приняли участие члены рабочей группы при председателе КПП, члены НТС ОИЯИ, руководители национальных групп. В ноябре новый проект Положения о персонале запланировано представить на сессии КПП.

О ходе подготовки Положения о научно-исследовательских и образовательных программах сотрудничества с институтами и университетами стран-участниц ОИЯИ доложил главный ученый секретарь Института профессор А. С. Сорин.

С комментариями по представленной информации на заседании совета выступили Р. В. Джолос, С. Н. Неделько, С. Н. Дмитриев, И. Н. Мешков, М. Г. Иткис.

16–17 апреля в Дубне проходило 3-е коллаборационное совещание по экспериментам MPD и VM@N на установке NICA, на котором были рассмотрены вопросы международного сотрудничества, связанные с процессом создания экспериментальных установок MPD и VM@N в ходе реализации мегасайенс-проекта NICA. Участники совещания — ученые и специалисты из многих стран — посетили строительную площадку, прошли через туннель для магнитной структуры в павильон, где будет находиться детектор MPD — в точке столкновения пучков коллайдера NICA.

На совещании по эксперименту MPD в докладах участников содержались подробные отчеты о текущем состоянии конструкции подсистем детектора, моделировании и ожидаемых характеристиках установки, а также обсуждалась физическая программа эксперимента.

Многоцелевой детектор MPD создается для изучения свойств горячей и плотной ядерной материи, образованной при соударениях тяжелых ионов высоких энергий, в частности, для поиска эффектов, связанных с деконфайнментом. MPD предназначен

для исследования свойств фазовых переходов и смешанной адронной и кварк-глюонной фазы.

В целом, по мнению участников совещания, создание детектора MPD продвигается, как и ожидалось. Моделирование отклика детекторов показало, что установка очень хорошо подходит для проведения измерений, являющихся основными для выполнения физической программы эксперимента MPD. Будет детально изучено рождение легких мезонов и барионов с отличной идентификацией частиц. Трековая система установки позволит провести исследование рождения странных барионов. Ожидается, что с помощью детекторов TPC и TOF в эксперименте будет зафиксировано рождение особенно большого количества гиперядер. Электромагнитный калориметр обеспечит детальное изучение характеристик рождения дилептонов, а также тяжелых лептонов и частиц, содержащих тяжелые кварки. Адронный форвард-калориметр позволит изучить общие характеристики события, а также определить плоскость события, что важно для проведения исследований коллективного потока и измерения корреляций. В заключение участники совещания обсудили насыщенную физическую программу эксперимента MPD.

На заседании по эксперименту VM@N (барионная материя на нуклотроне) были представлены последние результаты анализа экспериментальных данных, полученных с использованием релятивистских пучков ионов углерода, аргона и криптона. Зарегистрировано около 150 миллионов событий, анализ которых позволит получить информацию о продуктах взаимодействия пучков ионов «средней» тяжести с различными мишенями. Целью эксперимента VM@N является изучение взаимодействия пучков релятивистских тяжелых ионов с фиксированными мишенями. Много внимания было уделено обсуждению статуса работ, необходимых для подготовки детектора VM@N к экспериментальной программе с тяжелыми ионами. Немалый интерес вызвал доклад научных партнеров эксперимента VM@N о статусе проекта SRC. Исследования по поиску короткодействующих корреляций проходят с использованием детекторных подсистем установки VM@N.

Участниками совещания был отмечен явный прогресс как в области анализа экспериментальных данных, так и в подготовке установки VM@N к будущим сеансам.

18 апреля ОИЯИ посетила делегация Министерства науки, технологии и окружающей среды Республики Кубы и посольства Республики Кубы в РФ, возглавляемая первым заместителем министра науки, технологии и окружающей среды Кубы Ф. Гонсалесом и советником посольства Кубы в РФ В. Ичманом.

В дирекции ОИЯИ делегацию приветствовали вице-директор академик Б. Ю. Шарков, главный уче-

ный секретарь А. С. Сорин, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин и начальник сектора ЛЯР А. Н. Нечаев. Стороны обсудили перспективы развития сотрудничества Кубы и ОИЯИ, в частности, новые проекты в области ядерной медицины и ядерных технологий, вопросы подготовки кадров, а также долю участия ОИЯИ в развитии строящегося Центра передовых исследований Кубы, который в марте 2019 г. посетила рабочая группа ОИЯИ. Кубинская сторона выразила заинтересованность в разработке долгосрочного плана участия Кубы в научной деятельности ОИЯИ в рамках подготовки стратегии развития ОИЯИ до 2030 г., а также в усилении присутствия кубинских ученых в Объединенном институте.

В завершение визита кубинская делегация посетила Лабораторию ядерных реакций, где гости ознакомились с наноцентром и фабрикой сверхтяжелых элементов, а также Лабораторию радиационной биологии. Состоялась краткая встреча делегации с кубинскими сотрудниками ОИЯИ.

18–19 апреля проходил двухдневный визит в Дубну межведомственной делегации из Социалистической Республики Вьетнам. В составе делегации во главе с заместителем министра науки и технологий СРВ Чан Ван Тунгом были вице-президент провинции Донгнай, президент Вьетнамского института атомной энергии (ВИНАТОМ) Чан Ти Тхань, а также представители административных и партийных органов управления и провинции Донгнай, ответственные сотрудники Министерства науки и технологий и ВИНАТОМ. Визит был подготовлен в рамках продолжающихся консультаций о сотрудничестве между ОИЯИ и руководством ВИНАТОМ в ходе реализации проекта Госкорпорации «Росатом» по строительству исследовательского реактора во Вьетнаме.

Вьетнамская делегация посетила Лабораторию физики высоких энергий, Лабораторию ядерных реакций и фабрику сверхтяжелых элементов. В ЛЯР состоялась встреча с коллективом вьетнамских сотрудников ОИЯИ. В Лаборатории нейтронной физики после знакомства с исследовательскими возможностями реактора ИБР-2 и комплекса спектрометров для гостей был организован круглый стол с представителями руководства и ведущими учеными лаборатории.

Подведению итогов визита была посвящена встреча делегации с представителями руководства ОИЯИ во главе с вице-директором М. Г. Иткисом. По окончании встречи подписано трехстороннее соглашение о сотрудничестве в области проведения научных исследований и подготовки научно-технических кадров, сторонами подписания которого выступили ОИЯИ, полномочный представитель правительства Вьетнама в ОИЯИ и ВИНАТОМ.

22 апреля в Доме ученых ОИЯИ состоялась встреча научной делегации из Казахстана с моло-

дыми специалистами, работающими в ОИЯИ. Делегацию возглавляли профессор К. К. Кадыржанов, директор филиала Института ядерной физики в городе Нур-Султан М. В. Здоровец и заведующий лабораторией прикладного и теоретического материаловедения Института ядерной физики С. Б. Кислицин. Казахских коллег приветствовал вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис и руководитель национальной группы сотрудников РК в ОИЯИ Д. Т. Азнабаев.

Встреча была посвящена результатам, полученным в 2018 г. казахстанскими сотрудниками в составе научных групп лабораторий ОИЯИ, в целях оценки перспективности данных исследований для развития науки в Республике Казахстан. Сегодня в ОИЯИ работает более 100 молодых ученых и специалистов из Казахстана, которые занимаются научными исследованиями в различных областях ядерной и нейтронной физики, ускорительной техники, радиационного материаловедения, а также изучают информационные и облачные технологии, принимают активное участие в крупных международных проектах и т. д.

14 мая Лабораторию информационных технологий посетили представители дирекции ОИЯИ во главе с директором академиком В. А. Матвеевым, а также руководители подразделений управления Института для ознакомления с ходом работ по модернизации суперкомпьютера «Говорун».

Директор ЛИТ В. В. Кореньков проинформировал собравшихся о том, что пройден запланированный этап модернизации суперкомпьютера для эксперимента NICA, благодаря чему существенно улучшена скорость обработки и моделирования данных для проведения теоретических расчетов и для моделирования событий на детекторе MPD. В. В. Кореньков рассказал о проделанной работе по модернизации компьютерных сетей, созданию новой высокоскоростной опорной сети, связывающей все лаборатории Института, и уникального сверхскоростного канала (400 Гбит/с с возможностью расширения до 800 Гбит/с) для проекта NICA, а также познакомил с масштабными планами лаборатории по развитию многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ. Он отметил, что одним из важнейших элементов в современной системе обработки данных является система долговременного хранения. Для этой цели используются ленточные библиотеки или ленточные роботы. Один такой робот используется в лаборатории для комплекса Tier-1, также запланировано приобретение следующего ленточного робота, который будет использоваться как для эксперимента CMS на LHC в ЦЕРН, так и для экспериментов в мегапроекте NICA.

Представители дирекции побывали в технических помещениях лаборатории, где ознакомились с единым комплексом инженерной инфраструктуры, включающим дизель-мотор-генераторы, си-

стемы бесперебойного питания, системы климат-контроля, системы охлаждения. В. В. Кореньков сообщил о ходе решения вопросов подготовки кадров для обслуживания современной техники: проведении курсов, тренингов, в том числе для стран-участниц ОИЯИ в рамках студенческих школ и конференций.

17 мая ОИЯИ посетил президент Азиатско-Тихоокеанского центра теоретической физики (АРСТР) Юн Кью Пан. АРСТР — международная неправительственная исследовательская организация, объединяющая 17 стран Азиатско-Тихоокеанского региона, страной местопребывания которой является Южная Корея. В Дубну Юн Кью Пан прибыл в сопровождении координатора по сотрудничеству АРСТР–ОИЯИ Джи Хеон Ким.

Гостям была представлена обзорная лекция об ОИЯИ. Делегация посетила Лабораторию физики высоких энергий, где ознакомились с ходом работ по реализации мегапроекта NICA, а также фабрику сверхтяжелых элементов в Лаборатории ядерных реакций. В Лаборатории теоретической физики состоялась встреча с руководством, в ходе которой обсуждались возможности развития кооперации, в частности, расширение участия молодых корейских ученых в научных школах ЛТФ.

В дирекции Института гостей приветствовал академик В. А. Матвеев. Отмечен высокий уровень сотрудничества ОИЯИ с АРСТР начиная с 2007 г., а также с Республикой Кореей, ярким примером чего является подписанное в апреле 2019 г. соглашение с Университетом Кореи в области ускорительной техники и ядерной физики. Стороны обсудили возможные направления расширения сотрудничества как по линии теоретической физики, так и в более широком формате. По окончании встречи подписан план сотрудничества в области совместных научных исследований, академического обмена и подготовки молодых кадров.

24 мая ОИЯИ посетил президент Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ) академик Тьяу Ван Минь. В состав вьетнамской делегации входили руководитель отдела международных связей ВАНТ Нинь Кхак Бан, руководитель планово-финансового отдела ВАНТ Ле Чьонг Зянг, директор Института космических технологий ВАНТ Буй Чонг Туен, а также полномочный представитель правительства Социалистической Республики Вьетнам в ОИЯИ Ле Хонг Кхьем.

В ходе встречи с представителями дирекции ОИЯИ вьетнамская делегация обсудила вопросы развития сотрудничества научных организаций Вьетнама и ОИЯИ, а также проведения во Вьетнаме в ноябре 2019 г. заседаний Финансового комитета, Комитета полномочных представителей государственных ОИЯИ и международной научной конференции. Подчеркнута особая важность подготовки молодых высококвалифицированных кадров на базе

ОИЯИ в свете реализации во Вьетнаме крупного проекта по строительству исследовательского реактора. Во встрече также приняли участие представители национальной группы вьетнамских сотрудников в ОИЯИ.

Итогом встречи стало подписание обновленного рамочного соглашения о сотрудничестве между ВАНТ и ОИЯИ в области проведения научных исследований, подготовки научно-технических кадров и обмена научными визитами, а также согласование плана запуска совместных научно-исследовательских проектов ВАНТ и ОИЯИ.

Гости из Вьетнама совершили экскурсию в Лабораторию нейтронной физики, Лабораторию ядерных проблем и Лабораторию ядерных реакций.

31 мая Объединенный институт с рабочим визитом посетила делегация из г. Хэфэй Китайской Народной Республики: председатель правления Хэфэйской промышленной инвестиционной группы Юн Фэншань, директор научно-технического управления г. Хэфэй Хуан Чуньин, заместитель директора Института физики плазмы (ASIPP) Китайской академии наук (КАН) Юнтао Сонг, начальник отдела научно-технического управления г. Хэфэй Хун Фан, начальник отдела Хэфэйской промышленной инвестиционной группы Ван Сичэнь, административный директор Хэфэйского ионного медицинского центра Лю Лу.

Китайская делегация встретилась с помощником директора ОИЯИ членом-корреспондентом РАН Г. Д. Ширковым, начальником отдела международных связей ОИЯИ Д. В. Каманиным и директором Лаборатории радиационной биологии членом-корреспондентом РАН Е. А. Красавиным. Большой интерес гостей из Китая вызвала информация профессора Е. А. Красавина о направлениях научных исследований ЛРБ в области биофизики и протонной терапии. Стороны обсудили возможности развития сотрудничества в сфере ускорительной техники и радиационной медицины. Кроме того, китайская сторона выразила заинтересованность в расширении научных связей в рамках проекта NICA. В качестве нового перспективного направления развития взаимодействия отмечен обмен научными визитами молодых ученых ОИЯИ и научных центров Хэфэя.

Китайская делегация посетила фабрику сверхпроводящих магнитов и строящийся комплекс коллайдера NICA в ЛФВЭ, а также ознакомилась с возможностями и перспективами развития медикотехнического комплекса Лаборатории ядерных проблем.

Со 2 по 4 июня проходил визит в ОИЯИ президента Болгарской академии наук (БАН) академика Ю. Ревалского, прибывшего в Дубну в сопровождении главного ученого секретаря БАН Е. Пашевой и ученого секретаря БАН в направлении «Энер-

гетические ресурсы и энергетическая эффективность» С. Димитровой. В ходе визита болгарскую делегацию сопровождал ведущий научный сотрудник ЛТФ ОИЯИ П. Физиев.

В дирекции ОИЯИ президента БАН приветствовал директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев. Во встрече приняли участие начальник отдела международных связей Д. В. Каманин и заместитель директора ЛФВЭ Р. Ценов.

Стороны обсудили возможности развития взаимодействия, в частности перспективность организации совместных проектов по биофизике и вычислительной математике, а также отметили необходимость привлечения в науку молодежи и важность налаживания академического обмена молодыми учеными. Ю. Ревалски передал В. А. Матвееву официальное приглашение принять участие в торжественных мероприятиях по случаю 150-летия Болгарской академии наук в октябре 2019 г.

Болгарские гости посетили Лабораторию ядерных реакций, Лабораторию физики высоких энергий и Лабораторию нейтронной физики, прослушали лекции ведущих ученых, встретились с руководством Лаборатории информационных технологий и Лаборатории радиационной биологии. Для болгарской делегации была также организована встреча с болгарскими сотрудниками ОИЯИ и обзорная экскурсия по Дубне.

3–7 июня в ОИЯИ проходила 12-я международная стажировка для научно-административного персонала «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS-12), участие в которой приняли представители научных организаций Болгарии, Вьетнама, России, Румынии, Словакии и ЮАР, а также, впервые, Казахстана.

Программа стажировки включала обзорные экскурсии, лекции ведущих ученых ОИЯИ по всем направлениям научной деятельности Института, посещение ключевых объектов научной инфраструктуры лабораторий ОИЯИ, встречи и обсуждения с руководителями и ведущими специалистами лабораторий. В заключительный день состоялся круглый стол, на котором были подведены итоги международной стажировки.

5 июня ОИЯИ посетила делегация Китайского института атомной энергии (СИАЕ) во главе с директором Вань Ганом. В состав делегации входили директор департамента ядерной физики Чэнь Дунфэн, директор управления международного сотрудничества Чжан Цзин, старшие эксперты департамента ядерной физики Линь Чэнцзян, Ли Сяомэй и Хань Вэньцзэ.

В ходе встречи в дирекции с руководством Института одним из главных вопросов стало обсуждение реализации подписанного в апреле 2018 г. меморандума о взаимопонимании между ОИЯИ и СИАЕ. Представители СИАЕ выразили заинтересованность в

сотрудничестве как в рамках проекта NICA, так и по направлениям научных исследований ЛНФ, ЛЯР и ЛРБ.

Ключевым пунктом работы делегации в Дубне стал совместно организованный 5 июня мемориальный семинар, посвященный памяти академика Ван Ганчана — выдающегося китайского ученого-исследователя, одного из основателей ОИЯИ и вице-директора ОИЯИ (1958–1960). Семинар открыл директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев. С докладами о научной биографии Ван Ганчана выступили директор СИАЕ Вань Ган и главный научный сотрудник ЛФВЭ В. А. Никитин. Представители СИАЕ выступили с докладами о научной инфраструктуре и важнейших исследованиях СИАЕ. С предложением по сотрудничеству в области физики радиоактивных ядер выступил начальник сектора ЛЯР А. С. Фомичев.

В ходе визита в ОИЯИ китайская делегация посетила Лабораторию нейтронной физики и Лабораторию физики высоких энергий, а также присоединилась к работе в рамках стажировки JEMS для более детального знакомства с Институтом и провела дополнительные рабочие встречи с руководителями ЛНФ, ЛФВЭ и ЛЯР.

5–6 июня в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ проходило 10-е совещание международного экспертного комитета (МАС) по проекту NICA. Работа совещания была нацелена на экспертную оценку прогресса по мегасайенс-проекту NICA, его текущего состояния и получение рекомендаций по его дальнейшей реализации.

На открытии совещания с приветственным словом выступили глава отдела ускорительного комплекса GSI М. Штек, директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, вице-директор ОИЯИ Б. Ю. Шарков и вице-директор ОИЯИ, директор Лаборатории физики высоких энергий В. Д. Кекелидзе.

Помимо насыщенной научной программы — докладов о результатах работ по проекту NICA, участники 10-го совещания МАС посетили с экскурсией стройплощадку коллайдера NICA. Второй день совещания экспертного комитета был посвящен докладам по тематике поляризованных пучков на NICA. Заседание завершилось общей дискуссией и принятием резолюции совещания.

18 июня ОИЯИ с ознакомительным визитом посетили представители Министерства промышленности и торговли Чешской Республики: директор департамента внешнеэкономической политики М. Поспишил, руководитель секции стран Восточной Европы и стран Средней Азии В. Лидл, территориальный эксперт В. Йелинкова. В составе чешской делегации в Дубну также прибыли член комитета по сотрудничеству Чехии и ОИЯИ, директор компании «Вакуум-Прага» П. Хедбавны и директор компании «Асарко» И. Гранач.

В ходе встречи с руководством ОИЯИ чешские гости подчеркнули заинтересованность в поиске возможностей для развития сотрудничества с ОИЯИ, в частности, в области инновационных технологий, искусственного интеллекта и протонной терапии. Директор ОИЯИ В. А. Матвеев наряду с развитыми научными связями Чехии и ОИЯИ отметил опыт плодотворного сотрудничества Института с чешскими предприятиями, в том числе работу фирмы «Асарко» по реконструкции инфраструктурных зданий ОИЯИ и производство фирмой «Вакуум-Прага» высокотехнологичного оборудования для базовых установок ОИЯИ. Чешские представители выдвинули предложение организовать проведение в 2020 г. в ОИЯИ Дней Вышеградской группы — объединения четырех центрально-европейских государств: Польши, Чехии, Словакии и Венгрии.

Делегация Чехии побывала на объектах научной инфраструктуры ОИЯИ в сопровождении чешских представителей ОИЯИ — начальника группы СМТС П. Догнала и старшего инженера ОМС Я. Махонина. Гости посетили фабрику сверхпроводящих магнитов и осмотрели ускоритель нуклотрон в ЛФВЭ, а также ознакомились с циклотроном ДЦ-280 фабрики сверхтяжелых элементов ЛЯР.

С 18 по 20 июня по приглашению директора ОИЯИ академика РАН В. А. Матвеева ОИЯИ посетили руководители коллаборации CMS (ЦЕРН) Р. Карлин (спонсор) и А. Петрилли (ответственный по связям). Они приняли участие в заседании 51-й сессии Программно-консультативного комитета по физике частиц. Р. Карлин выступил с докладом, посвященным развитию установки CMS на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН.

19 июня в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина состоялась встреча гостей с группой участников проекта CMS от ОИЯИ, на которой были обсуждены технические вопросы участия ОИЯИ в развитии установки CMS.

20 июня гости посетили Лабораторию информационных технологий, где познакомились с возможностями обработки и анализа экспериментальных данных, получаемых на коллайдере в ЦЕРН.

20 июня в Доме международных совещаний состоялось совместное заседание дирекции и Научно-технического совета ОИЯИ, посвященное проекту создания ускорительного комплекса NICA.

Открывая заседание, директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев проинформировал собравшихся о завершении разработки нормативных документов, относящихся к формированию системы аттестации научных кадров и созданию диссертационных советов. В. А. Матвеев озвучил ряд основных задач, стоящих перед Институтом, в числе которых, в частности, выделил необходимость повышения уровня заработной платы ведущих ученых и специалистов. Директор подчеркнул также необходимость глубокого ана-

лиза роли и места ОИЯИ в системе российского международного сотрудничества при разработке долгосрочной стратегии, которая обеспечивала бы возращение роли и значения ОИЯИ в глобальной кооперации в области фундаментальных и прикладных физических исследований. В обсуждениях приняли участие Р. Ценов, С. Н. Неделько, И. А. Савин, В. Д. Кекелидзе, М. Г. Иткис.

Научный руководитель проекта NICA член-корреспондент РАН И. Н. Мешков в докладе «Ускорительный комплекс NICA — три задачи и три стадии» представил краткую историю развития проекта, а также перечислил ряд проблем, препятствующих его своевременной реализации, таких как недокомплектация штата научно-технических сотрудников, несоответствие регламентов служб Института динамике реализации проекта, отставание на год по сооружению 17-го корпуса, задержки в реконструкции и ремонте инфраструктурных объектов, большой объем работы по подготовке проектной документации для получения разрешений на ввод в эксплуатацию установок. Докладчик обозначил предложения по решению каждой из проблем, а также озвучил итоги 10-го заседания экспертного комитета МАС по проекту NICA. В обсуждении приняли участие Р. В. Джолос, В. А. Матвеев, Р. Ценов, В. Д. Кекелидзе, А. В. Бутенко, А. Д. Коваленко.

Начальник ускорительного отделения ЛФВЭ А. В. Бутенко доложил о ходе работ по монтажу бустера и каналов, а также о перспективах эксперимента VM@N. С комментариями к докладу выступили В. А. Матвеев, Р. Ледницки, С. Н. Дмитриев, В. Д. Кекелидзе, В. Н. Карпинский.

Доклад «Коллайдер NICA и канал нуклотрон-коллайдер — состояние работ» представил главный инженер установки Е. М. Сыресин. Он рассказал о размерах и параметрах коллайдера, объеме и сроках предстоящих работ, о создании системы питания, системе стохастического охлаждения, системах вывода пучка.

В. А. Матвеев, комментируя прозвучавшие выступления, в целом отметил, что дирекции ОИЯИ вместе с руководством проекта необходимо анализировать причины задержек и неэффективности в работе и принимать меры по их своевременному устранению.

21–22 июня в ДМС ОИЯИ впервые в Дубне прошло 95-е заседание Европейского комитета по сотрудничеству в области ядерной физики (NuPECC), нацеленное на реализацию европейского долгосрочного плана по ядерной физике и координацию деятельности ядерно-физических научных центров в Европе.

В состав комитета NuPECC, полноправным членом которого ОИЯИ является с 2014 г. и который собирается трижды в год, входят представители ведущих ядерно-физических лабораторий большинства

европейских стран, ассоциированные члены из ЮАР и Японии, а также наблюдатели из Южной Америки, Канады, США и Азии. На заседаниях комитета рассматривается текущее состояние дел по различным проектам в области ядерной физики, что дает возможность членам комитета по несколько раз в год отслеживать их развитие. На заседании в Дубне были представлены доклады, посвященные ведущим научным проектам, таким как FAIR, GANIL-SPRIRAL 2, а также другим проектам в области ядерной физики.

ОИЯИ в NuPECC представляет вице-директор Института академик Б. Ю. Шарков. Институт имеет высокую степень интегрированности в европейскую научную среду и обладает прочными связями со многими научными проектами Европы в области ядерной физики. Два больших проекта ОИЯИ — NICA и фабрика сверхтяжелых элементов — включены в долгосрочный план NuPECC (NuPECC Long Range Plan 2017), определяющий стратегию развития ядерной физики в Европе на ближайшие десять лет.

Работу заседания комитета в Дубне открыло совместное рабочее совещание представителей NuPECC и руководства ОИЯИ, на котором участников приветствовал директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев. Вице-директор ОИЯИ Б. Ю. Шарков выступил с обзорной презентацией, посвященной Объединенному институту. Научную деятельность ЛЯР в области синтеза сверхтяжелых элементов осветил в своем докладе научный руководитель ЛЯР академик Ю. Ц. Оганесян. О текущем статусе работ по созданию коллайдера NICA доложил руководитель эксперимента MPD А. Кишель. Директор ЛНФ В. Н. Швецов рассказал об исследовательском реакторе ИБР-2 и перспективах исследований на нейтронных пучках. О задачах исследовательской программы ОИЯИ на пучках радиоактивных ядер проинформировал начальник сектора ЛЯР А. С. Фомичев, а о будущих исследованиях ЛЯР в области легких экзотических ядер рассказал главный научный сотрудник ЛЯР, член-корреспондент РАН Л. В. Григоренко.

В первый день заседания участники 95-го заседания NuPECC посетили фабрику сверхтяжелых элементов, осмотрели циклотрон ДЦ-280 и фрагмент-сепаратор ACCULINNA-2. На следующий день гости ознакомились со строящимся комплексом коллайдера NICA в Лаборатории физики высоких энергий.

27 июня в Берлине состоялась официальная церемония — старт реализации российско-германской дорожной карты сотрудничества в области образования, науки, научных исследований и инноваций, подписанной 10 декабря 2018 г. в Москве и регулирующей научно-технологическое сотрудничество двух стран на ближайшее десятилетие. В церемонии принимали участие представители научных организаций, университетов, фондов России и Германии. Объединенный институт ядерных исследований предста-

вляли директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, вице-директор ОИЯИ, директор ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе и главный ученый секретарь ОИЯИ А. С. Сорин.

На открытии церемонии собравшихся приветствовали первый заместитель министра науки и высшего образования РФ Г. В. Трубников и статс-секретарь Федерального министерства образования и научных исследований Германии (BMBWF) Г. Шютте. В ходе церемонии молодые ученые двух стран представили работы, выполняемые по следующим направлениям дорожной карты: «Крупная исследовательская инфраструктура», «Приоритеты», «Молодые таланты», «Инновации, наука и общество».

В рамках мероприятия была организована выставка, на которой посетители смогли ознакомиться с успешными примерами научно-технического сотрудничества российских, германских и международных организаций. Значительная часть выставки была посвящена Объединенному институту ядерных исследований, чью деятельность освещали пять информационных стендов, а также сопроводительные буклеты.

На следующий день, 28 июня, в Берлине прошло очередное заседание смешанной российско-германской комиссии по научно-техническому сотрудничеству, созданной 10 лет назад в рамках подписанного Соглашения о научно-техническом сотрудничестве двух стран. Сопредседателями заседания, собравшего более 70 экспертов из России и Германии, выступили Г. В. Трубников и Г. Шютте. В ходе заседания стороны обсудили ход и наметили планы по дальнейшей реализации дорожной карты сотрудничества России и Германии в области образования, науки, научных исследований и инноваций. Ход реализации дорожной карты будет оперативно координировать специально созданная рабочая группа Минобрнауки и BMBWF.

По итогам заседания Г. В. Трубников и Г. Шютте подписали «Берлинскую министерскую декларацию о намерениях» — документ, определяющий взаимный интерес сторон к развитию сотрудничества в рамках проектов ПИК и NICA, в частности, в создании международной организации по использованию нейтронов в научных исследованиях.

С 6 по 14 июля на двух центральных площадках в Петербурге и Москве проходил фестиваль науки, технологий и искусства «Geek Picnic», в котором принял участие ОИЯИ. На фестивале, который ежегодно собирает около 100 тысяч человек, известными учеными и специалистами не только России, но и мира было прочитано около ста лекций о последних исследованиях и открытиях в науке. В числе лекторов были и ученые ОИЯИ. Начальник сектора Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка, координатор Программы ООН по воздуху Европы М. В. Фронтасьева выступила с лекцией «Оценка воздушных загрязне-

ний экосистемы методом нейтронного активационного анализа мхов-биомониторов»; директор Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова член-корреспондент РАН Д. И. Казаков прочел лекцию «Темная материя в космосе»; профессор А. Б. Арбузов в лекции «Загадки космологии» рассказал о современном статусе фундаментальной физики микро- и макромира; научный сотрудник ЛФВЭ Д. К. Дряблов в лекции «Теория Большого взрыва. Эволюция Вселенной» представил современное понимание возникновения и эволюции Вселенной и рассказал о строящемся ускорительном комплексе NICA, который позволит ученым узнать о еще не изученных первых мгновениях эволюции Вселенной; научный сотрудник Лаборатории радиационной биологии Ю. С. Северюхин выступил с лекцией «Влияние радиации на организм в космосе и на Земле».

12 июля состоялся визит в ОИЯИ представителей Министерства науки и высшего образования РФ, МГТУ им. Н. Э. Баумана и МФТИ с целью обсуждения вопросов подготовки высококвалифицированных научных и инженерных кадров для реализации уникальных проектов ОИЯИ.

Делегацию возглавляли первый заместитель министра науки и высшего образования РФ Г. В. Трубников, директор департамента инноваций и перспективных исследований Минобрнауки В. В. Медведев, ректор МГТУ А. А. Александров и ректор МФТИ Н. Н. Кудрявцев. В состав делегации входили: от МФТИ — проректор по исследованиям и разработкам С. Н. Гаричев и проректор по научной работе и программам развития В. А. Баган, от МГТУ — проректор по экономике и инновациям Е. А. Старожук, декан факультета «Энергомашиностроение» А. А. Жердев и помощник ректора М. Д. Сафронов, а также помощник первого заместителя министра науки и высшего образования РФ А. О. Дряхлов. Стороны обсудили конкретные шаги в сфере подготовки кадров и привлечения выпускников ведущих профильных вузов к работе в Объединенном институте.

В сопровождении директора ОИЯИ академика В. А. Матвеева и главного ученого секретаря ОИЯИ А. С. Сорина гости посетили объекты научной инфраструктуры Института, встретились с руководителями лабораторий ОИЯИ. Делегация посетила Лабораторию физики высоких энергий, осмотрела строящийся ускорительный комплекс NICA и фабрику сверхпроводящих магнитов, а также встретила с вице-директором ОИЯИ, директором ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе и ученым секретарем Д. В. Пешехоновым. В Лаборатории ядерных реакций делегацию приветствовали директор ЛЯР С. Н. Дмитриев и ученый секретарь А. В. Карпов, ознакомившие гостей с направлениями научной деятельности ЛЯР. Посетив фабрику сверхтяжелых элементов, члены делегации встретились с научным руководителем ЛЯР академиком Ю. Ц. Оганесяном.

С 15 по 18 июля проходил визит в Дубну польской делегации, в которую входили главный специалист Министерства науки и высшего образования Польши А. Береза, начальник отдела этого министерства М. Пионтек, начальник отдела Министерства иностранных дел Польши М. Гродзки, директор департамента МИД Я. Хофмокл, полномочный представитель правительства РП в ОИЯИ профессор М. Валигурски и председатель комиссии по сотрудничеству с ОИЯИ при полномочном представителе РП профессор М. Будзынски. Во встречах в Дубне участвовал посол Республики Польши в РФ В. Марциняк.

В день приезда состоялась встреча членов делегации с соотечественниками, работающими в ОИЯИ. На следующий день в дирекции Института гости встретились и обсудили ряд вопросов сотрудничества с директором ОИЯИ В. А. Матвеевым, главным научным секретарем А. С. Сориним, директором ЛФВЭ, вице-директором ОИЯИ В. Д. Кекелидзе, заместителем директора ЛЯР С. И. Сидорчуком, помощником руководителя УНОРиМС В. Хмельовским. Большое внимание было уделено участию польских ученых и специалистов во флагманских проектах ОИЯИ — создании комплексов NICA, фабрики сверхтяжелых элементов, а также в создании лаборатории SOLARIS в краковском Институте ядерной физики. Для польской делегации была организована экскурсия в ЛЯР и ЛФВЭ.

17 и 18 июля гости совершили экскурсионную поездку в Тверь и на мемориальный комплекс «Медное», а также в Сергиев Посад, где ознакомились с памятниками Троице-Сергиевой лавры.

На проходившей с **25 по 30 августа** в рамках Международного года Периодической таблицы химических элементов в Вильгельмсхафене (Германия) 6-й Международной конференции по химии и физике трансактинидных элементов (TAN-19) состоялась встреча первооткрывателей новых химических элементов. Профессора П. Армбрустер и Г. Мюнценберг из Центра по изучению тяжелых ионов им. Г. Гельмгольца (GSI, Дармштадт) внесли основополагающий вклад в работы по синтезу элементов 107–112 (это борий, хассий, мейтнерий, дармштадтий, рентгений и коперниций). Доктор К. Моримото из Центра ускорительных наук RIKEN Nishina (Япония) был членом команды по синтезу 113-го элемента. Профессор Ю. Ц. Оганесян (ОИЯИ) возглавлял работы по синтезу элементов 114–118 (это флеровий, московий, ливерморий, теннессин и оганесон) в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. В конференции также приняли участие руководители GSI, ЛЯР ОИЯИ и RIKEN Nishina — научных центров, где были синтезированы соответствующие элементы.

Организаторами TAN-19 выступили GSI и Майнцский университет им. Иоганна Гутенберга.

Всего в конференции приняли участие 120 исследователей из 19 стран мира, представлявшие четыре континента. ОИЯИ на конференции представляли вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис, директор ЛЯР ОИЯИ С. Н. Дмитриев, заместитель директора ЛЯР А. Г. Попеко, а также научный сотрудник ЛЯР П. Штайнегер.

29 августа ОИЯИ с ознакомительным визитом посетила делегация из Федеративной Республики Германии. В ее состав входили представители ВМБФ — референт по вопросам образования в странах ЕС и международного сотрудничества в образовании З. Карл, референт по вопросам сотрудничества со странами Восточной Европы, Россией и Центральной Азией А. Шварц, а также представители Федерального института профессионального образования, Германского центра авиации и космонавтики, Немецкого культурного центра им. И. В. Гёте в Москве, исследовательских центров в Юлихе и Дармштадте. Делегацию сопровождали начальник отдела труда, социальных вопросов и охраны здоровья посольства Германии в Москве Е. Бохданович, ведущий научный сотрудник Федерального института развития образования (Москва) профессор Е. Есенина. Визит был организован в рамках реализации дорожной карты сотрудничества России и Германии в области образования, науки, научных исследований и инноваций, которая была подписана в декабре 2018 г.

Делегация ознакомились с лабораториями физики высоких энергий и нейтронной физики, где гости осмотрели объекты научной инфраструктуры, узнали об основных направлениях исследований и встретились с руководством. В завершение визита состоялась встреча с представителями руководства ОИЯИ, в которой принимали участие вице-директора ОИЯИ Р. Ледницки и В. Д. Кекелидзе, главный инженер Б. Н. Гикал, заместитель директора ОИЯИ по персоналу А. В. Рузаев, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин и его заместитель А. А. Котова, директор ЛНФ В. Н. Швецов, заместитель директора УНЦ ОИЯИ А. С. Жемчугов, начальник отдела ЛФВЭ С. А. Костромин. В ходе дискуссии стороны, в частности, обсудили ряд вопросов профессионального обучения и повышения квалификации инженерного и технического персонала на базе Института.

С 1 сентября в ОИЯИ открыты диссертационные советы, работающие на основе права самостоятельного присуждения ученых степеней. В соответствии с федеральными законами государства местопребывания ОИЯИ Российской Федерации ОИЯИ имеет право:

— создавать на своей базе диссертационные советы, определять и изменять составы этих советов, устанавливать их полномочия, определять перечни научных специальностей, по которым этим советам предоставляется право приема диссертаций для за-

щиты, осуществлять контроль за деятельностью этих советов, приостанавливать, возобновлять и прекращать деятельность этих советов;

— устанавливать порядок присуждения ученых степеней, включая критерии, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, порядок представления, защиты диссертаций на соискание ученых степеней, порядок лишения, восстановления ученых степеней, рассмотрения апелляций;

— утверждать положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, формы дипломов об ученых степенях, технические требования к таким документам, порядок их оформления и выдачи.

В ОИЯИ предусмотрено функционирование шести диссертационных советов. Пять из них действуют на постоянной основе: по физике частиц при ЛФВЭ, физике тяжелых ионов при ЛЯР, ядерной физике при ЛЯП, физике конденсированных сред при ЛНФ, информационным технологиям и вычислительной физике при ЛИТ. Диссертационный совет по теоретической физике при ЛТФ формируется на разовой основе для каждой представленной к защите диссертации.

ОИЯИ предусматривает первичную подачу документов в диссертационные советы в электронном виде, для чего в Институте разработана и введена в действие информационная система научной аттестации. Подробная информация о порядке присуждения ученых степеней в ОИЯИ доступна на странице <https://dissertations.jinr.ru/>.

9 сентября в Санкт-Петербурге состоялась торжественная церемония открытия 21-го Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, в которой приняли участие Председатель Правительства РФ Д. А. Медведев, заместитель Председателя Правительства РФ Т. А. Голикова, министр науки и высшего образования РФ М. М. Котюков, президент РАН А. М. Сергеев. Свое приветствие в адрес участников съезда направил Президент Российской Федерации В. В. Путин. В работе съезда приняли участие около 3000 человек, в том числе 300 иностранных ученых из 52 стран мира, включая нобелевских лауреатов. Больше половины участников съезда составляли молодые ученые.

Менделеевские съезды проводятся с интервалом в 4–5 лет в основных научных и культурных центрах России и определяют главные направления развития химической науки, образования и промышленности нашей страны. Это важные международные научные форумы, в рамках которых традиционно демонстрируются достижения мировой и отечественной химической науки.

По мнению участников съезда, его тематика выходит далеко за рамки химической, и за обсуждае-

мыми вопросами следят исследователи, специализирующиеся на многих других темах.

В день открытия съезда с докладами выступили лауреаты Нобелевской премии Ж.-П. Соваж и У. Мернер, а также выдающийся российский ученый академик РАН Ю. Ц. Оганесян и британский химик, популяризатор науки профессор М. Полякофф.

11 сентября состоялась рабочая встреча делегации из Республики Сербии с представителями руководства ОИЯИ. В состав делегации входили ректор Нови-Садского университета профессор Д. Якшич, вице-ректор этого университета профессор С. Подунавац-Кузманович, заместитель директора Института ядерных наук «Винча» доктор Л. Хадзиевски, накануне прибывшие в Дубну для участия в 13-й международной стажировке (JEMS-13). С сербской стороны во встрече также принял участие координатор по сотрудничеству Сербии с ОИЯИ, руководитель отделения физики Института ядерных наук «Винча» профессор С. Петрович.

Объединенный институт на встрече представляли вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин, директор Учебно-научного центра С. Пакуляк и секретарь по сотрудничеству ОИЯИ–Сербия Ю. Полякова.

Стороны обсудили актуальные вопросы сотрудничества, при этом сербские партнеры выразили заинтересованность в подготовке высококвалифицированных сербских специалистов на базе ОИЯИ, а также подчеркнули важность информирования сербской общественности, как молодежи, так и должностных лиц, о возможностях ОИЯИ. По итогам визита сформированы предложения для рассмотрения на заседании очередного объединенного координационного комитета по сотрудничеству ОИЯИ–Сербия. В заключение встречи стороны инициировали подготовку соглашения о сотрудничестве между Нови-Садским университетом и ОИЯИ.

20 сентября состоялась встреча президента Академии наук Узбекистана Б. С. Юлдашева, вступившего в должность полномочного представителя правительства Республики Узбекистан в ОИЯИ, с директором ОИЯИ академиком В. А. Матвеевым и вице-директором профессором М. Г. Иткисом. Во встрече принимал участие главный научный сотрудник ЛЯП ОИЯИ А. Иноятов. На встрече обсуждался процесс восстановления полноправного членства Республики Узбекистан в Объединенном институте.

20 сентября ОИЯИ посетила делегация из Республики Кубы, в состав которой входили сотрудник Центра передовых исследований Кубы О. Перес и советник Агентства ядерной энергетики и передовых технологий Х. Л. Дона. Делегацию сопровождал руководитель национальной группы кубинских сотрудников в ОИЯИ А. Л. Фабело.

Гости побывали на экскурсии в наноцентре и на фабрике сверхтяжелых элементов Лаборатории ядер-

ных реакций, а также на участке производства и исследования детекторов медипикс и микромегас в Лаборатории ядерных проблем.

Состоялась встреча с вице-директором Института академиком Б. Ю. Шарковым и заместителем директора Учебно-научного центра ОИЯИ А. С. Жемчуговым. Во встрече также принял участие директор Центра прикладных технологий и ядерного развития, член Ученого совета ОИЯИ И. Падрон Диас. В ходе обсуждения направлений сотрудничества особое внимание было уделено вопросам подготовки высококвалифицированных кадров на базе ОИЯИ как для Республики Кубы, так и для других стран Латинской Америки.

11 октября состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ. Директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев проинформировал членов совета о выполнении бюджетного плана ОИЯИ в 2020 г. и об итогах 126-й сессии Ученого совета, а также поздравил А. Н. Бугая с избранием директором Лаборатории радиационной биологии.

О разработке стратегии развития ОИЯИ членов НТС проинформировал вице-директор ОИЯИ Б. Ю. Шарков, который обобщил основные положения докладов представителей лабораторий ОИЯИ, сделанных на 126-й сессии Ученого совета и посвященных новым научным исследованиям в период 2023–2030 гг., ожидаемым физическим и технологическим результатам, развитию необходимой исследовательской инфраструктуры и кадровым потребностям, составам тематических подгрупп и организации их работы (встречи, рабочие совещания, видеоконференции и т. д.).

В обсуждении доклада приняли участие В. А. Матвеев, Р. В. Джолос, С. Н. Неделько, Н. А. Рузакович, И. А. Савин, Д. В. Пешехонов, А. И. Франк, Д. В. Каманин, В. А. Швецов, Ю. Ц. Оганесян, М. Г. Иткис, В. Л. Аксенов, Л. В. Григоренко, И. Н. Мешков.

11–13 октября ОИЯИ в четвертый раз принимал участие во Всероссийском фестивале НАУКА 0+, представляя свои экспозиции в Фундаментальной библиотеке МГУ и Экспоцентре на Красной Пресне.

На экспозиции в Фундаментальной библиотеке МГУ посетители могли увидеть макеты действующих установок ОИЯИ: нового циклотрона ДЦ-280 — основной базовой установки фабрики сверхтяжелых элементов, реактора ИБР-2, медико-технического комплекса ЛЯП, глубоководного нейтринного телескопа из эксперимента «Байкал», а также интерактивные стенды об основных направлениях исследований лабораторий, о флагманских проектах Института.

В Шуваловском корпусе МГУ выступили: В. Швецов — с лекцией о поиске воды на Марсе с помощью нейтронного детектора, созданного при участии ОИЯИ; К. Вергель — о том, как с помощью

мхов определить экологическую ситуацию в Московской области; С. Мерц — о коллайдерах и ускорительном комплексе NICA.

В Экспоцентре сотрудники ОИЯИ провели программу для школьников, включающую мастер-классы по робототехнике, химические опыты, конкурсы и викторины, а также представили интерактивную площадку с развивающими программами и играми.

12 октября в Мехико, в посольстве РФ в Мексике, состоялось подписание меморандума о взаимопонимании между ОИЯИ и сообществом научно-исследовательских институтов Мексики. Документ является основанием для установления и развития научного сотрудничества между ОИЯИ и мексиканскими научными центрами, совместных исследований в области фундаментальной физики и регламентирует участие в реализации мегасайенс-проекта NICA.

В торжественной церемонии подписания принял участие посол РФ в Мексике В. Коронелли, вице-директор ОИЯИ, директор ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе, главный ученый секретарь ОИЯИ А. С. Сорин и руководитель коллаборации MPD А. Кишель. С мексиканской стороны в церемонии участвовали ректоры вузов, руководители научных центров и ведущие ученые.

Как отметил в торжественной речи по случаю подписания меморандума руководитель сообщества участвующих в NICA мексиканских научных центров (MexNICA Collaboration) Х. А. Айяла (Национальный автономный университет Мексики), этот документ создает официальную базу для сотрудничества мексиканских ученых с учеными всего мира в рамках реализации проекта NICA для решения ряда фундаментальных вопросов физики.

В ходе визита в Мексику, помимо подписания меморандума, делегацией ОИЯИ было сделано 15 докладов об ОИЯИ и проекте NICA в мексиканских университетах; проведены многочисленные встречи как с руководством вузов, студентами и сотрудниками, так и с представителями финансирующих фондов, посвященные обсуждению различных аспектов сотрудничества.

14–15 октября в ЛФВЭ им. В. И. Векслера и А. М. Балдина проходило 4-е коллаборационное совещание по эксперименту VM@N. В нем приняли участие более 120 научных сотрудников и инженеров из Болгарии, Германии, Грузии, Израиля, Польши, Чехии, российских научных центров ИТЭФ, ИЯФ, НИЦ «Курчатовский институт», МИФИ, НИИЯФ МГУ, ФИАН, а также представители производственных предприятий.

Проект VM@N («Барийная материя на нукло-троне») — первый эксперимент на строящемся ускорительном комплексе NICA. В коллаборации участвуют ученые из 11 стран — 234 сотрудника. Проведены три сеанса облучения установки пучками ио-

нов углерода, аргона и криптона, ведется обработка данных и модернизация детекторов. Особое внимание уделено работам, необходимым для подготовки установки BM@N к экспериментальной программе с тяжелыми ионами.

Пленарная часть совещания состояла из выступлений докладчиков: руководитель коллаборации М. Капишин рассказал о статусе проекта BM@N, технический координатор А. Максимчук представила доклад о модернизации экспериментальной установки, ряд сообщений был посвящен отдельным системам и анализу экспериментальных данных. А. Сидорин рассказал о ходе работ по созданию бустера и модернизации нуклотрона. Доклад Ф. Губера (ИЯИ РАН) был посвящен новому калориметру нулевого угла FHCAL. Д. Кахлбоу рассказал о статусе анализа данных проекта SRC по поиску короткодействующих корреляций.

Заседания проходили по трем секциям, посвященным детекторам, обработке данных и программному обеспечению. Всего было представлено около 40 докладов. Много внимания было уделено и вопросам международного сотрудничества.

16–18 октября проходил визит в ОИЯИ делегации из Республики Сербии, которая участвовала в заседании объединенного координационного комитета по сотрудничеству. В состав делегации входили госсекретарь Министерства образования, науки и технологического развития Сербии В. Попович, помощник министра В. Недович, главный научный сотрудник Института ядерных наук «Винча», член Ученого совета ОИЯИ Н. Нешкович, координатор сотрудничества Сербия–ОИЯИ С. Петрович, научные сотрудники Института физики (Белград) Д. Малетич и М. Аничич-Урошевич.

Со стороны Института в заседании приняли участие вице-директор Р. Ледницки, директор УНЦ С. З. Пакуляк, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин, заместитель директора ЛНФ по научной работе О. Куликов, секретарь комитета ОИЯИ–Сербия Ю. Н. Полякова.

В рамках визита состоялись экскурсии в лабораторию Института. На встрече в дирекции ОИЯИ прошло финальное обсуждение предложений по развитию сотрудничества.

22–25 октября в Варшаве проходила 3-я конференция «Дни NICA-2019», посвященная мегасайенс-проекту NICA и организованная ОИЯИ совместно с Варшавским технологическим университетом под эгидой Министерства науки и высшего образования Польши. Конференция собрала экспертов, ученых, инженеров и студентов, ведущих исследования в области физики тяжелых ионов, а также участвующих в проектировании и создании контрольно-измерительного оборудования для экспериментов на NICA. В рамках конференции были проведены 4-е

коллаборационное совещание по эксперименту MPD и 5-я конференция «Slow Control Warsaw».

28–30 октября в Ереване прошло очередное заседание комитета по сотрудничеству ОИЯИ с Республикой Арменией. Делегацию ОИЯИ возглавил вице-директор М. Г. Иткис. Комитет обсудил ряд вопросов развития сотрудничества, включая совместную подготовку молодых научных кадров, а также, в частности, поддержку совместных работ по прецизионному лазерному инклинометру.

28 октября делегация ОИЯИ посетила подземную лабораторию Министерства чрезвычайных ситуаций Республики Армения в Гарни, где в тоннеле Гарнийской геофизической обсерватории размещен действующий ПЛИ, разработанный и созданный в ОИЯИ. Состоялась встреча с и. о. директора региональной службы сейсмической защиты МЧС РА С. Маргаряном.

29 октября в Президиуме Национальной академии наук Республики Армения под председательством академик-секретарей Отделения химии и наук о Земле НАН РА Л. А. Тавадяна и Отделения математических и технических наук НАН РА Л. А. Агаловяна был проведен семинар, посвященный плану создания сети ПЛИ в Армении. По окончании семинара его участники принял президент НАН РА Р. М. Мартиросян.

В Ереванском физическом институте (ЕрФИ) делегацию ОИЯИ принял заместитель директора института Г. Карян. В ходе встречи речь шла о развитии международных контактов и научной инфраструктуры ЕрФИ, а также о возобновлении широкой кооперации с ОИЯИ. Делегация ознакомилась с модернизированным оборудованием электронного линейного ускорителя (ЛУЭ-75).

Итоги работы комитета были подведены на встрече с полномочным представителем правительства Республики Армения в ОИЯИ, председателем Госкомитета по науке С. Арутюняном, который, в частности, поделился планами по расширению сотрудничества с ОИЯИ.

С 29 октября по 6 ноября в ОЭЗ «Дубна» работала объединенная международная ускорительная школа ЦЕРН–Япония–Россия «Физика ионных коллайдеров». Международный оргкомитет школы возглавлял член-корреспондент РАН И. Н. Мешков (ОИЯИ), сопредседателями были Б. Ю. Шарков (ОИЯИ) и Е. Б. Левичев (ИЯФ СО РАН).

Аудиторию школы составили студенты, осваивающие физику и технику ускорителей, молодые специалисты из ускорительных центров, компаний, производящих ускорительное оборудование. С лекциями выступили ведущие специалисты ЦЕРН, ИЯФ им. Г. И. Будкера, GSI, МИФИ и других центров в области физики и техники ионных коллайдеров.

Слушателям школы была предоставлена возможность попробовать свои силы в решении конкретных задач, связанных с динамикой пучков, источниками ионов, ВЧ-системами, вакуумными технологиями и др. Особое место в программе школы занимали ускорительные проекты и новые разработки таких центров, как ЦЕРН, ОИЯИ, GSI (Германия), КЕК (Япония), ИЯФ СО РАН, НИЯУ МИФИ.

9 ноября ОИЯИ посетила академик и почетный секретарь Академии наук Франции К. Брешиньяк в сопровождении советника Академии наук Франции по вопросам сотрудничества с Россией и Евразией Г. Мулека.

В ОИЯИ гостей приняли директор В. А. Матвеев и вице-директор М. Г. Иткис, которые кратко рассказали о сегодняшнем дне Института, новых проектах и научных результатах, а также о ходе сотрудничества ОИЯИ с французскими научными организациями.

Научный руководитель ЛЯР Ю. Ц. Оганесян и директор ЛЯР С. Н. Дмитриев провели для гостей экскурсию по фабрике сверхтяжелых элементов и рассказали о возможностях нового циклотрона ДЦ-280.

Директор ЛНФ В. Н. Швецов и его коллеги познакомили гостей с исследовательским потенциалом ИБР-2. Во встрече участвовала научный сотрудник Института археологии РАН И. А. Сапрыкина, которая подчеркнула актуальность и востребованность методов нейтронной физики в изучении объектов исторического и культурного наследия.

12 ноября в Министерстве науки и высшего образования РФ состоялась встреча с делегацией Федерального министерства образования и научных исследований ФРГ (ВМБФ). Со стороны ОИЯИ на встрече присутствовали директор Института академик В. А. Матвеев, заместитель начальника отдела международных связей А. А. Котова.

В ходе дискуссии участники встречи отметили необходимость дальнейшего развития сотрудничества России и Германии, в частности, с ОИЯИ. Подчеркивался интерес немецкой стороны к участию в реализуемых на территории РФ научных проектах класса мегасайенс NICA и ПИК, а также внимание к деятельности по подготовке научных кадров. По итогам обсуждения В. А. Матвеев и директор департамента крупных установок и фундаментальных исследований ВМБФ В. Дитц подписали совместную декларацию о намерениях.

13 ноября представители ВМБФ посетили ОИЯИ с целью обсуждения вопросов реализации подписанного накануне в Москве документа, а также текущего состояния и перспектив сотрудничества ОИЯИ и Германии. В дискуссии со стороны ОИЯИ приняли участие заместитель начальника отдела международных связей А. А. Котова, старший научный сотрудник ЛТФ В. Кляйниг и советник директора ОИЯИ

У. Майер. Гости посетили лаборатории физики высоких энергий, нейтронной физики и ядерных реакций, где ознакомились с объектами исследовательской инфраструктуры ОИЯИ. В заключение визита стороны обсудили детали плана реализации подписанной декларации о намерениях на предстоящий 2020 г.

14 ноября в Лаборатории информационных технологий ОИЯИ состоялась презентация и демонстрация модернизированного суперкомпьютера «Говорун». В презентации приняли участие сотрудники лабораторий Института, российских вычислительных центров, специалисты компаний Intel и «РСК Технологии».

С приветственным словом к участникам презентации, проходившей в машинном зале Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК), выступил директор ЛИТ В. В. Кореньков, который отметил, что эксплуатация первой очереди суперкомпьютера в течение прошедших полутора лет позволила провести целый ряд сложнейших ресурсоемких вычислений в области квантовой хромодинамики на решетках, провести расчеты радиационной безопасности экспериментальных установок ОИЯИ, существенно ускорить исследования в области радиационной биологии и других научно-прикладных задач, решаемых в ОИЯИ.

С вводом второй очереди суперкомпьютера коллектив ЛИТ поздравил вице-директор ОИЯИ Р. Ледниcki: «Без больших вычислительных мощностей сегодня немислим прогресс науки. Анализ данных с нового коллайдера без суперкомпьютера будет невозможен». Координатор проекта MPD (ЛФВЭ) О. В. Рогачевский отметил, что вычислительные ресурсы суперкомпьютера уже активно используются коллаборацией MPD в рамках мегасайенс-проекта NICA для генерации и реконструкции событий, а введение второй очереди позволит качественно повысить оперативность моделирования динамики столкновений релятивистских тяжелых ионов и ускорить процесс генерации и реконструкции событий для экспериментов на NICA. В своем выступлении ректор университета «Дубна» Д. В. Фурсаев поздравил коллектив ОИЯИ с этим большим успехом и отметил важность обучения студентов технологиям высокопроизводительных вычислений на самых современных вычислительных архитектурах. С техническими характеристиками обновленного суперкомпьютера собравшихся познакомил Ю. Мигаль (РСК, Москва), а Н. С. Местер (Intel) рассказал о новых гиперконвергентных подходах, внедренных во вторую очередь суперкомпьютера и позволяющих существенно ускорить работу с большими объемами данных.

14 и 15 ноября состоялись семинары, организованные группой по гетерогенным вычислениям ЛИТ,

компаниями Intel и РСК. Проведены лекции и тренинги для представителей российских вычислительных центров и дата-центров институтов Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска.

5 декабря делегация ОИЯИ приняла участие в официальной церемонии закрытия Международного года Периодической таблицы химических элементов, которая проходила в Токио (Япония). В церемонии участвовали первый заместитель министра науки и высшего образования РФ Г. В. Трубников, экс-президент Международного союза теоретической и прикладной химии, сопредседатель международного комитета года Н. П. Тарасова, председатель исполнительного комитета Международного года Периодической таблицы в Японии К. Тамао и др.

Значительная часть церемонии закрытия Международного года была посвящена Периодической таблице. С докладами выступили представители Международного союза чистой и прикладной химии и Международного союза чистой и прикладной физики, ученые с мировыми именами. Прозвучали выступления президента РАН А. М. Сергеева, лауреата Нобелевской премии по физике 2008 г. М. Кобаяси и лауреата Нобелевской премии по химии 2019 г. А. Есино. В формате видеобращения перед гостями выступил вице-президент Лондонского королевского общества сэр М. Полякофф.

В рамках церемонии прошла секция под названием «Создание сверхтяжелых элементов», в ходе которой ведущие ученые из научных центров, внесших существенный вклад в синтез и открытие сверхтяжелых элементов, вышли на сцену, чтобы тем самым отпраздновать завершение 7-го периода таблицы Менделеева. Символический 7-й ряд составили представители GANIL, GSI, LBL, LLNL, ORNL, RIKEN, ОИЯИ. Директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев представлял 105-й элемент дубний, вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис — резерфордий (104-й), директор ЛЯР С. Н. Дмитриев — флеровий (114-й), начальник сектора ЛЯР В. К. Утенков — московий (115-й), а ученый секретарь ЛЯР А. В. Карпов — оганесон (118-й). Завершилась работа секции речью академика Ю. Ц. Оганесяна, который от имени всех первооткрывателей элементов обратился со словами благодарности и отметил большой вклад многих научных институтов, международных организаций и государств в синтез и признание открытия новых сверхтяжелых элементов.

Ярким итогом празднования Международного года Периодической таблицы во всем мире стала уникальная интерактивная выставка, представленная в рамках церемонии закрытия.

11 декабря в Москве под председательством академика Г. Н. Рыкованова состоялось совместное заседание президиума Научно-технического совета Госкорпорации «Росатом» и расширенной дирекции ОИЯИ, в ходе которого подписано соглашение о со-

трудничестве, предполагающее партнерское взаимодействие Росатома и ОИЯИ по ряду ведущих научных проектов, в том числе по развитию коллайдерного комплекса NICA, фабрике сверхтяжелых элементов, эксплуатации импульсного реактора ИБР-2 и разработке новой импульсной реакторной установки в Дубне. Подписи под документом поставили директор ОИЯИ академик РАН В. А. Матвеев и генеральный директор Госкорпорации «Росатом» А. Е. Лихачев.

Участников заседания приветствовал первый заместитель министра науки и высшего образования РФ академик Г. В. Трубников. Ведущими учеными ОИЯИ, руководителями крупнейших проектов ОИЯИ и их коллегами из организаций Росатома были представлены доклады по основным направлениям сотрудничества. Вице-директор ОИЯИ, директор ЛФВЭ член-корреспондент РАН В. Д. Кекелидзе представил мегасайенс-проект NICA. Доклад научного руководителя ЛЯР академика Ю. Ц. Оганесяна был посвящен новым возможностям в синтезе сверхтяжелых элементов. С докладом «Возможности Госкорпорации "Росатом" по обеспечению изотопами ускорительного комплекса "Фабрика СТЭ"» выступил директор АО НИИАР А. А. Тузов. Темой доклада научного руководителя ЛНФ, члена-корреспондента РАН В. Л. Аксенова был проект импульсного быстрого реактора 3-го поколения. Ускорителям для ядерной медицины посвятил свой доклад помощник директора ОИЯИ член-корреспондент РАН Г. Д. Ширков.

13 декабря в Доме международных совещаний под председательством профессора Р. В. Джолоса состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ. Директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, подводя итоги года, отметил наиболее яркие события, научные результаты и достижения международного коллектива Института, а также остановился на первоочередных задачах совершенствования системы управления Институтом, его финансово-хозяйственной деятельности, которые обсуждались на 126-й сессии Ученого совета и на выездном заседании КПП во Вьетнаме.

С вопросами и комментариями выступили Д. И. Казаков, С. Н. Неделько, А. И. Франк, М. Г. Иткис, И. Н. Мешков, С. Н. Дмитриев, Ю. К. Потребников, Д. В. Наумов, Р. В. Джолос, Д. В. Пешехонов.

Помощник директора ОИЯИ член-корреспондент РАН Г. Д. Ширков проинформировал о планах создания совместного ОИЯИ–ФМБА России научно-исследовательского медико-биологического радиационного центра в сотрудничестве с фирмой ИВА — мировым лидером в области создания установок для протонной терапии. Докладчик напомнил участникам заседания историю вопроса, начинавшуюся в 1967 г., когда по инициативе и при постоянной поддержке директора Лаборатории ядерных проблем В. П. Дзелепова были начаты первые сеансы клини-

ческого применения пучков протонов, генерируемых фазотроном ОИЯИ, а также привел успешные примеры сотрудничества ОИЯИ с ИВА в области создания ускорителей и физических установок для фундаментальных и прикладных исследований.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций и рабочих совещаний, организованных ОИЯИ в 2019 г., наиболее крупными были девять.

С 15 по 19 апреля в Лаборатории информационных технологий проходила *23-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ AYSS-2019*. В конференции приняли участие более 200 человек: 140 — от ОИЯИ и 68 — из 33 университетов и научных центров Армении, Белоруссии, Германии, Индии, Ирана, Казахстана, Польши, России, Румынии, Сербии, Словакии, Чехии и Чили.

В программу конференции входили 9 лекций по актуальным проблемам современной науки. Лекции читали старший научный сотрудник ЛНФ И. Зиньковская, директор ЛТФ Д. И. Казаков, ученый секретарь ЛЯР А. В. Карпов, представитель коллаборации MPD А. Кишель, старший научный сотрудник ЛЯР В. Худоба, директор ЛНФ В. Н. Швецов, академик В. А. Рубаков (ИЯИ РАН), старший научный сотрудник Самарского университета Р. А. Еремин, представитель FAIR (Германия) Е. Лаврик.

При поддержке ЛИТ ведущий специалист по анализу данных компании SAP SE (Германия) А. И. Стрельцов провел учебный курс «Методы глубокого и машинного обучения для задач кластеризации и классификации документов», в котором приняли участие более 80 молодых ученых и специалистов. Лекции доступны на сайте stream.jinr.ru.

Участники конференции представили 126 устных докладов в восьми секциях. В Доме ученых ОИЯИ была проведена постерная сессия. Из 40 представленных на ней докладов членами программного и организационного комитетов были отмечены доклады Е. Адамской (Университет Варшавы) и А. Назаровой (ЛНФ ОИЯИ).

Для участников конференции были организованы экскурсии на базовые установки ОИЯИ: создаваемый ускорительный комплекс NICA в Лаборатории физики высоких энергий, новый ускоритель ДЦ-280 в Лаборатории ядерных реакций, реактор ИБР-2 в Лаборатории нейтронной физики.

Международное рабочее совещание «*SPD на NICA-2019*» проходило с 4 по 8 июня в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, продолжив серию совещаний по проблемам поляризационных явлений в физике частиц,

В обсуждении доклада приняли участие В. Н. Швецов, В. А. Бедняков, О. Куликов, М. Гнатич, Ю. А. Усов, Д. В. Наумов, Е. А. Красавин, Е. М. Сыресин, М. Г. Иткис, Б. Н. Гикал, И. Н. Мешков, А. А. Балдин, Р. В. Джолос.

ядерной физике и астрофизике, связанных со спином частиц и спиновой структурой нуклонов.

Оно было посвящено тематике проекта SPD (Spin Physics Detector) на коллайдере NICA. Одна из основных целей совещания — создание международной коллаборации для проектирования и строительства детектора SPD, а также для подготовки и проведения физических экспериментов на установке SPD.

В работе совещания приняли участие более 120 человек из ведущих ускорительных центров Армении, Белоруссии, Болгарии, Германии, Италии, Китая, Кубы, Польши, Словакии, Украины, Франции, Чехии, Швейцарии, а также из российских научно-исследовательских центров.

В ходе совещания представлено порядка полусотни научных докладов, состоялись дискуссии и обсуждения в формате круглого стола. Участники посетили с обзорными экскурсиями строящийся ускорительный комплекс NICA и фабрику сверхпроводящих магнитов.

С 10 по 14 июня в Дубне работал ежегодный *Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами ISINN-27*, «вернувшийся на родную землю» после прошлогоднего пребывания «в гостях» в древней столице Китая — городе Сиане. Он был организован Лабораторией нейтронной физики ОИЯИ при участии коллег из китайских институтов и университетов. Программа семинара традиционно охватывала широкий спектр вопросов нейтронной физики: от фундаментальных свойств нейтрона и фундаментальных взаимодействий в реакциях с нейтронами, ядерного деления, ультрахолодных нейтронов (УХН) до аналитических методов в материаловедении и науках о жизни. Форум собрал свыше 100 участников из физических центров Азербайджана, Болгарии, Вьетнама, Германии, Египта, Молдавии, Китая, Румынии, Сербии, Франции, Чехии и ЮАР, а также из Физико-энергетического института (ФЭИ) и Медицинского радиологического центра (МРЦ) (Обнинск), НИЦ «Курчатовский институт» (НИЦ КИ) и Института теоретической и экспериментальной физики им. А. И. Алиханова (Москва), Петербургского института ядерной физики (Гатчина), Института ядерных исследований РАН (Троицк), Института теоретической физики им. Л. Д. Ландау (Черноголовка), НИИЯФ МГУ (Москва), ВНИИА им. Н. Л. Духова

(Москва). В работе семинара участвовали сотрудники лабораторий нейтронной физики и ядерных реакций ОИЯИ. Было представлено 49 устных и 41 стендовый доклад (подробнее на сайте <http://isinn.jinr.ru/past-isinns/isinn-27/program.html>).

По многолетней традиции первую сессию семинара открыл обзорный доклад П. Гельтенборга (ILL, Франция). Он подробно рассмотрел современное состояние дел по исследованию бета-распада свободного нейтрона, важного для уточнения Стандартной модели. К настоящему времени сложилась парадоксальная ситуация: два метода измерений (пучковый и основанный на хранении УХН в «бутылке») дают результаты, отличающиеся на четыре стандартных погрешности, причем сами погрешности измерений доведены до уровня 0,05%. С целью разрешения сложившегося противоречия во многих лабораториях Европы и США создаются новые прецизионные и дорогостоящие установки. Докладчик отметил оригинальное предложение ЛНФ ОИЯИ по измерению времени жизни нейтрона на реакторе ИБР-2. Этот метод принципиально отличается от двух уже существующих и поэтому может помочь в решении возникшей проблемы.

Завершала первый день семинара сессия, посвященная прикладным аспектам нейтронной физики. Первые и очень обещающие результаты применения меченых нейтронов для онлайн-анализа состава апатитовых руд были рассмотрены в сообщении Ю. Рогова (ООО «Диамант», Дубна). Н. В. Симбирцева (ЛНФ ОИЯИ) рассказала о проведенном исследовании элементного состава древнерусского медальона (XII–XIII вв.) с помощью радиационного захвата резонансных нейтронов на источнике ИРЕН.

Второй день семинара открывала сессия, посвященная новым перспективным источникам нейтронов и нейтрино. В двух докладах, представленных Джин Ю Таном (Институт физики высоких энергий, Пекин), был дан обзор программы и первых результатов экспериментальных исследований на недавно введенном в строй китайском испарительном нейтронном источнике CSNS и установке «Back-n White Neutrons». Эта установка уже сейчас позволяет получать самые интенсивные в мире потоки резонансных нейтронов, причем в ближайшие три года планируется увеличить ее мощность еще в пять раз. Докладчик подчеркнул заинтересованность его института в максимальном расширении международного сотрудничества в использовании этого уникального источника нейтронов и пригласил коллег из ОИЯИ и его стран-участниц принять активное участие в создании новых экспериментальных установок на пучках CSNS.

В. Н. Швецов (ЛНФ ОИЯИ) рассказал о планах создания нового нейтронного источника ОИЯИ, который должен прийти на смену реактору ИБР-2 после исчерпания его ресурса. Параметры этого ис-

точника должны быть выше создаваемого в Швеции европейского испарительного источника ESS, поскольку он должен начать работать после 2030 г. В настоящее время рассматриваются две альтернативные концепции такого источника, которые интенсивно изучаются в тесном сотрудничестве ОИЯИ и его давнего партнера НИКИЭТ — главного конструктора реактора ИБР-2.

В. И. Ляшук (ИЯИ РАН) доложил о схеме и возможных параметрах интенсивного источника антинейтрино на базе ядерного реактора, предназначенного для обнаружения стерильных нейтрино.

Популярное среди стран-участниц ОИЯИ направление исследований «Ядерно-физические аналитические методы в науках о жизни и материаловедении» стало предметом вечерней сессии второго дня семинара. В обзорном докладе О. Дулиу (ЛНФ ОИЯИ) обсуждались итоговые результаты многолетних исследований донных отложений западной части Черного моря, которые дают важную информацию о выносе загрязнений реками. В. Зайчик (МРЦ, Обнинск) представил очень важные результаты о новом методе ранней диагностики заболеваний простаты человека, которые вызвали активное обсуждение.

В. Бадави (ЛНФ ОИЯИ) доложил о совместных работах в рамках многолетней программы сотрудничества между ОИЯИ и Арабской Республикой Египет (АРЕ) по биомониторингу загрязнений тяжелыми металлами бассейна реки Нил и района Большого Каира. Присутствовавший на сессии координатор программы сотрудничества АРЕ–ОИЯИ Х.эль Самман выразил удовлетворение результатами совместной работы.

На постерной сессии были представлены работы молодых ученых из Азербайджана, Болгарии, Вьетнама, Египта, Китая, ОИЯИ и России: по биомониторингу территорий, испытывающих сильную антропогенную нагрузку, по методике экспериментов с нейтронами, а также по фундаментальным проблемам ядерной физики.

Заключительная сессия семинара была посвящена обсуждению обнаруженного в ЛЯР ОИЯИ так называемого коллинеарного кластерного ядерного деления. Как отметил в своем докладе Д. В. Каманин (ЛЯР ОИЯИ), это явление обсуждалось на ISINN на протяжении более 10 лет, и каждый раз оно вызывало активную дискуссию. В этот раз речь шла о первом наблюдении истинного четверного деления в реакции $^{235}\text{U}(n_{th}, f)$. Сообщение Ю. В. Пяткова (МИФИ и ЛЯР ОИЯИ) содержало результаты первого полного измерения характеристик продуктов коллинеарного кластерного ядерного деления. Докладчик сообщил о первом успешном эксперименте, в котором реализована транспортировка тяжелого осколка деления по специальному каналу на расстоянии 4 м. Ю. М. Чувильский (НИИЯФ МГУ) представил теоретические ограничения на наблюдаемый процесс, вытекающие из общих принципов кванто-

вой механики. Теперь опять слово за экспериментаторами.

Итоги работы ISINN-27 подтвердили полезность избранного чуть более четверти века назад формата ежегодного совещания по широкому кругу вопросов нейтронной физики, а также привлекательность и эффективность нейтронных методов для решения фундаментальных и прикладных проблем науки. Растущее количество молодых участников показывает, что у семинара есть будущее.

С 1 по 5 июля в Дубне под эгидой ОИЯИ и РАН проходила традиционная, **69-я конференция по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра** «Фундаментальные проблемы ядерной физики, ядра у границ нуклонной стабильности, высокие технологии» («Ядро-2019»). Соучредителями конференции выступили также Санкт-Петербургский и Московский государственные университеты. Председателем оргкомитета конференции являлся директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, заместителями председателя — профессора В. Б. Бруданин и Ю. Э. Пенионжкевич.

Это регулярная ежегодная конференция, собирающая физиков-ядерщиков из большинства научных центров СССР (до 2000 г.) и Российской Федерации. Конференция имеет большое значение для аспирантов, преподавателей вузов и сотрудников университетов, где есть кафедры ядерной физики. На ней практически всем участникам предоставляется возможность выступить с устными или постерными докладами, что важно для молодых ученых. В конференции участвовало около 300 человек: 120 — из ОИЯИ, около 100 — из институтов и вузов России и около 80 — из других стран, в том числе США, Франции, Индии, ЮАР, Китая, Японии и др.

2019 год, особый для физиков, был объявлен ЮНЕСКО юбилейным: исполнилось 150 лет со дня открытия Д. И. Менделеевым Периодической системы элементов. ОИЯИ внес большой вклад в открытие новых элементов. Поэтому первый день работы конференции был посвящен этому событию, а первое пленарное заседание — синтезу новых сверхтяжелых элементов. С докладом на эту тему выступил научный руководитель ЛЯР ОИЯИ академик Ю. Ц. Оганесян. Вице-директор ОИЯИ профессор М. Г. Иткин рассказал о перспективах развития ОИЯИ, о мегапроекте NICA доложил В. Д. Кекелидзе, об исследованиях ЛЯР ОИЯИ — А. В. Карпов. Участники конференции обсудили и другие актуальные проблемы ядерной физики — синтез и свойства новых экзотических ядер, ядерные реакции со стабильными и радиоактивными пучками, были рассмотрены теоретические подходы к различным аспектам ядерной физики, а также использование методов ядерной физики в смежных областях науки и техники (в ядерной медицине, нанотехнологиях, радиационных технологиях, в определении ра-

диационной стойкости изделий микроэлектроники и систем космических аппаратов).

Были проведены пленарные заседания с приглашенными и обзорными докладами, секционные параллельные заседания с оригинальными сообщениями, а также представлены стендовые доклады. Материалы конференции приняты к публикации в журналах «Известия РАН. Серия физическая», «Ядерная физика» и «Ядерная физика и инжиниринг».

С 3 по 8 сентября в пансионате ОИЯИ «Дубна» (Алушта, Крым) проходил **13-й Международный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц**, посвященный памяти В. П. Саранцева. Организаторами мероприятия выступили ОИЯИ, ИЯФ им. Г. И. Будкера СО РАН, Научный совет РАН по проблеме ускорителей заряженных частиц.

Семинар обеспечивает обмен информацией и обсуждение вопросов ускорительной науки и техники, физики пучков заряженных частиц, разработки новых проектов лептонных и адронных коллайдеров, усовершенствования действующих установок, использования ускорителей для научных и прикладных целей, привлечение молодых ученых к решению проблем ускорительной техники. С 2005 г. семинар проводится в Алуште.

Докладчики представляли крупнейшие ускорительные центры России, такие как ИЯФ СО РАН (Новосибирск), ОИЯИ (Дубна), ИТЭФ (Москва), ИФХЭ им. А. Н. Фрумкина РАН (Москва), ИЯИ РАН (Москва), МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва), НИЦ «Курчатовский институт» (Москва), НИЯУ МИФИ (Москва), высокотехнологичные предприятия Millab и АО НПП «Торий» (Москва), НГУ (Новосибирск), ФТЦ ФИАН (Протвино), Санкт-Петербургский государственный университет, НИИЭФА (Санкт-Петербург), ИЯИ (Троицк), а также IFIN-HH, NRC NR (Бухарест).

Тематика 13-го семинара охватывала такие важные вопросы ускорительной физики, как проекты коллайдеров сверхвысоких энергий, современные ионные ускорители и коллайдеры, циклические электрон-позитронные коллайдеры, генерация когерентного излучения в ЛСЭ, динамика пучков заряженных частиц, новые методы ускорения, ускорители для прикладных целей.

С 4 по 17 сентября в Санкт-Петербурге проходила ежегодная, 27-я, **Европейская школа по физике высоких энергий (ESHEP-2019)**. Эта серия школ, хорошо известных также как школы ЦЕРН–ОИЯИ, традиционно привлекает большое внимание молодежи благодаря серьезной научной программе, хорошо отработанному формату и тщательному подбору лекторов и лидеров дискуссий.

Школы проводятся поочередно в одной из стран-участниц международных организаций — ЦЕРН и ОИЯИ. Для проведения 27-й школы была выбрана Российская Федерация. В организации и поддержке

школы также приняли участие Министерство науки и высшего образования РФ, Российская академия наук и Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

На школу прибыло около 100 слушателей из более чем 30 стран. Большинство участников — аспиранты, завершающие работу над диссертациями, обладающие высоким научным потенциалом и задействованные в актуальных исследованиях. В качестве лекторов и лидеров дискуссий выступили ведущие ученые — представители основных направлений современной физики высоких энергий.

Традиционные лекции о научных программах ОИЯИ и ЦЕРН, а также перспективах исследований в области физики высоких энергий и элементарных частиц представили на школе директор ОИЯИ академик РАН В. А. Матвеев и генеральный директор ЦЕРН профессор Ф. Джанотти.

6 сентября в большом зале Санкт-Петербургского научного центра РАН в рамках проведения школы состоялось специальное мероприятие — встреча, посвященная обсуждению роли фундаментальной науки в развитии современного общества, с участием широкой общественности, слушателей школы, руководства ЦЕРН и ОИЯИ, представителей науки и финансирующих науку организаций. На встрече с публичной лекцией выступила Ф. Джанотти, после чего состоялась дискуссия с участием приглашенных гостей: директора ОИЯИ академика РАН В. А. Матвеева, заместителя академика-секретаря и руководителя секции ядерной физики Отделения физических наук РАН академика В. А. Рубакова, первого заместителя министра науки и высшего образования академика РАН Г. В. Трубникова, президента НИЦ КИ члена-корреспондента РАН М. В. Ковальчука, ректора СПбПУ академика РАН А. И. Рудского, ректора СПбГУ профессора Н. М. Кропачева.

Таким образом, вся серия Европейских школ по физике высоких энергий, которую организуют совместно ЦЕРН и ОИЯИ, продолжает на высоком уровне выполнять свою научную и культурную миссию, постоянно совершенствуя программу и формы общения со слушателями и общественностью.

С 9 по 10 сентября в Москве в Математическом институте им. В. А. Стеклова РАН (МИРАН) и с 11 по 13 сентября в Дубне в ОИЯИ проходила *Международная Боголюбовская конференция «Проблемы теоретической и математической физики»*, которая была посвящена 110-летию со дня рождения выдающегося ученого — математика и физика, академика РАН и АН УССР, директора ОИЯИ (1965–1989), основателя и первого директора ЛТФ ОИЯИ (1956–1965) Николая Николаевича Боголюбова (21.08.1909–13.02.1992).

Боголюбовская конференция была организована Российской академией наук, Объединенным институтом ядерных исследований и Математическим ин-

ститутом им. В. А. Стеклова РАН. Проведение Боголюбовской конференции стало возможным благодаря финансовой поддержке Объединенного института и Российского фонда фундаментальных исследований.

Главными темами Боголюбовской конференции 2019 г. были математика и нелинейная механика, квантовая теория поля, теория элементарных частиц, статистическая механика и кинетика, квантовая теория конденсированного состояния, ядерная физика — области, в развитие которых Н. Н. Боголюбов внес фундаментальный вклад.

В работе конференции приняли участие более 230 ученых, представлявших Белоруссию, Болгарию, Великобританию, Германию, Грецию, Грузию, Египет, Испанию, Италию, Китай, Кубу, Молдову, Монголию, Польшу, Португалию, Республику Корею, Россию, Сербию, Словакию, США, Узбекистан, Украину, Францию, Чехию, Чили и Швецию. Среди них — ведущие физики и математики, являющиеся как учениками Н. Н. Боголюбова, так и представителями многих школ, созданных великим ученым. В конференции участвовали не только известные зарубежные ученые, но и российские физики и математики, представлявшие ведущие отечественные научные центры, в том числе МИРАН, ФИ им. П. Н. Лебедева РАН, ИЯИ РАН, ИТЭФ, Петербургский институт ядерной физики, ИЯФ СО РАН, ИФВЭ, ОИЯИ, МГУ им. М. В. Ломоносова, Новосибирский, Самарский, Саратовский государственные университеты и др. Среди участников было много активно работающих молодых ученых как из Дубны и Москвы, так и из многих российских и международных центров. В программу конференции вошли 30 пленарных и 104 секционных доклада.

9 сентября в конференционном зале Математического института им. В. А. Стеклова конференцию открыли вице-президент РАН академик В. В. Козлов и директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев. Затем были представлены пленарные доклады. Академик В. В. Козлов (Москва) посвятил свой доклад полиномиальным законам сохранения квантовых систем; член-корреспондент И. В. Волович (Москва) обсуждал идеи Н. Н. Боголюбова в неравновесной статистической механике и достижения в проблеме необратимости; П. Экснер (Чехия) рассказал об изучении свойств сингулярных операторов Дирака с дельта-оболочечными взаимодействиями; В. Загребнов (Франция) обсуждал формулы произведений Троттера–Като для полугрупп Гиббса; В. А. Казаков (Франция) рассматривал свойства конформных теорий в разных измерениях; А. Горский (Москва) рассказал об изучении пересуммирования инстантонов в статсумме суперсимметричных теорий Янга–Миллса; К. Зарембо (Швеция) представил точные результаты в голографической дуальности; академик В. П. Незнамов (Саров) представил квантовую механику стационарных состояний частиц во внеш-

них сингулярных полях черных дыр с горизонтами событий нулевой толщины.

Во второй день работы конференции с пленарными докладами выступили: академик Д. В. Трещёв (Москва) — об энтропии унитарных операторов, Л. Аккарди (Италия) — о расширениях квантовой механики и квантовой теории поля, канонически вытекающих из теории ортогональных многочленов, Г. Саввиди (Греция) — о максимально хаотических динамических системах Аносова–Колмогорова, Е. И. Зеленов (Москва) — об увеличении энтропии в p -адических квантовых каналах.

С 11 по 13 сентября Боголюбовская конференция продолжила работу в Дубне, в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, носящей имя Н. Н. Боголюбова. Заседание в Дубне началось докладом директора ОИЯИ академика В. А. Матвеева о научной школе Н. Н. Боголюбова в Дубне. В следующем обзорном докладе академик Р. И. Ильяев (Саров) рассказал о работе Н. Н. Боголюбова в РФЯЦ-ВНИИЭФ в 50-х гг. XX в. В пленарных докладах этого рабочего дня конференции директор ЛТФ ОИЯИ член-корреспондент РАН Д. И. Казаков обсуждал R -операцию Боголюбова в неперенормируемых теориях, И. Я. Арефьева (Москва) рассказала об изучении голографических принципов в непертурбативных методах исследования квантово-полевых теорий, в частности, КХД, Ч. Бай (Китай) рассматривал деформации и управляющие когомологии O -операторов и их применение для описания деформаций кососимметричных r -матриц, В. Добрев (Болгария) представил конструкцию многопараметрического квантового пространства-времени Минковского и квантовой иерархии Максвелла.

На следующий день с пленарными докладами выступили академик В. А. Рубаков (Москва) — о космологических решениях отскоком и генезисом, Г. Корчемский (Франция) — об энергетических корреляциях на «конформном коллаидере», К. Г. Четыркин (Германия) — о последних исследованиях многопетлевой ренормализационной группы в КХД, член-корреспондент РАН В. С. Фадин (Новосибирск) — о статусе уравнения Балицкого–Фадина–Кураева–Липатова и проблемах в его применении, С. Деркачев (Санкт-Петербург) — о разделении переменных и корреляторах Бассо–Диксона в двумерной сеточной конформной теории поля, В. П. Спиридонов (Дубна) — о суперконформных индексах, дуальности Зайберга и использовании специальных функций в суперконформных теориях.

В пленарных докладах, сделанных в последний день Боголюбовской конференции, С. Флах (Республика Корея) рассмотрел динамику эргодизации в слабо неинтегрируемых системах многих тел на примере динамического стекла, Н. М. Плакида (Дубна) обсуждал сверхпроводимость в электронных

системах с сильными корреляциями, В. И. Захаров (Москва) продемонстрировал проявления квантовых аномалий в квантовой статистической механике, член-корреспондент РАН Д. С. Горбунов (Москва) рассказал о современном статусе инфляционной теории, Э. Боос (Москва) обсудил подход эффективной теории в выходе за пределы Стандартной модели, Р. Н. Фаустов (Москва) рассмотрел свойства тяжелых барионов в релятивистской кварковой модели.

Секционные заседания проходили по отдельным научным направлениям, тесно связанным с научной деятельностью Н. Н. Боголюбова.

В докладах секции «Математика и нелинейная механика», представленных в основном в Москве, обсуждались боголюбовские микроскопические решения кинетического уравнения Больцмана–Энскога, корреляционные функции интегрируемых моделей, связь суперянг-алгебр с супералгебрами квантовых петель, макроскопическая дальнедействующая динамика фермионов и квантовых спинов на решетке, аспекты современных алгебраических представлений и факторная структура квантовых интегрируемых многочастичных моделей, современные проблемы в гравитации, неравновесная двумерная теория Юкавы на фоне сильных скалярных волн, нелинейное взаимодействие сильных гравитационных и электромагнитных волн расширяющейся Вселенной, свойства вращающихся черных дыр, свойства структур Ли–Пуассона, космологические модели с членами Гаусса–Бонне и неминимально связанными скалярными полями и др.

На секции «Квантовая теория поля и теория элементарных частиц» подробно рассматривались вопросы дифракционного рассеяния в КХД, поиск светлой темной материи на ускорителях, составная модель Хиггса и генерация асимметрии барионов, легкие скаляры в NMSSM, диджет-корреляции в многоструйных процессах в реджевском пределе КХД, боголюбовский компенсационный подход и эффективные взаимодействия в Стандартной модели, схема NSVZ в неабелевых суперсимметричных калибровочных теориях, преодоление двухпетлевого барьера для обобщенного метода сокращения IBP, преобразования Ландау–Халатникова–Фрадкина и загадка четных дзета-значений, нарушение конформной симметрии в безмассовых аналитических РТ-выражениях для D -функции Адлера и правила поляризованной суммы Бьёркена, техника обрезания четырехпетлевых безмассовых пропагаторов, эллиптические главные интегралы в нерелятивистской КХД, суммирование коллинеарных операторных разложений в $N = 4$ суперсимметричной теории Янга–Миллса и др.

Основными рассматриваемыми вопросами на секции «Статистическая механика, кинетика и квантовая теория конденсированного вещества» были топологические и геометрические квантовые явления в наноархитектурах полупроводников и сверх-

проводников, метод Хартри–Фока–Боголюбова в теории бозе-конденсированных систем, резонансные особенности джозефсоновских контактов сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник, классические и квантовые кристаллические радужные процессы, временная эволюция открытых неравновесных систем и необратимость, аномальный скейлинг в явлениях турбулентности, квантовые корреляции в квазиоднородной макромолекулярной цепи с одно-вибронным возбуждением.

На секции «Ядерная физика» обсуждалось правило квантования Бора–Зоммерфельда в случае малого потенциала, резонансы в модели Фридрихса–Фаддеева, радиус заряда протона и постоянная Ридберга из спектроскопии HD⁺, резонансы, вызванные конфайнментом, в двухцентровой задаче, системы Ван-дер-Ваальса для трех тел и др.

Боголюбовская конференция 2019 г. показала сохранение научных традиций, заложенных Николаем Николаевичем Боголюбовым, в мировом научном сообществе.

Более подробную информацию о конференции и материалы докладов можно найти на сайте: <http://theor.jinr.ru/~bog2019/>. Труды конференции будут изданы в журнале ЭЧАЯ.

23 сентября в Варне (Болгария) начала свою работу *23-я Международная школа по ядерной физике, нейтронной физике и приложениям*. Школу организует Институт ядерных исследований и ядерной энергетики Болгарской академии наук и ОИЯИ раз в два года.

Основная цель школы — активизация научной деятельности ядерно-физического сообщества Юго-Восточной Европы. Для известных физиков и их молодых коллег со всего мира это популярное и привлекательное место обсуждения наиболее актуальных аспектов экспериментальных и теоретических исследований.

Свыше ста ученых из разных стран приехали в Болгарию для участия в 23-й школе. Ее программа охватывала следующие темы: возбужденные состояния ядер при различных энергиях; ядра с большими угловыми моментами и при высоких температурах; структура ядра и ядерные реакции, далекие от области стабильности; симметрии и коллективные явления; методы измерения времени жизни частиц; астрофизические аспекты структуры ядра; нейтронная ядерная физика; ядерные данные; передовые методы переработки ядерных отходов; прикладные применения ядерных методов.

Программа школы включала приглашенные доклады, устные и постерные презентации. В ходе неформальных бесед участники обсудили перспективы совместных исследований различных научных центров.

С 30 сентября по 4 октября в городке Будва (Республика Черногория) проходил *27-й Международ-*

ный симпозиум по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'2019). Форум имеет богатые традиции и проводится ОИЯИ с 1963 г., и в десятый раз его организаторами явились ОИЯИ и ЦЕРН. Сопредседателями данного симпозиума были: со стороны ОИЯИ — директор ЛИТ В. В. Кореньков, со стороны ЦЕРН — руководитель проекта WLCG Я. Бёрд. В его работе приняли участие более 190 ведущих специалистов (представители 30 научных организаций) в области современных компьютерных и сетевых технологий, распределенных вычислений и ядерной электроники из 13 стран: Белоруссии, Болгарии, Великобритании, Германии, России, США, Франции, Чехии, Словакии, Италии, Китая, Швейцарии и ЮАР.

Научная программа симпозиума охватывала широкий круг вопросов и включала несколько секций: это детекторная и ядерная электроника, триггерные системы и системы сбора данных, алгоритмы машинного обучения и аналитика больших данных, грид-технологии и облачные вычисления, компьютеринг для экспериментов на крупномасштабных ускорительных установках (LHC, FAIR, NICA, SKA, PIC, XFEL, ELI и др.), исследовательские инфраструктуры данных, вычисления на гибридных системах, а также ставшую традиционной секцию симпозиума — информационные технологии в образовании. Симпозиум прошел при спонсорской поддержке IBS Platform, Supermicro Computer, NIAGARA, Jet Infosystems, Intel, RSC Group, Cisco, Dell EMC, ITCost.

На пленарных сессиях были представлены доклады, в частности, В. В. Коренькова о стратегии развития информационных технологий в ЛИТ, Д. Барбериса (ЦЕРН) о развитии инструментария для мониторинга систем распределенных вычислений в эксперименте ATLAS, А. Валасси (ЦЕРН) об анализе и учете вычислительных ресурсов в проекте WLCG (Worldwide LHC Computing Grid), И. Бруйн о модернизации электроники для мюонной системы CMS на LHC с высокой светимостью. С. И. Сидорчук (ОИЯИ) рассказал об экспериментальных проектах, посвященных исследованию экзотических ядер в Дубне. Доклад А. К. Кирьянова (ПИЯФ, Гатчина) был посвящен организации российского федеративного распределенного хранилища данных — Национального озера научных данных.

С пленарными докладами по проблематике сбора данных, компьютеринга и организации хранения данных для крупномасштабных экспериментальных установок, таких как LHC и NICA, выступили ведущие специалисты В. Ванделли (ЦЕРН), О. В. Рогачевский (ОИЯИ), А. Максимчук (ОИЯИ), Р. Гаджийска (Институт ядерных исследований и ядерной энергетики Болгарской академии наук), Х. Серт (Рейнско-Вестфальский технический университет г. Ахена).

На секционных заседаниях были представлены доклады, вызвавшие большой интерес участников

симпозиума и посвященные актуальным вопросам развития техники детекторов, системам сбора данных и автоматизации, компьютеризации для крупномасштабных экспериментальных установок, развитию исследовательских инфраструктур данных, применению современных IT-технологий, таких как грид, облачные вычисления, гибридный компьютеризация, машинное обучение для решения современных научных задач.

В рамках научной программы форума были организованы два круглых стола. Тематика дискуссий затрагивала практические аспекты применения технологий CISCO для серверной части, хранения данных, организации сети, в том числе для частного и гибридного облака. На круглом столе, организованном компанией NIAGARA, обсуждались вопросы микроархитектуры процессоров, тенденции развития суперкомпьютерной архитектуры, обработки и хранения данных.

УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2019 г. ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 485 международных конференциях и совещаниях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на Летней школе по физике лабораторий iThemba (Кейптаун, ЮАР); 13-м совещании международной коллаборации JUNO (Шанхай, Китай); семинаре GSI/FAIR по статистическому охлаждению (Дармштадт, Германия); конференции «Комплексное проектирование микросистем средствами автоматизированного проектирования компании «Mentor Graphics» (Зеленоград, Россия); торжественном открытии Международного года Периодической таблицы химических элементов (Париж, Франция); совещании по системе хранения данных ЦЕРН EOS (Женева, Швейцария); ежегодной конференции компании V&R «Дни инноваций» (Москва, Россия); семинаре по системе сбора данных в эксперименте COMPASS (COMPASS DAQFEET 2019) (Гархинг, Германия); 10-м Азиатском форуме по ускорителям и детекторам (AFAD-2019) (Дели, Индия); 32-м совещании рабочей группы UNECE по международной программе изучения влияния загрязнения воздуха на природную растительность и урожай (Тырговиште, Румыния); 27-м совещании коллаборации COMET (Токай, Япония); Московской международной школе по физике (Вороново, Россия); совещании коллаборации NOvA (Остин, США); ежегодном совещании коллаборации NUSTAR (Дармштадт, Германия); 34-й Международной конференции по взаимодействию интенсивных энергетических потоков с материей (Elbrus-2019) (Терскол, Россия); 53-й Зимней школе ПИЯФ (Рошино, Россия); 23-м Международном симпозиуме «Нанопизика и наноэлек-

В пятый раз в рамках симпозиума была проведена международная студенческая школа-конференция по современным информационным технологиям. Основными темами научной программы школы были аналитика больших данных, машинное обучение, распределенные системы. В рамках школы проходил отбор лучших работ студентов, по результатам которого победители представили свои презентации на заключительной пленарной сессии симпозиума. Участникам студенческой школы вручены сертификаты, а лучшие студенты награждены дипломами.

На церемонии закрытия были подведены итоги работы симпозиума. Всего в рамках научной программы мероприятия проведено 32 заседания, представлено 140 докладов, включая 31 пленарный и 109 секционных. С заключительным словом выступили представители оргкомитета. Все выступавшие отметили высокий уровень и глубину докладов, активность участников.

троники» (Нижний Новгород, Россия); 36-м совещании коллаборации HADES (Дармштадт, Германия); 4-м совещании по проекту xFitter (Минск, Белоруссия); международном совещании «Подкритические ядерные системы и проблемы ядерной энергетики» (Ташкент, Узбекистан); 9-й Международной научно-практической конференции им. А.И. Китова «Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении» (ИТиММ-2019) (Москва, Россия); 54-м Международном семинаре ASRC «Деление ядер и структура экзотических ядер» (Sakura-2019) (Токай, Япония); 6-й Всероссийской конференции «Технологии разработки и отладки сложных технических систем» (Москва, Россия); 33-м совещании коллаборации CBM (Дармштадт, Германия); 17-м совещании по ядерной физике (WONP-2019) (Гавана, Куба); 15-й Международной конференции IIR по криогенике и выставке «Ломоносов-2019» (Москва, Россия); 26-й Научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2019» (Москва, Россия); 26-й Научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов в университете «Дубна» (Дубна, Россия); ежегодной конференции «Полиномиальная компьютерная алгебра» (Санкт-Петербург, Россия); Всероссийской конференции «Физическая и аналитическая химия природных и техногенных систем, новые технологии и материалы — Ходаковские чтения» (Дубна, Россия); 25-й Всероссийской конференции студентов-физиков и молодых ученых (ВНКСФ-25) (Севастополь, Симферополь, Россия); 2-й Международной конференции по аналитической химии и радиохимии (RANC-2019) (Будапешт, Венгрия);

4-й Международной конференции по ядерной структуре и динамике (NSD2019) (Венеция, Италия); Открытом симпозиуме Совета ЦЕРН по европейской стратегии в физике частиц (Гранада, Испания); 10-й Международной конференции по ускорителям частиц (IPAC'19) (Мельбурн, Австралия); Международной конференции по ядерным данным для науки и техники (ND'2019) (Пекин, Китай); саммите участников Европейского консорциума массивных открытых онлайн-курсов (ЕМООСs-2019) (Неаполь, Италия); международной научной конференции «Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века» (Минск, Белоруссия); совещании по матричным элементам для экспериментов с двойным бета-распадом (MEDEX'19) (Прага, Чехия); 49-й Международной Тулиновской конференции по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами (Москва, Россия); международной конференции «Химия, физика и биология коллоидов и интерфейсов» (CPBCI) (Эгер, Венгрия); совещании коллаборации NOvA (Брайтон, Великобритания); конференции компании «Инфосистемы Джет» по безопасности (Москва, Россия); Международной конференции по прецизионной физике и фундаментальным физическим константам (FFK-2019) (Тихани, Венгрия); Международной конференции по применению ядерных методов (CRETE19) (Крит, Греция); 18-й Международной конференции по странности в кварковой материи (SQM-2019) (Бари, Италия); 7-й Международной конференции по излучению в различных областях исследований (Герцег-Нови, Черногория); 28-м совещании коллаборации COMET (Токио, Япония); семинаре разработчиков JOIN2 в группе L (библиотеки и документация) (Гамбург, Германия); 12-й Международной конференции по моделированию, имитационному расчету хаотической динамики и приложениям (CHAOS-2019) (Ханья, Греция); детекторной школе SENSE «Развитие датчиков абсолютно низкого уровня освещенности» (замок Ринберг, Германия); 38-м Международном совещании по теории ядра (IWNT) (Боровец, Болгария); 10-м Международном семинаре Александра Фридмана по гравитации и космологии и 4-м Симпозиуме по эффекту Казимира (Санкт-Петербург, Россия); 2-м Международном научном форуме «Ядерная наука и технологии» (Алма-Ата, Казахстан); 26-й Международной конференции по адронной структуре и спектроскопии (IWHSS-2019) (Авейру, Португалия); церемонии запуска германороссийской дорожной карты сотрудничества в области образования, науки, исследований и инноваций (Берлин, Германия); заседании Российско-германской комиссии по научно-техническому сотрудничеству (Берлин, Германия); 7-й Европейской конференции по рассеянию нейтронов (ECNS-2019) (Санкт-Петербург, Россия); 21-м Международном семинаре по детекторам радиацион-

ной визуализации (IWORID-2019) (Ханья, Греция); 15-й Международной конференции по магнитным жидкостям (ICMF-2019) (Париж, Франция); конференции Европейского физического общества по физике высоких энергий (EPS-HEP-2019) (Гент, Бельгия); 19-м Международном Балканском совещании по прикладной физике и материаловедению (IBWAP-2019) (Констанца, Румыния); 14-й Международной конференции по перспективным наноматериалам (ANM-2019) (Авейру, Португалия); 14-м совещании коллаборации JUNO (Пекин, Китай); конференции-школе по классическим и квантовым интегрируемым системам (CQIS-2019) (Санкт-Петербург, Россия); 3-й Российской конференции «Графен: молекула и 2D-кристалл» (Новосибирск, Россия); 20-й Международной конференции по радиационным эффектам в диэлектриках (REI-20) (Нур-Султан, Казахстан); 8-й Международной конференции «Новые рубежи в физике» (ICNFP-2019) (Колимбари, Греция); 6-й Международной конференции по химии и физике трансактинидных элементов (TAN'19) (Вильгельмсхафен, Германия); Еврошколе по экзотическим пучкам (Орхус, Дания); Летней школе МНТЦ-ЦЕРН-ОИЯИ «Введение в физику высоких энергий и ускорительную физику» (Алма-Ата, Казахстан); 21-й Международной конференции по поверхностной модификации материалов ионными пучками (SMMIB-2019) (Томск, Россия); 21-м Международном совещании по компьютерной алгебре в научных вычислениях (CASC-2019) (Москва, Россия); 36-й конференции на Мазурских озерах по физике (Пяски, Польша); 24-й Европейской конференции по проблемам нескольких тел в физике (24 EFB) (Гилфорд, Великобритания); совещании «Легкие кластеры в ядерной материи: ядерная структура и распад, столкновения тяжелых ионов и астрофизика» (Тренто, Италия); совещании «Эффективные источники нейтронов» (ENS-2019) (Виллиген, Швейцария); Семинаре по численным и символьным вычислениям (Варна, Болгария); 21-м Менделеевском съезде по общей и прикладной химии (Санкт-Петербург, Россия); 21-м коллоквиуме GANIL (GANIL-2019) (Страсбург, Франция); Международной конференции по современным научным вычислениям (ICASC-2019) (Синая, Румыния); конференции «Ядерная физика в астрофизике» (NPA IX) (Вальдхаузен, Германия); конференции «КХД на световом конусе: от адронов к тяжелым ионам» (LC-2019) (Палезо, Франция); 24-м Международном совещании «Физика высоких энергий и квантовая теория поля» (QFTHEP'2019) (Сочи, Россия); 22-й Международной конференции по циклотронам и их применению (Кейптаун, ЮАР); 21-й Международной летней школе по вакуумной, электронной и ионной технологиям (VEIT-2019) (Созополь, Болгария); международной конференции «Суперкомпьютерные дни в России» (Москва, Россия); 37-м совещании коллаборации NADES (Краков, Польша);

12-м Международном совещании по методам охлаждения (COOL-2019) (Новосибирск, Россия); 3-м симпозиуме J-PARK (J-PARK-2019) (Цукуба, Япония); 26-м совещании по ядерной физике (Казимеж-Дольны, Польша); Объединенном совещании 2019 года по будущей фабрике чармтау (Москва, Россия); 9-й Международной конференции «Современные проблемы ядерной физики и ядерных технологий» (Ташкент, Узбекистан); 13-й Международной конференции «Взаимодействие излучений с твердым телом» (ВИТТ-2019) (Минск, Белоруссия); обзорной неделе ATLAS (Берлин, Германия); совещании «Проект DARIA: компактные источники нейтронов в России» (Калининград, Россия); международной конференции «Новые рубежи в ядерной физике» (Варанаси, Индия); 29-м совещании коллаборации COMET (Цукуба, Япония); совещании коллаборации SuperNEMO (Леж-Кап-Ферре, Франция); Всероссийской конференции «Экотоксикология-2019» (Тула, Россия); конференции «Изоспин, структура, реакции и энергия симметрии» (ISTROS) (Часта-Паперничка, Словакия); 14-й Всероссийской научной конференции «Мембраны-2019» (Сочи, Россия); совещании по новым подходам к изучению многонуклонных передач (Дармштадт, Германия); коллоквиуме по *CP*-нарушению в физике нейтрино (Prague v19) (Прага, Чехия); совещании по проекту EXPERT коллаборации SuperFRS международного проекта FAIR (Варшава-Краков, Польша); 24-й Международной конференции по компьютерингу в физике высоких энергий и ядерной физике (СНЕР-2019) (Аделаида, Австралия); 28-й Международной конференции по ультрарелятивистским ядро-ядерным столкновениям «Кварковая материя-2019» (Ухань, Китай); Всероссийском молодежном научном форуме «Открытая наука-2019» (Гатчина, Россия); семинаре, посвященном открытию установки нейтронной радиографии и томографии на реакторе ВВР-К (Алма-Ата, Казахстан); 15-й Международной конференции по активационному анализу (МТАА-15) (Мумбаи, Индия); Международном совещании по высокоэнергетическому кольцевому электрон-позитронному коллайдеру 2019 (Пекин, Китай); научно-техническом семинаре «Производство альфа-эмиттеров и перспективы создания РФЛП (радиофармацевтических лекарственных препаратов) на их основе» (Обнинск, Россия); Школе пользователей XFEL и синхротронной радиации (SFEL-2019) (Липтовски-Ян, Словакия); конференции-форуме «Обмен в научно-исследовательской и инновационной деятельности» (RISE) со стартовым совещанием по проекту SSHARE (Минск, Белоруссия); конференции по калориметрии для высоких энергий (CHEF-2019) (Фукуока, Япония); международной конференции «Вызовы и возможности для международного сотрудничества в естественных науках» (Ханой, Вьетнам); Всероссийской научно-технической конфе-

ренции «Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики» (Обнинск, Россия); Международном совещании по применениям ядерной спектроскопии и смежных методов в науке о материалах (Хошимин, Вьетнам); Международном симпозиуме по сверхтяжелым элементам (SHE-2019) (Хаконе, Япония); совещании по проекту МАГАТЭ «Усиление управления прибрежной средой в Адриатическом и Черном морях с помощью ядерных аналитических методов» (Вена, Австрия); 32-м Международном симпозиуме по сверхпроводимости (ISS-2019) (Киото, Япония); церемонии закрытия Международного года Периодической системы (IYPT 2019) (Токио, Япония); совещании коллаборации ArgonCube (Берн, Швейцария); семинаре «Горизонты сотрудничества между ОИЯИ и Азербайджаном в области ядерной физики, физики элементарных частиц и детекторов частиц» (Баку, Азербайджан); 16-й Баксанской школе по астрофизике частиц «Частицы и космология» (Терскол, Россия); конференции «Новые тенденции в физике высоких энергий» (Одесса, Украина); международной школе «Дни ОИЯИ в Болгарии» (Боровец, Болгария); международной конференции «Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ» (RNP-2019) (Стара-Лесна, Словакия); школе молодых ученых «Современные IT-технологии для решения научных задач» (Владикавказ, Россия); 8-й Ежегодной конференции молодых ученых и специалистов ОИЯИ («Алушта-2019») (Алушта, Россия); 13-й Российской летней школе-семинаре «Методы оценки и обеспечения радиационной стойкости изделий» («Радиационная стойкость-2019») (Ялта, Россия); международной конференции «Математическое моделирование и вычислительная физика» (ММСР-2019) (Стара-Лесна, Словакия); 26-й Международной конференции по интегрируемым системам и квантовым симметриям (ISQS-26) (Прага, Чехия); 19-й Байкальской летней школе ОИЯИ-ИГУ по физике элементарных частиц и астрофизике (Большие Коты, Россия); рабочем совещании по проекту DERICA (в рамках ICNFP 2019) (Калимбари, Греция); 19-й Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц (Москва, Россия); международном совещании «Суперсимметрии и квантовые симметрии» (SQS'2019) (Ереван, Армения); 8-й Международной школе по физике нейтрино им. Б. М. Понтекорво (Синая, Румыния); 13-м Международном семинаре памяти В. П. Саранцева по проблемам ускорителей заряженных частиц (Алушта, Россия); Европейской школе по физике высоких энергий (школа ЦЕРН-ОИЯИ) (Санкт-Петербург, Россия); международной конференции «Проблемы теоретической и математической физики», посвященной 110-летию со дня рождения Н. Н. Боголюбова (Москва-Дубна, Россия); Камчатской школе по физике элементарных частиц и сопутствующим темам (Паратунка, Россия); 23-й Между-

народной школе по ядерной физике, нейтронной физике и приложениям (Варна, Болгария); 27-м Международном симпозиуме по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'19) и международной студенческой школе «Анализ больших данных и распределенные системы» (в рамках NEC'19) (Будва, Черногория); Днях NICA-2019 и 4-м совещании колла-

борации MPD (Варшава, Польша); Школе для учителей физики из стран-участниц (Женева, Швейцария); совместном совещании KLFTR-BLTP по физике сильного взаимодействия (Гуанчжоу, Китай); заседании Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (КПП) (Ханой, Вьетнам).

СПРАВКА О РАЗВИТИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И СВЯЗЕЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗА 2019 Г.

1.	Краткосрочные командировки в ОИЯИ специалистов стран-участниц (не считая российских специалистов)	1014
2.	Командировки в ОИЯИ специалистов из других стран, в том числе из стран ассоциированного участия	798 405
3.	Командировки специалистов ОИЯИ в страны-участницы (без командировок по России)	1481
4.	Командировки сотрудников ОИЯИ в другие страны, в том числе в страны ассоциированного участия	1748 505
5.	Конференции, школы, совещания, проведенные ОИЯИ	88
6.	Новые соглашения о сотрудничестве (меморандумы о намерениях), приложения к существующим	43

НАУЧНЫЕ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОБЪЕДИНЕННЫМ ИНСТИТУТОМ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2019 Г.*

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
1.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	21–22 января	62
2.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	22–23 января	71
3.	Совещание подгруппы «ФКС и нейтронная физика» международной рабочей группы по стратегическому планированию деятельности ОИЯИ	Дубна	23 января	29
4.	Совещание экспертных советов по проектам MPD и BM@N	Дубна	23 января	50
5.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	24–25 января	70
6.	15-я Зимняя школа по теоретической физике «Сложные системы и перспективные материалы»	Дубна	28 января – 14 февраля	32
7.	Совещание по проекту высокоточного линейного ускорителя тяжелых ионов для исследований на пучках радиоактивных ядер в ОИЯИ	Дубна	7–8 февраля	90
8.	8-й Открытый турнир по робототехнике (CyberDubna 2019)	Дубна	8–10 февраля	172
9.	29-е заседание объединенного комитета по сотрудничеству IN2P3–ОИЯИ	Дубна	12–13 февраля	16
10.	Совещание подгруппы «Физика релятивистских тяжелых ионов и спиновая физика» международной рабочей группы по стратегическому планированию деятельности ОИЯИ	Дубна	21 февраля	10
11.	125-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	21–22 февраля	107

*Ряд конференций проведен совместно с другими организациями.

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
12.	Международная сессия-конференция секции ядерной физики Отделения физических наук Российской академии наук (СЯФ ОФН РАН)	Дубна	13–15 марта	55
13.	Совещание рабочей группы по финансовым вопросам ОИЯИ при председателе КПП	Дубна	20–21 марта	29
14.	Международное совещание «Бесконечная и конечная ядерная материя»	Дубна	20–22 марта	27
15.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	22–23 марта	69
16.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Дубна	25–26 марта	89
17.	Совещание по созданию нового спектрометра неупругого рассеяния нейтронов	Дубна	28–29 марта	20
18.	Семинар «Горизонты сотрудничества между ОИЯИ и Азербайджаном в области ядерной физики, физики элементарных частиц и детекторов частиц»	Баку, Азербайджан	8–11 апреля	25
19.	16-я Международная Баксанская школа по астрофизике «Частицы и космология»	Терскол, Россия	10–18 апреля	70
20.	Дни физики в Дубне-2019	Дубна	12–14 апреля	233
21.	23-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ (ОМУС-2019)	Дубна	15–19 апреля	210
22.	3-е коллаборационное совещание по экспериментам MPD и BM@N на установке NICA	Дубна	16–17 апреля	149
23.	Конференция «Новые тенденции в физике высоких энергий»	Одесса, Украина	12–18 мая	80
24.	Совещание международной рабочей группы RAD-TEST по проблемам испытаний электронной компонентной базы для космических применений на стойкость к воздействию ионизирующих излучений космического пространства и смежным вопросам	Дубна	13–17 мая	56
25.	Международная школа по ядерной физике «Дни ОИЯИ в Болгарии»	Боровец, Болгария	21–22 мая	75
26.	Рабочее совещание по компьютерной алгебре	Дубна	23–24 мая	45
27.	Международная конференция «Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ» (RNP-2019)	Стара-Лесна, Словакия	26 мая – 1 июня	50
28.	Школа молодых ученых «Современные IT-технологии для решения научных задач»	Владикавказ, Россия	27–28 мая	70
29.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	28–31 мая	35
30.	Международный симпозиум «Настоящее и будущее Периодической таблицы химических элементов»	Дубна	30–31 мая	86
31.	14-е Международное совещание по корреляциям частиц и фемтоскопии, посвященное 100-летию со дня рождения М. И. Подгорецкого	Дубна	3–7 июня	70
32.	Международная студенческая практика, 1-й этап (ЮАР)	Дубна	3–21 июня	24
33.	Международное совещание «SPD на NICA-2019»	Дубна	4–8 июня	117
34.	10-я сессия международного экспертного комитета ОИЯИ по проекту ускорительного комплекса NICA	Дубна	5–6 июня	35

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
35.	27-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами «Фундаментальные взаимодействия и нейтроны, ядерная структура, ультрахолодные нейтроны, сопутствующие темы» (ISINN-27)	Дубна	10–14 июня	108
36.	8-я Ежегодная конференция молодых ученых и специалистов в Алуште («Алушта-2019»)	Алушта, Россия	10–17 июня	80
37.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	17–18 июня	68
38.	Совещание подгруппы «ФКС и нейтронная физика» международной рабочей группы по стратегическому планированию деятельности ОИЯИ	Дубна	18 июня	15
39.	Международное совещание экспертных советов по проектам MPD и BM@N	Дубна	18 июня	50
40.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	19–20 июня	63
41.	95-е заседание Европейского комитета по сотрудничеству в области ядерной физики (NuPECC)	Дубна	21–22 июня	27
42.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	24–25 июня	68
43.	13-я Российская летняя школа-семинар «Методы оценки и обеспечения радиационной стойкости изделий электронной техники» («Радиационная стойкость-2019»)	Ялта, Россия	24–28 июня	60
44.	Международная конференция «Современные вопросы радиационной генетики»	Дубна	27–28 июня	75
45.	Программа для польских студентов «Команда для будущего на NICA» (TeFeNICA)	Дубна	30 июня – 31 августа	65
46.	Международная конференция «Математическое моделирование и вычислительная физика»	Стара-Лесна, Словакия	1–5 июля	80
47.	69-я Международная конференция по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра «Фундаментальные проблемы ядерной физики, ядра у границ нуклонной стабильности, высокие технологии» («Ядро-2019»)	Дубна	1–5 июля	320
48.	Научная школа для победителей олимпиад из Чешской Республики	Дубна	1–5 июля	25
49.	Научная школа для учителей физики из Чехии и Словакии	Дубна	1–5 июля	16
50.	Многопрофильная школа-семинар (летняя школа и мастерская «105-й элемент»)	Дубна	7 июля – 7 августа	30
51.	Международная студенческая практика, 2-й этап (Азербайджан, Болгария, Польша, Румыния, Словацкая Республика, Чешская Республика)	Дубна	8–26 июля	101
52.	26-я Международная конференция по интегрируемым системам и квантовым симметриям	Прага, Чехия	8–12 июля	82
53.	19-я Байкальская летняя школа ОИЯИ–ИГУ по физике элементарных частиц и астрофизике	Большие Коты, Россия	12–19 июля	72

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
54.	13-е совместное АРСТР – ЛТФ ОИЯИ совещание «Современные проблемы ядерной физики и физики элементарных частиц»	Дубна	15–19 июля	71
55.	Гельмгольцевская международная летняя школа «Квантовая физика предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков»	Дубна	22 июля – 2 августа	84
56.	23-я Летняя школа молодых ученых и специалистов («Липня-2019»)	Дубна	26–28 июля	60
57.	Международная школа «Перспективные методы современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы»	Дубна	28 июля – 2 августа	52
58.	31-я Летняя международная компьютерная школа	Дубна	2–20 августа	86
59.	Гельмгольцевская международная летняя школа «Космология, струны и новая физика»	Дубна	4–17 августа	65
60.	Международный научный семинар «Экспериментальные методы в физике частиц», посвященный 85-летию со дня рождения профессора И. А. Голутвина	Дубна	8 августа	75
61.	Совещание по проекту DERICA (в рамках 8-й Международной конференции «Новые горизонты в физике»)	Колимбари, Греция	21–25 августа	22
62.	Международное совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии» (SQS'19)	Ереван, Армения	26–31 августа	110
63.	8-я Международная школа по физике нейтрино им. Б. М. Понтекорво	Синая, Румыния	1–10 сентября	83
64.	18-е рабочее совещание по физике спина при высоких энергиях (DSPIN-19)	Дубна	2–6 сентября	51
65.	13-й Международный научный семинар памяти профессора В. П. Саранцева «Проблемы коллайдеров и ускорителей заряженных частиц»	Алушта, Россия	3–8 сентября	110
66.	Европейская школа по физике высоких энергий-2019 (Школа ОИЯИ–ЦЕРН)	Санкт-Петербург, Россия	4–17 сентября	130
67.	Международная студенческая практика, 3-й этап (Белоруссия, Куба, Сербия, ЮАР)	Дубна	9–27 сентября	21
68.	Международная Боголюбовская конференция «Проблемы теоретической и математической физики», посвященная 110-летию со дня рождения Н. Н. Боголюбова	Москва – Дубна, Россия	9–13 сентября	60
69.	Научный семинар, посвященный памяти В. Б. Приезжева, в связи с его 75-летием	Дубна	10 сентября	60
70.	Камчатская школа по физике элементарных частиц и смежным темам	Паратунка, Россия	12–15 сентября	70
71.	Международное совещание «Адронная материя при экстремальных условиях»	Дубна	16–19 сентября	74
72.	126-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	19–20 сентября	116
73.	9-й отчетный семинар национальной группы Украины в ОИЯИ	Дубна	21 сентября	21
74.	23-я Международная школа по ядерной физике, нейтронной физике и приложениям	Варна, Болгария	22–28 сентября	117

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
75.	27-й Международный симпозиум по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'19) и международная студенческая школа «Анализ больших данных и распределенные системы» (в рамках NEC'19)	Будва, Черногория	29 сентября – 4 октября	220
76.	18-е заседание объединенного координационного комитета по сотрудничеству ОИЯИ–ЮАР	Дубна	8–11 октября	10
77.	4-е коллаборационное совещание по эксперименту VM@N на установке NICA	Дубна	14–15 октября	119
78.	Совещание рабочей группы по финансовым вопросам ОИЯИ при председателе КПП	Дубна	17–18 октября	28
79.	Международная конференция «Радиобиологические основы лучевой терапии» к 60-летию первых радиобиологических экспериментов в ОИЯИ	Дубна	17–18 октября	82
80.	5-я сессия объединенного координационного комитета по сотрудничеству Сербии и ОИЯИ	Дубна	17–18 октября	14
81.	Дни NICA-2019 и 4-е совещание коллаборации MPD	Варшава, Польша	25–26 октября	290
82.	Объединенная ускорительная школа США, ЦЕРН, Японии и России «Физика ионных коллайдеров»	Дубна	29 октября – 6 ноября	71
83.	12-я Международная научная школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ в ЦЕРН	Женева, Швейцария	3–10 ноября	24
84.	Совместное совещание KLFTR – ЛТФ ОИЯИ по физике сильного взаимодействия	Гуанчжоу, Китай	6–11 ноября	82
85.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Ханой, Вьетнам	21–22 ноября	75
86.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Ханой, Вьетнам	25–26 ноября	90
87.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	3–6 декабря	60
88.	Международное совещание по применению ядерно-физических методов для исследования объектов культурного наследия	Дубна	16–17 декабря	36

Проводились также заседания Научно-технического совета ОИЯИ, выполнялась учебная программа «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и стран-партнеров» (JEMS-10,11,12,13,14), стажировки для молодых ученых и специалистов СНГ.

Кроме того, ОИЯИ содействовал организации и проведению международного совещания «Подкрити-

ческие ядерные системы и проблемы ядерной энергетики», летней школы МНТЦ–ЦЕРН–ОИЯИ «Введение в физику высоких энергий и ускорительную физику», Семинара по численным и символьным вычислениям и некоторых других мероприятий, состоявшихся в 2019 г.

**Объединенный
институт
ядерных
исследований
является
международной
межправительственной
научно-исследовательской
организацией,
строящей
свою деятельность
на принципах
ее открытости
для участия всех
заинтересованных государств,
их равноправного
взаимовыгодного сотрудничества.**





Дубна, 25–26 марта. Сессия КПП ОИЯИ и торжественный вечер в ДК «Мир», посвященный Дню образования Института



Ханой (Вьетнам), 25–26 ноября. Сессия КПП ОИЯИ

Ханой (Вьетнам), 21–22 ноября. Заседание Финансового комитета ОИЯИ





Дубна,
19–20 сентября.
126-я сессия
Ученого совета ОИЯИ





Дубна, 17–18 июня. 50-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред



Дубна, 21–22 января. Программно-консультативный комитет по физике частиц

Дубна, 22 января. Совместная сессия программно-консультативных комитетов по физике частиц и ядерной физике по Нейтринной программе ОИЯИ





Дубна, 19–20 июня. 51-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц.
Члены ПКК и молодые ученые — авторы лучших стендовых докладов

Дубна, 22–23 января.
Программно-консультативный комитет по ядерной физике. Обсуждение постерных докладов





Москва, 6 февраля. Церемония открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов. Председатель Правительства РФ и председатель оргкомитета по подготовке и проведению года Периодической таблицы Д. А. Медведев знакомится с макетом фабрики сверхтяжелых элементов ЛЯР ОИЯИ (фото: government.ru)

Дубна, 12–13 февраля. 29-е заседание объединенного комитета по сотрудничеству IN2P3 и ОИЯИ





Москва, 8 февраля. Директор ОИЯИ В. А. Матвеев, губернатор Московской области А. Ю. Воробьев и ректор МГТУ им. Н. Э. Баумана А. А. Александров подписали соглашение о сотрудничестве по созданию в Дубне Международной инженерной школы (фото пресс-службы губернатора и правительства Московской области)

Дубна, 25 марта. Церемония открытия фабрики СТЭ. Слева направо: директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, директор департамента научной политики ЮНЕСКО П. Э. Оти-Боатенг, полномочный представитель правительства России в ОИЯИ министр науки и высшего образования РФ М. М. Котюков, полномочный представитель правительства Болгарии Л. Костов и президент Совета ЦЕРН У. Басслер





Дубна, 8 февраля. Визит в ОИЯИ чрезвычайного и полномочного посла Арабской Республики Египет И. Насра (4-й справа)

Дубна, 26–27 марта. Визит в ОИЯИ делегации руководителей научных центров Национальной академии наук Республики Белоруссии





Дубна, 1–5 апреля. Участники 11-й международной стажировки для научно-административного персонала JEMS

Дубна, 21–22 июня. Участники 95-го заседания NuPECC на экскурсии в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова





Дубна, 2–4 июня. Визит в ОИЯИ президента Болгарской академии наук академика Ю. Ревалского

Дубна, 20 сентября. На встрече президента Академии наук Узбекистана Б. С. Юлдашева (в центре) с директором ОИЯИ академиком В. А. Матвеевым и вице-директором профессором М. Г. Иткисом





Гарни (Армения), 28 октября. Делегация ОИЯИ в Гарнийской геофизической обсерватории

Дубна, 9 ноября. ОИЯИ посетила академик и почетный секретарь Академии наук Франции К. Брешиньяк (в центре)





Москва, 11 декабря. Совместное заседание президиума НТС Госкорпорации «Росатом» и расширенной дирекции ОИЯИ, в ходе которого директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев и генеральный директор «Росатома» А. Е. Лихачев подписали соглашение о сотрудничестве

Мехико (Мексика), 12 октября. Подписание меморандума о взаимопонимании между ОИЯИ и сообществом научно-исследовательских институтов Мексики





Дубна, 16–18 октября. Заседание объединенного координационного комитета по сотрудничеству ОИЯИ–Сербия

Токио (Япония), 5 декабря. Делегация ОИЯИ приняла участие в официальной церемонии закрытия Международного года Периодической таблицы химических элементов





Дубна, 14 октября. Литературно-музыкальный вечер «Ты прекрасен, мой мир зарифмованный», посвященный 75-летию со дня рождения академика А. Н. Сисакяна

Дубна, 25 декабря. Торжественный вечер, посвященный 70-летию Универсальной библиотеки им. Д. И. Блохинцева ОИЯИ





Дубна, 17 мая. Торжественное открытие выставки Болгарского культурного института «Болгария — родина кириллицы» в Доме культуры «Мир»

Дубна, 15 февраля. Словацкая фольклорная группа «Група тоснего uderzenia» — участники гала-фестиваля чешско-словацкой культуры





Дубна, 9–10 февраля.
8-й турнир по робототехнике
Открытой Верхневолжской
образовательной
кибернетической сети
«CyberDubna-2019»



Дубна, 3–4 августа.
Награждение
победителей
юбилейного, 20-го
теннисного турнира,
посвященного памяти
Венедикта и Бориса
Джелеповых

Дубна, 29 сентября. Юбилейный, 50-й легкоатлетический пробег им. академика В. И. Векслера



2019

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ПРОГРАММЫ ОИЯИ**





ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 2019 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 других исследовательских центрах с участием ОИЯИ. По результатам проведенных исследований опубликовано около 480 статей в рецензируемых журналах и трудах конференций, четыре монографии. Ряд исследований были выполнены в сотрудничестве с учеными из стран-участниц ОИЯИ, Бразилии, Германии, Египта, Индии, Италии, Китая, Франции, Южной Африки и ряда других стран. Лаборатория стала площадкой для проведения международных конференций, семинаров, школ для молодых ученых в различных областях теоретической физики. В 2019 г. более 800 ученых приняли участие в 15 международных конференциях, совещаниях и школах, организованных ЛТФ в Дубне и странах-участницах ОИЯИ. В том числе состоялась Международная конференция по проблемам теоретической и математической физики, которая была посвящена 110-летию со дня рождения Николая Николаевича Боголюбова. Международное сотрудничество ЛТФ было поддержано грантами полномочных представителей правительств Болгарии, Чехии, Польши, Словакии, Венгрии, Румынии, дирек-

ции ОИЯИ. Сотрудничество с теоретиками ряда стран проходило при поддержке специальных программ: «Сморodinский–Тер-Мартirosян» (Армения), «Боголюбов–Инфельд» (Польша), «Блохинцев–Вотруба» (Чехия), «Цицейка–Марков» (Румыния). Ряд исследований были выполнены в рамках международных соглашений ОИЯИ–INFN (с Италией), ОИЯИ–IN2P3 (с Францией). Продолжается активное сотрудничество с теоретиками ЦЕРН, Азиатско-Тихоокеанского центра теоретической физики (Республика Корея), Института теоретической физики АН КНР. 14 исследовательских проектов и 1 конференция были поддержаны грантами РФФИ, 3 исследовательских проекта — грантами Российского научного фонда, 2 исследовательских проекта — фондом «Базис». Особое внимание уделялось привлечению к работе молодых исследователей, студентов и аспирантов в рамках научно-образовательного проекта «Дубненская международная школа по теоретической физике» (DIAS-TH). Более 150 аспирантов и молодых ученых участвовали в школах, организованных DIAS-TH. Лаборатория играет роль учебного центра для молодых ученых и студентов из многих стран. В настоящее время треть научных кадров лаборатории составляют молодые ученые и аспиранты. Помимо основной программы сотрудничества в лаборатории на долгосрочной основе работают несколько молодых исследователей из стран, не являющихся странами-участницами ОИЯИ: Индии, Ирана, Китая и Таджикистана.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Фундаментальные взаимодействия полей и частиц

В 2019 г. работа Лаборатории теоретической физики по этой теме проводилась в рамках следующих проектов:

- квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели;
- КХД и спиновая/трехмерная структура адронов;
- феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика;

- теория адронной материи при экстремальных условиях;

- теория электрослабых взаимодействий и физики нейтрино.

Впервые вычислены вклады от диаграмм с внутренним обменом W -бозоном, появляющиеся в двухчастичных нелептонных распадах барионов. Данные вклады появляются наряду со вкладом от древесных диаграмм и, вообще говоря, не являются подавленными. Вычисления соответствующих трехпетлевых кварковых диаграмм выполнены в рамках ковариантной модели кварков [1].

Стандартное представление (обратного) преобразования Радона обобщено на случай партонных распределений, которые зависят от поперечных импульсов. Обнаружен новый дополнительный вклад, который существенно связан с обобщенными партонными распределениями и функциями двойных распределений с нетривиальной зависимостью от поперечных импульсов. Впервые представлено важное соотношение между обнаруженным вкладом и функцией Сиверса [2].

Впервые вычислены нуклонные гравитационные формфакторы $A(t)$ и $B(t)$ в рамках КХД с использованием правил сумм на световом конусе в лидирующем порядке. Также представлены предсказания для нуклонного гравитационного формфактора $D(t)$ (так называемого D -вклада), которые хорошо согласуются с имеющимися экспериментальными данными и предсказаниями других подходов [3].

Предложен численный подход, альтернативный $\{\beta\}$ -разложению для ренормгрупповой оптимизации рядов в пертурбативной КХД, реализованный при анализе правил сумм Бьёркена в порядке N^3LO . Установлено, что оптимизация суммы всех радиационных поправок к S_{Bj} ведет к лучшему согласию с экспериментальными данными [4].

Изучен наиболее общий двухпетлевой безмассовый мастер-интеграл, возникающий при рассмотрении коррелятора двух составных токов с бьёркеновскими долями x и y . Интеграл и его одинарные и двойные моменты по x и y удалось выразить через гипергеометрические функции нескольких переменных, а именно функции Кампе де Ферье и Лауричеллы. Найдено несколько важных для приложений случаев редукции этих функций к обобщенной гипергеометрической функции одной переменной и к еще более простым функциям [5].

Получен независимый вывод эффекта Унру с точки зрения статистического подхода с оператором плотности Зубарева. Обоснована универсальность эффекта Унру с точки зрения статистического подхода для действительных и комплексных скалярных полей, а также полей фермионов. При этом показано, что в случае скалярных полей возникают инфракрасные расходимости, и предложен согласованный способ их регуляризации. Выявлена точная дуальность статистического подхода с оператором

Зубарева и геометрического подхода, рассматривающего пространство с конической сингулярностью, при описании эффектов ускорения. Таким образом, продемонстрировано, что из оператора плотности в плоском пространстве следует нетривиальная геометрия с конической сингулярностью, в частности, описывающая космические струны [6].

Вычислены поправки к киральному вихревому эффекту, и обоснована непertурбативная формула при конечной массе. Вычислены квантово-полевые поправки в аксиальном токе вплоть до третьего порядка по производным скорости, в частности, связанные с ускорением. Проверена и подтверждена концепция угловой скорости и ускорения как действительного и мнимого химических потенциалов [7].

Релятивистский гамильтониан в представлении Фолди–Ваутхайзена выведен для закрученных дираковских частиц в неоднородных электрическом и магнитном полях, включая члены высоких порядков, описывающие новые эффекты. Впервые получены результаты, доказывающие, что закрученные частицы со спином $1/2$ обладают тензорной магнитной поляризуемостью и измеримым (спектроскопическим) электрическим квадрупольным моментом. Тензорная магнитная поляризуемость закрученных электронов может быть измерена в магнитных накопительных кольцах, поскольку пучок с начальной орбитальной тензорной поляризацией приобретает горизонтальную орбитальную векторную поляризацию. Электрический квадрупольный момент является достаточно большим и существенно влияет на динамику внутреннего орбитального углового момента. Предложены три различных метода его измерения: замораживание внутреннего орбитального углового момента и два резонансных метода [8].

В рамках квазипотенциального метода в квантовой электродинамике выполнен расчет вклада легких псевдоскалярных, аксиально-векторных и скалярных мезонов в потенциал взаимодействия мюона и протона в атоме мюонного водорода. Использована параметризация формфактора перехода двух фотонов в мезоны, основанная на экспериментальных данных по переходным формфакторам и КХД асимптотик. Представлены численные оценки вкладов в сверхтонкую структуру спектра S - и P -уровней. На основе полученных результатов для сверхтонкого взаимодействия мюона и протона за счет обмена мезонами сделаны оценки такого же вклада в случае других легких мюонных атомов: мюонного лития, бериллия и бора [9].

Показано, что спонтанное нарушение киральной симметрии в КХД ведет к отклонению от картины векторной и аксиально-векторной доминантности при описании ряда аномальных электрослабых процессов с участием мезонов. Исключительная роль аномалий вызвана известной сдвиговой неоднозначностью, имеющей место при вычислении треугольных кварковых диаграмм типов AVV и AAA . Учет

возникающих в результате поверхностных членов позволяет обеспечить выполнение аномальных тождеств Уорда, но нарушает векторную и аксиально-векторную доминантность [10].

В модели Намбу–Иона-Лазинио получена новая дополнительная перенормировка каонных полей за счет учета смешивания аксиально-векторных полей K_{1A} и K_{1B} в недиагональных переходах между аксиально-векторными и псевдоскалярными каонами. Это привело к изменению константы связи каонных полей с кварками. Также получены значения константы связи слабого распада каона F_K . С использованием новой константы связи описаны распады $\tau \rightarrow \nu K$, $\tau \rightarrow \nu K[\omega, \varphi]$, полученные результаты находятся в согласии с экспериментальными данными [11].

Вычислены мастер-интегралы для трехчастичных двухпетлевых функций Грина и четырехчастичной функции Грина в однопетлевом приближении, в том числе с использованием рекуррентных соотношений. Результаты проверены численно, также показана их согласованность с полученными ранее решениями [12].

Вычислены двухпетлевые двух-, трех- и четырехточечные диаграммы с двумя массами m и M в виде рядов с биномиальными коэффициентами в интегральном представлении и в представлении в терминах гипергеометрических функций [13].

Найдено явное, справедливое в любом числе петель аналитическое выражение для R -отношения аннигиляции электрона и позитрона в адроны (отношения относительных вероятностей распадов), обобщающее результаты, полученные в пространственно-подобной области пертурбативной КХД, на временноподобную область. Показано, что слагаемые высшего порядка, пропорциональные π^2 , существенно влияют на извлекаемое значение сильной константы связи [14].

Глобальная поляризация Λ - и $\bar{\Lambda}$ -гиперонов в столкновениях $Au + Au$ при энергиях столкновений $\sqrt{s_{NN}} = 4-40$ ГэВ в области центральной быстроты и полная поляризация, т.е. усредненная по всем быстротам, изучались в рамках термодинамического подхода. Соответствующее вихревое поле моделировалось в модели трехжидкостной динамики (3FD). Обнаружено, что полученная оценка глобальной поляризации удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными STAR по поляризации, особенно касающимися ее зависимости от энергии столкновения. Общая поляризация увеличивается с ростом энергии столкновения, что контрастирует с уменьшением поляризации в области центральной быстроты. Это говорит о том, что при высоких энергиях столкновения поляризация достигает высоких значений в областях фрагментации [15].

В рамках развиваемых в последние годы релятивистских моделей среднего поля с зависимостью эффективных масс адронов и констант связи от

среднего скалярного поля изучены свойства ядерной материи при конечной плотности барионов, нулевой и конечной температуре и разной изоспиновой асимметрии. Результаты применены к описанию гибридных звезд и процессов столкновений тяжелых ионов при энергиях в лабораторной системе ниже 2 ГэВ/нуклон. Рассмотрено влияние фаз пастьи на кварк-адронный фазовый переход, изучены модели уравнения состояния, которые допускают наличие компактных звезд-близнецов с одинаковыми массами, но разными радиусами. Наличие или отсутствие таких объектов может быть проверено миссией NICER, осуществляемой в настоящее время в рамках программы НАСА. Продемонстрировано удовлетворительное описание пионных характеристик столкновений тяжелых ионов, а также термодинамических характеристик фазового перехода первого рода «ядерная жидкость–газ» с помощью наших моделей уравнения состояния адронного вещества в соответствии с имеющимися экспериментальными результатами [16].

Исследовано поведение неидеального пионного газа с динамически фиксированным числом частиц и произвольным изотопическим составом. Спектр пионов рассчитывается в самосогласованном приближении Хартри. Получены общие выражения для корреляционных функций между числом пионов различных зарядов, и проанализировано их поведение при приближении сверху к максимальной критической температуре бозе-эйнштейновской конденсации T_c . Показано, что в случае системы с равным средним числом π^+ , π^- и π^0 -мезонов дисперсия заряда (разность между числом π^+ - и π^- -мезонов) расходится при $T \rightarrow T_c$, тогда как дисперсии полного числа и относительного содержания заряженных и нейтральных пионов остаются конечными в критической точке. Подробно рассмотрен пионный газ с малым изоспиновым дисбалансом, вычислены эффективные массы, химические потенциалы и критические температуры для различных видов пионов, определена самая высокая критическая температура, выше которой система пионов существует в неконденсированной фазе [17].

Впервые изучены свойства КХД в пространстве параметров «температура–барионная плотность–магнитное поле» с помощью решеточных вычислений в КХД. Обнаружено, что эффекты влияния ненулевой барионной плотности и магнитного поля на псевдокритическую температуру просто суммируются. В то же время ширина фазового перехода ведет себя нетривиально: при низких магнитных полях она уменьшается с увеличением барионной плотности, в то время как при больших магнитных полях она увеличивается с ростом барионного химического потенциала, критическое значение магнитного поля $eB \sim 0,6$ ГэВ². Изучена проводимость кварк-глюонной плазмы во внешних магнитных полях. Получена первая оценка проводимости в КХД с физи-

ческими массами кварков. Обнаружено, что ненулевое магнитное поле приводит к росту проводимости в параллельном направлении. В перпендикулярном направлении проводимость падает с магнитным полем, что демонстрирует явление магнитосопротивления в кварк-глюонной плазме [18].

Теория ядерных систем

В 2019 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.

Показано, что в условиях сверхновых звезд нейтрино претерпевают экзо- и эндоэнергетическое рассеяние на горячей ядерной материи. Анализ процесса передачи энергии при рассеянии нейтрино на ядрах показал, что средняя переданная энергия меняет свой знак при энергии нейтрино, превышающей температуру ядра примерно в четыре раза. Аналогичный эффект обнаружен при рассеянии нейтрино на намагниченном нуклонном газе [19].

Экспериментально обнаружено резкое уменьшение (на два порядка!) силы $B(E1; 3_1^- \rightarrow 2_1^+)$ при переходе от ^{92}Mo к ^{98}Mo . Теоретическое изучение данного эффекта проведено с использованием квазичастичного приближения случайной фазы и кластерной модели ядра. Анализ показал, что обе модели качественно воспроизводят результаты эксперимента и предсказывают, что наблюдаемый эффект обусловлен интерференцией между нейтронным и протонным вкладом в матричный элемент $E1$ -перехода [20].

Предложен двухшаговый метод поиска вихревых тороидальных $E1$ -состояний в экспериментах по рассеянию электронов на ядрах. На первом шаге расчеты в квазичастичном приближении случайных фаз используются для определения наиболее вероятных кандидатов на роль тороидальных состояний. Такие состояния должны обладать характерным распределением орбитального тока, а также увеличенной вероятностью переходов $E1$ и $M2$ в основное состояние. На втором шаге для этих состояний проводится сравнение поперечных факторов $E1$ и $M2$ с данными экспериментов по рассеянию электронов назад. Воспроизведение эффекта интерференции между спиновым и орбитальным токами является весомым указанием на наличие вихревого тороидального тока в рассматриваемых $E1$ -возбуждениях [21].

Результаты недавних экспериментальных исследований структуры ^{96}Zr показали, что форма этого ядра может резко изменяться при увеличении энергии возбуждения. Исследована структура ^{96}Zr на

основе коллективного квадрупольного гамилтониана Бора. Показано, что такой подход позволяет описать все характеристики структуры ^{96}Zr при небольших энергиях возбуждения. Также показано, что это ядро практически со 100%-й вероятностью является сферическим в основном состоянии, но становится деформированным, если энергия возбуждения достигает 1,6 МэВ. Данный результат указывает на возможность радикальных изменений формы ядра при его возбуждении [22].

С использованием улучшенной модели точки разрыва рассчитаны массовые и зарядовые распределения фрагментов деления изотопов калифорния и сравнены с имеющимися экспериментальными данными. Предсказано изменение формы массовых и зарядовых распределений с увеличением энергии возбуждения, которое может быть экспериментально проверено в будущем [23].

Исследована возможность применения модели двойной ядерной системы для одновременного описания α -распада, кластерной радиоактивности и спонтанного деления. Рассчитаны времена жизни кластерного распада и спонтанного деления для ядер $^{232,234,236}\text{U}$, $^{236,238}\text{Pu}$, ^{242}Cm и ^{248}Cf и сравнены с экспериментально полученными данными. Предсказана кластерная радиоактивность в ядре ^{248}Cf [24].

Исследована возможность получения еще неизвестных нейтронно-обогащенных изотопов $^{261-265}\text{Md}$ в реакциях многонуклонных передач со стабильными пучками и ядрами мишени Cf и Es. Предложены оптимальные партнеры реакции и условия синтеза новых изотопов Md. Проведено сравнение сечений образования этих изотопов в $0n$ - и $1n$ -испарительных каналах реакций многонуклонных передач. Обсуждены перспективы использования радиоактивных пучков при получении новых изотопов Md [25].

Парциальные сечения для $n\alpha$ - и dt -столкновений в квантовом состоянии $J^\pi = 3/2^+$ около dt -порога, взятые из R -матричного анализа, профитированы в полуаналитической многоканальной модели матрицы Йоста с корректной аналитической структурой и несколькими подгоночными параметрами. В результате аналитического продолжения было обнаружено, что резонанс $3/2^+$ (47 кэВ) и его теневой полюс (80 кэВ) расщепляются на перекрывающуюся пару полюсов. Также для общей многоканальной задачи показано, что кулоновские силы изменяют топологию римановой поверхности и разрушают зеркальную симметрию S -матрицы [26].

Исследованы геометрические резонансы в атомно-ионных квантовых смесях, находящихся в гибридных ловушках, при малом отношении масс атома и иона. В частности, рассмотрено взаимодействие иона, плененного в радиочастотной ловушке Пауля с линейной геометрией, с атомом в квазиодномерном оптическом волноводе внутри ионной ловушки. Рассчитано влияние собственного микро-

движения ионов на положение резонанса. Показано, что собственное микродвижение иона не разрушает резонанс, а его положение может настраиваться радиочастотными полями. Это обеспечивает дополнительную возможность для настройки атомно-ионных взаимодействий в низкоразмерных системах [27].

Среди различных интерпретаций термина «резонанс» в квантовой механике наиболее часто используемыми являются следующие две трактовки: 1) резонанс — это комплексное значение энергии, при котором аналитическое продолжение матрицы рассеяния имеет полюс на одном из так называемых нефизических листов ее римановой поверхности по энергетической переменной; 2) резонанс — это комплексное собственное значение комплексно-деформированного гамильтониана изучаемой системы. Для случая модели Фридрихса–Фаддеева доказано, что эти два определения резонансов являются эквивалентными друг другу. Отметим, что модель Фридрихса–Фаддеева достаточно универсальна. К этой модели сводятся многие конкретные квантово-механические гамильтонианы, например, оператор Шрёдингера для системы двух частиц с быстро убывающим парным потенциалом [28].

Впервые получены аналитические формулы для расчета амплитуд заселенности атомных уровней в результате взаимодействия атома с электромагнитным полем лазера. Потенциал взаимодействия атома с полем задается в дипольном приближении. Математический аппарат модели основан на комплексном скейлинге штарковского гамильтониана и ряде математических теорем, которые сопровождают такое описание. Впервые предложен ряд, который описывает амплитуду вероятности заселенности атомного уровня. Он состоит из суммы произведений полиномов и стандартных адиабатических экспонент. Полуаналитические расчеты удовлетворительно согласуются с численными расчетами [29].

Проведено исследование двумерного движения медленной квантовой частицы в поле центрального дальнегодействующего потенциала, убывающего в пределе больших расстояний r как степенная функция $r^{-\beta}$ с показателем $\beta \in (1, 2)$. Найдены низкоэнергетические асимптотики всех парциальных фаз и дифференциального сечения рассеяния такой частицы. Получено простое приближение для энергий ее слабосвязанных состояний [30].

Исследован пик в отношении K^+/π^+ , который образуется при энергиях $\sqrt{s_{NN}} \sim 7-10$ ГэВ в столкновении тяжелых ядер (Au + Au и Pb + Pb). Использована модель Намбу–Иона-Лазинио с петлей Полякова, которая позволяет смоделировать как киральный фазовый переход в среде, так и деконфайнмент. С учетом предположения, что все мезоны были образованы до фриз-аута и что киральный фазовый переход может считаться фриз-аутом, а также с введе-

нием новой переменной $\sqrt{s_{NN}} \rightarrow T/\mu_B$ показано, что расщепление масс в мультиплетах, связанное с введением плотной среды, объясняет разницу в поведении отношений K^+/π^+ и K^-/π^- ; поведение K^+/π^+ определяется свойствами среды (вводились различные значения химического потенциала странного кварка, рассмотрен случай с нейтральной странностью) и зависит от фазовой диаграммы (рассмотрено несколько модификаций модели Намбу–Иона-Лазинио с петлей Полякова, включая модель с сильным векторным взаимодействием) [31].

Комбинированный подход, основанный на решении уравнений Дайсона–Швингера для кварковых пропагаторов и уравнения Бете–Солпитера для связанных состояний, применяется для исследования поведения кварков, глюонов и мезонов при конечной температуре. Показано, что при $T = \mathcal{O}(100 \text{ МэВ})$ связанное состояние диссоциирует в состоянии квазисвободных кварков. Этот результат указывает на то, что в данном подходе диссоциация мезонов наблюдается при температурах ниже ожидаемой температуры деконфайнмента QCD и что подход, основанный исключительно на взаимодействии, полученном при описании мезонных спектров масс при $T = 0$, нуждается в дальнейшем улучшении [32].

Исследована правильность двух основных формализмов релятивистской термодинамики движущегося тела: формализма Планка и формализма Отта. Из требования эквивалентности динамического гамильтониана системы фундаментальному термодинамическому потенциалу в дополнение к принципу энтропийной инвариантности был выведен первый закон термодинамики. Обнаружено, что в случае, когда импульс является независимой переменной в гамильтониане, преобразования Лоренца термодинамических величин принадлежат формализму Планка. Однако если предположить, что скорость является независимой переменной в гамильтониане (хотя это неверно с точки зрения релятивистской динамики), преобразования Лоренца термодинамических величин принадлежат формализму Отта. Отсюда следует, что формализм Отта не может быть подходящим. Кроме того, доказано, что в описании Планка первый закон термодинамики является ковариантным и преобразование Лежандра лагранжиана сохраняется. Однако в описании Отта первый закон термодинамики не является ковариантным и преобразование Лежандра нарушается. Таким образом, показано, что только формулировка Планка релятивистской термодинамики движущегося тела правильно определена и формализм Отта следует отбросить [33].

Проведен теоретический анализ сечений упругого рассеяния и импульсных распределений кластеров экзотических гало-ядер ${}^8\text{B}$, ${}^{8,12,14}\text{Be}$ в реакциях развала в поле ядерных мишеней. Сделаны заключения о решающей роли периферии этих ядер в объяснении

механизма их рассеяния и развала на кластеры. Микроскопические оптические потенциалы фолдинга и Кисслингера использовались для расчета сечений упругого и неупругого рассеяний π -мезонов ядрами в области энергий пион-нуклонного 33 -резонанса. Установлено, что параметры пион-нуклонной амплитуды в ядерной среде существенно отличаются от своих значений при рассеянии пионов на свободных нуклонах («in-medium effect») [34].

Проведено обобщение формализма уравнения Бете–Солпитера–Фаддеева на случай ненулевого орбитального момента частиц в паре нуклонов. С учетом этого найдена энергия связи тритона, а также амплитуды для состояний $1S0$, $3S1$, $3D1$, $3P0$, $1P1$ и $3P1$. Сделано сравнение с нерелятивистским случаем. Дана оценка вклада в энергию связи тритона релятивистских P - и D -состояний [35].

Теория сложных систем и перспективных материалов

Исследования в 2019 г. проводились в рамках следующих проектов:

- комплексные материалы;
- наноструктуры и наноматериалы;
- математические модели статистической физики сложных систем.

Теоретически исследовано малоугловое рассеяние (МУР) рентгеновских лучей, нейтронов и световых волн на ансамблях детерминированных фрактальных структур. Их положения в пространстве и ориентации предполагаются случайными. Стандартная методика обработки данных МУР позволяет извлечь только три характерных параметра системы: размер фрактала и нижний и верхний пределы фрактального диапазона. Показано, что самоподобие детерминированных фрактальных структур позволяет получить их дополнительные характеристики в реальном пространстве. Предложены и рассмотрены точно решаемые модели, описывающие МУР на таких системах. Разработанные модели позволяют понять, как извлечь дополнительную информацию о структуре фрактала и аналитически описать интенсивности МУР, а также предлагают эффективные вычислительные алгоритмы. В качестве основных примеров использованы обобщенный фрактал Кантора и некоторые его вариации, которые моделируют массовые, поверхностные и мультифрактальные структуры. Изучены различия данных МУР для детерминированных и случайных фрактальных структур. Рассмотрены пределы применимости предложенных моделей и перспективы будущих исследований детерминированных фрактальных структур [36].

Получены разложения по степеням плотности энергии, химического потенциала, плотности надконденсатных частиц для однородного дипольного бозе-газа методом регуляризации диполь-дипольного взаимодействия на больших расстояниях. Пока-

зано, что главный член разложения энергии, пропорциональный плотности, допускает простую физическую интерпретацию и согласованно описывает термодинамическую стабильность системы. Аналитически получены асимптотики на больших расстояниях для одночастичных нормальных и аномальных корреляторов, а также для парной функции распределения. Проанализированы свойства двухчастичного рассеяния с нулевым относительным импульсом для реалистического диполь-дипольного взаимодействия, в частности дан вывод псевдопотенциала, получена асимптотика двухчастичной волновой функции на больших расстояниях, а также поправка к длине рассеяния короткорadiusного потенциала при малых значениях дипольного момента [37].

Разработана теория сверхпроводимости сильно коррелированных электронов в рамках t - J -модели на гексагональной решетке [38].

Завершена серия работ по квантовому магнетизму в оксидах переходных $5d$ -элементов с сильным спин-орбитальным взаимодействием [39].

Введена мера продуцирования запутывания статистическими операторами. Найдены условия, показывающие, когда продуцирование запутывания становится максимальным или нулевым, что является существенным для квантовых измерений и обработки квантовой информации [40].

Рассмотрена модель димера на прямоугольнике со свободными граничными условиями. Получены точные выражения для коэффициентов в асимптотическом разложении свободной энергии по объему до 22 -го порядка. Показано, что соотношение коэффициентов для открытой полосы и квадрата стремится к $1/2$. Кроме того, предсказано, что коэффициенты в разложении свободной энергии для произвольных прямоугольников связаны с коэффициентами для квадрата. Также получено простое точное выражение для свободной энергии открытой полосы произвольной ширины. В рамках конформной теории поля показано, что угловой вклад в свободную энергию для модели димера на прямоугольных решетках со свободными граничными условиями равен нулю [41].

Сформулирована лемма Бейли, основанная на одномерном разреженном эллиптическом бета-интеграле. Она приводит к обобщенному операторному соотношению звезда–треугольник и новому решению уравнения Янга–Бакстера, записанного в виде интегрального оператора с разреженным эллиптическим гипергеометрическим ядром [42].

Сконструированы $6j$ -символы, или коэффициенты Рака, для тензорных произведений бесконечномерных унитарных представлений основной серии группы $SL(2, C)$. Эти символы были построены ранее Исмагиловым, и в данной работе вновь получен его результат (с точностью до некоторой разницы, связанной с эквивалентными представлениями) с помощью техники диаграмм Фейнмана. Возникающие

$6j$ -символы выражаются либо в виде тройного интеграла по комплексной плоскости, либо в виде бесконечной двусторонней суммы интегралов типа Меллина–Барнса [43].

Доказаны точные законы больших чисел для двух аддитивных по времени величин в модели Raise and Peel — количества плиток, удаленных лавинами, и количества глобальных лавин, произошедших к данному моменту времени. Они подтверждают справедливость гипотез для соответствующих корреляционных функций в стационарном состоянии. Доказательство основано на методе $T-Q$ -уравнения Бакстера, примененном к ассоциированной цепочке XXZ , и его решении при $\Delta = -1/2$, полученном Фридкиным, Строгановым и Загье [44].

Проведено теоретическое исследование поведения теплопроводности в перспективном материале — поликристаллическом графене. Показано, что роль границ зерен в подавлении теплового транспорта может существенно возрастать в широкой области температур с уменьшением их размера. Также было обнаружено, что границы зерен могут заметно подавлять тепловой транспорт даже при комнатной температуре в случае, если имеются сбои в углах разориентировки границ зерен. Кроме того, было показано, что наблюдаемое в экспериментах увеличение модуля Юнга в однослойном графене с низкой концентрацией вакансий и точечных дефектов может существенно повысить теплопроводность в графене в широком спектре температур [45].

Показано, что при определенных значениях базового тока вдоль вольт-амперной характеристики джозефсоновской наноструктуры сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник с прямой связью между магнитным моментом и сверхпроводящим током наряду с хаотической и сложной динамикой намагниченности может наблюдаться весьма простая регулярная динамика со специфическими траекториями, в частности, типа «яблоко», «гриб». Продемонстрировано, что внешнее электромагнитное поле может контролировать динамику магнитного момента в токовом интервале, соответствующем ступеньке Шапиро. Показано, что появление не зависящей от времени компоненты сверхпроводящего тока есть результат связи между намагниченностью и спин-орбитой. Под действием импульса тока в джозефсоновской наноструктуре сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник обнаружена периодичность в возникновении интервалов переворота магнитного момента при изменении параметров спин-орбитальной связи, гильбертовского затухания и отношения джозефсоновской энергии к магнитной. Представленные результаты могут быть использованы для развития новых резонансных методов определения величины спин-орбитальной связи в нецентросимметричных материалах, а также для создания элемента памяти, основанного на джозефсоновских наноструктурах [46].

Современная математическая физика: гравитация, суперсимметрия и струны

Исследования по теме в 2019 г. были сосредоточены на следующих направлениях:

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

Построены пятимерные голографические ре-нормгрупповые потоки, в том числе с антидеситтеровскими фиксированными точками и фиксированными точками с нарушенным гиперскейлингом. В рамках голографической дуальности найдены соответствующие им конечно-температурные фазы, для которых вычислена свободная энергия и исследованы фазовые диаграммы [47].

Исследована лагранжева геометрия алгебраических многообразий. Для произвольного гладкого компактного односвязного алгебраического многообразия построено семейство конечномерных гладких кэлеровых многообразий, элементы которого представляются классами эквивалентных лагранжевых подмногообразий, удовлетворяющих вводимому условию D -точности. В связи с теорией вейнштейновых структур такие многообразия оказываются связанными со специальной бор-зоммерфельдовой геометрией. Это позволило выделить некоторые стабильные компоненты в предлагаемых многообразиях модулей и выдвинуть гипотезу о том, что такие стабильные компоненты не только кэлеровы, но и алгебраичны [48].

Разработана новая твисторно-полевая формулировка безмассовой частицы с непрерывным спином. Квантование такой модели частицы с непрерывным спином на мировой линии проведено без какой-либо фиксации калибровки. Построено твисторное поле с непрерывным спином, и найдено его разложение по спиральностям. С использованием твисторного преобразования построено пространственно-временное поле непрерывного спина, зависящее от 4-вектора координат и дополнительного коммутирующего спинора Вейля. Выведены уравнения движения для полей непрерывного спина в случаях целых и полуцелых спиральностей. Показано, что поля с целым и полуцелым непрерывными спинами образуют $N = 1$ супермультиплет. Сформулированы соответствующие преобразования суперсимметрии, и получена их алгебра на массовой поверхности. Таким образом, установлена полевая реализация $N = 1$ суперсимметрии для непрерывных спинов [49].

Изучена калибровочная зависимость однопетлевых расходимостей в общей, взаимодействующей с материей $6D$, $N = (1, 0)$ суперсимметричной калибровочной теории в гармоническом суперпространстве с членом фиксации калибровки, зависящим от одного вещественного параметра ξ_0 . По сравнению с минимальной калибровкой ($\xi_0 = 1$) расходящаяся часть эффективного действия в общей ка-

либровке содержит новый член с ξ_0 . Он равен нулю на фоновых суперполях, удовлетворяющих классическим уравнениям движения, поэтому расходимости в S -матрице не зависят от выбора калибровки. В 6D, $N = (1, 1)$ теории Янга–Миллса некоторые расходящиеся вклады в неминимальных калибровках не равны нулю вне массовой оболочки, в противоположность минимальной калибровке [50].

Изучено новое семейство самогравитирующих аксиально-симметричных вращающихся бозонных звезд в двухкомпонентной модели Фридберга–Ли–Сирлина, минимально связанной с эйнштейновской гравитацией в четырех измерениях. При наложении обычного условия синхронизации модель допускает решения типа спиновых волосатых черных дыр с двумя различными типами скалярных волос. Установлена область определения решений, и изучены некоторые их физические свойства. Эти решения обнаруживают тесное сходство с соответствующими бозонными звездами и черными дырами Керра с синхронизированными скалярными волосами в $O(3)$ сигма-модели, связанной с гравитацией Эйнштейна, и с соответствующими решениями теории Эйнштейна–Клейна–Гордона с комплексным скалярным полем [51].

Новые $N = 2$ и $N = 4$ суперрасширения гиперболических систем Калоджеро–Сазерленда получены калиброванием $U(n)$ изометрии матричных суперполевых моделей. Бозонный сектор $N = 2$ моделей содержит стандартную A_{n-1} гиперболическую систему Калоджеро–Сазерленда, в то время как $N = 4$ модель включает дополнительные полудинамические спиновые переменные и представляет собой расширение $U(2)$ спиновой гиперболической системы Калоджеро–Сазерленда. Построены две различные версии $N = 4$ модели с взаимодействующей координатой центра масс в бозонном секторе и без такого взаимодействия [52].

Дан краткий обзор моделей деформированной $N = 8$ суперсимметричной механики как обобщения $SU(2|1)$ механики. Они основаны на $d = 1$ реализациях супергрупп $SU(2|2)$ и $SU(4|1)$ в соответствующих $N = 8$, $d = 1$ суперпространствах и могут

рассматриваться как деформации моделей стандартной $N = 8$ механики массовым параметром m [53].

Изучены фермионные моды, локализованные на кинке в $(1 + 1)$ -мерной модели ϕ^4 , связанной с дираковскими фермионами с обратной реакцией. С использованием численных методов построены самосогласованные решения соответствующих систем связанных интегродифференциальных уравнений и изучены зависимости скалярных полей кинка и нормализованных связанных фермионных состояний от параметров модели. Показано, что обратная реакция локализованных фермионов значительно модифицирует решения и, в частности, приводит к пространственным осцилляциям профиля кинка и нарушению симметрии данной конфигурации относительно отражения [54].

Рассмотрен частный случай решения Стефани для идеальной жидкости с равномерной плотностью энергии и неоднородным давлением. Эта модель характеризуется пространственной кривизной, зависящей от времени. Проанализированы свойства космологической модели, полученной на основе точного решения класса Стефани, и эта модель адаптирована к последним данным наблюдений. Исследована пространственная геометрия модели. Показано, что, несмотря на возможные сингулярности, модель может описать современную стадию эволюции Вселенной [55].

Показано, что фазовый портрет системы Тоды совпадает с диаграммой Хассе порядка Брюа группы Вейля. Из этого следует, что клетки Брюа в вещественных группах Ли пересекаются с двойственными клетками, если и только если соответствующие элементы в группе Вейля сравнимы по Брюа. Кроме того, при помощи представлений группы Ли построена система первых интегралов системы Тоды [56].

Изучен спектр одномерного дираковского гамильтониана в статическом дельта-потенциале. Рассмотрен наиболее общий вид такого потенциала, исследованы различия в спектрах дельта-потенциалов «электростатического» типа и типа «скачок массы». Найдены состояния рассеяния и связанные состояния [57].

ДУБНЕНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (DIAS-TH)

В рамках DIAS-TH в 2019 г. были проведены 4 международных школы:

- XV Зимняя школа по теоретической физике «Сложные системы и перспективные материалы», 28 января – 1 февраля, Дубна;
- Гельмгольцевская международная школа «Квантовая физика предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков», 22 июля – 2 августа, Дубна;

- международная школа «Перспективные методы современной теоретической физики», 28 июля – 2 августа, Дубна;

- Гельмгольцевская международная летняя школа «Космология, струны и новая физика», 4–17 августа, Дубна.

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

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

Кроме мероприятий, проведенных лабораторией в рамках DIAS-ТН, в 2019 г. были организованы следующие конференции, рабочие совещания и школы:

- I Международное совещание «Бесконечная и конечная ядерная материя», 20–22 марта, Дубна;
- XIV Международное рабочее совещание «Корреляции частиц и фемтоскопия», 2–8 июля, Дубна;
- XXVI Международная конференция «Интегрируемые системы и квантовые симметрии», 8–12 июля, Прага, Чехия;
- XIII совместное рабочее совещание «Современные проблемы ядерной физики и физики элементарных частиц» ЛТФ ОИЯИ – Азиатско-Тихоокеанский центр теоретической физики (Республика Корея), 14–20 июля, Дубна;
- международное совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии» (SQS'19), 26–31 августа, Ереван, Армения;

- VIII Международная школа по физике нейтрино им. Б.М. Понтекорво, 1–10 сентября, Синая, Румыния;

- XVIII рабочее совещание по физике спина при высоких энергиях (DSPIN-19), 2–6 сентября, Дубна;

- Международная Боголюбовская конференция «Вопросы теоретической и математической физики» (приуроченная к 110-летию со дня рождения Н.Н. Боголюбова (1909–1992)), 9–13 сентября, Дубна и Москва;

- II Международное совещание «Адронная материя при экстремальных условиях», 16–19 сентября, Дубна;

- XXIII Международная школа по ядерной физике, нейтронной физике и приложениям, 22–28 сентября, Варна, Болгария;

- совместное рабочее совещание по физике сильных взаимодействий ЛТФ ОИЯИ – ИТФ Академии наук Китая, 6–11 ноября, Гуанчжоу, Китай.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В 2019 г. в конференц-зале ЛТФ введены в строй проектор высокого разрешения с лазерным источником света, цифровое звукоусилительное оборудование, система аудио- и видеотрансляции и записи проводимых мероприятий. Разработано программное обеспечение для управления всем комплексом нового оборудования через удобный интерфейс пользователя с помощью настенной сенсорной ЖК-панели.

Приобретен новый сервер для поддержки ресурсоемких вычислений с общим числом вычислительных ядер 36 (2 процессора Intel Xeon Gold 6254) и оперативной памятью 1,5 ТБ. Для обновления вычислительной техники на рабочих местах приобретено 14 ПК. Продлена техническая поддержка и обновлены версии Mathematica, Maple, Origin Pro, Intel Parallel Studio.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gutsche T., Ivanov M.A., Korner J.G., Lyubovitskij V.E., Tyulemissov Z. // Phys. Rev. D. 2019. V.99. P.056013.
2. Anikin I.V., Szymanowski L. // Phys. Rev. D. 2019. V.100. P.094034.
3. Anikin I.V. // Phys. Rev. D. 2019. V.99. P.094026.
4. Kotlorz D., Mikhailov S.V. // Phys. Rev. D. 2019. V.100. P.056007.
5. Mikhailov S.V., Volchanskiy N. // JHEP. 2019. V.2019. P.202.
6. Prokhorov G.Y., Teryaev O.V., Zakharov V.I. // Phys. Rev. D. 2019. V.99 (Rapid Commun.). P.071901; Prokhorov G.Y., Teryaev O.V., Zakharov V.I. // Ibid. V.100. P.125009.
7. Prokhorov G.Y., Teryaev O.V., Zakharov V.I. // JHEP. 2019. V.2019. P.146.
8. Silenko A.J., Zhang P., Zou L. // Phys. Rev. Lett. 2019. V.122. P.063201.
9. Dorokhov A.E., Martynenko A.P., Martynenko F.A., Sukhorukova O.S. // Phys. Rev. A. 2019. V.100. P.062513.
10. Osipov A.A., Hiller B., Zhang P.M. // Mod. Phys. Lett. A. 2019. V.34. P.1950301.
11. Volkov M.K., Pivovarov A.A., Nurlan K. // Eur. Phys. J. A. 2019. V.55. P.165; Volkov M.K., Pivovarov A.A. // JETP Lett. 2019. V.110. P.237; Volkov M.K., Nurlan K., Pivovarov A.A. // Intern. J. Mod. Phys. A. 2019. V.34. P.1950137.
12. Magerya V., Pikelner A. // JHEP. 2019. V.1912. P.26.
13. Kniehl B.A., Kotikov A.V., Onishchenko A.I., Veretin O.L. // Nucl. Phys. B. 2019. V.948. P.114780.
14. Nesterenko A.V. // J. Phys. G. 2019. V.46. P.115006.
15. Ivanov Yu.B., Toneev V.D., Soldatov A.A. // Phys. Rev. C. 2019. V.100. P.014908.
16. Maslov K., Yasutake N., Ayriyan A., Blaschke D., Grigorian H., Maruyama T., Tatsumi T., Voskresensky D.N. // Phys. Rev. C. 2019. V.100. P.025802; Yasutake N., Maslov K., Ayriyan A., Grigorian H., Blaschke D., Voskresensky D.N., Maruyama T., Tatsumi T. // AIP Conf. Proc. 2019. V.2127. P.020028;

- Maslov K. A., Voskresensky D. N. // Eur. Phys. J. A. 2019. V. 55. P. 100.
17. Kolomeitsev E. E., Voskresensky D. N., Borisov M. E. arXiv:1910.09334. 2019.
 18. Braguta V. V., Chernodub M. N., Kotov A. Yu., Molochkov A. V., Nikolaev A. A. // Phys. Rev. D. 2019. V. 100. P. 114503; Astrakhantsev N. Yu., Braguta V. V., D'Elia M., Kotov A. Yu., Nikolaev A. A., Sanfilippo F. arXiv:1910.08516. 2019.
 19. Kondratyev V. N., Dzhioev A. A., Vdovin A. I., Cherubini S., Baldo M. // Phys. Rev. C. 2019. V. 100. P. 045802.
 20. Gregor E. T. et al. // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 2019. V. 46. P. 075101.
 21. Nesterenko V. O., Repko A., Kvasil J., Reinhard P.-G. // Phys. Rev. C. 2019. V. 100. P. 064302.
 22. Sazonov D. A., Kolganova E. A., Shneidman T. M., Jolos R. V., Pietralla N., Witt W. // Phys. Rev. C. 2019. V. 99. P. 031304(R).
 23. Pasca H., Andreev A. V., Adamian G. G., Antonenko N. V. // Phys. Rev. C. 2019. V. 99. P. 064611.
 24. Rogov I. S., Adamian G. G., Antonenko N. V. // Phys. Rev. C. 2019. V. 100. P. 024606.
 25. Mun Myeong-Hwan, Kyujin Kwak, Adamian G. G., Antonenko N. V. // Phys. Rev. C. 2019. V. 99. P. 054627.
 26. Rakityansky S. A., Ershov S. N. // Intern. J. Mod. Phys. E. 2019. V. 28. P. 1950064.
 27. Melezhik V. S., Idziaszek Z., Negretti A. // Phys. Rev. A. 2019. V. 100. P. 063406.
 28. Motovilov A. K. // Few-Body Syst. 2019. V. 60. P. 21.
 29. Galstyan A., Shablov V. L., Popov Yu. V., Mota-Furtado F., O'Mahony P. F., Piraux B. // J. Phys. B. 2019. V. 52. P. 085004.
 30. Pupyshv V. V. // Theor. Math. Phys. 2019. V. 199. P. 828.
 31. Friesen A. V., Kalinovsky Yu. L., Toneev V. D. // Phys. Rev. C. 2019. V. 99. P. 045201; Friesen A. V., Kalinovsky Yu. L., Toneev V. D. // Phys. Part. Nucl. Lett., 2019. V. 16, No. 6. P. 681.
 32. Dorkin S., Kaptari L., Kaempfer B. // Few-Body Syst. 2019. V. 60. P. 20; Dorkin S., Kaptari L., Kaempfer B. // Eur. Phys. J. Web Conf. 2019. V. 204. P. 08005.
 33. Parvan A. S. // Ann. Phys. 2019. V. 401. P. 130.
 34. Lukyanov V. K., Zemlyanaya E. V., Lukyanov K. V. // Eur. Phys. J. Web Conf. 2019. V. 204. P. 09003; Zemlyanaya E., Lukyanov V., Lukyanov K., Kadrev D., Gaidarov M., Spasova K. // Eurasian J. Phys. 2019. V. 3. P. S3-S5; Lukyanov V. K., Kadrev D. N., Zemlyanaya E. V., Lukyanov K. V., Antonov A. N., Gaidarov M. K. // Phys. Rev. C. 2019. V. 100. P. 034602.
 35. Bondarenko S. G., Burov V. V., Yurev S. A. // Phys. Atom. Nucl. 2019. V. 82. P. 49.
 36. Cherny A. Yu., Anitas E. M., Osipov V. A., Kuklin A. I. // Phys. Chem. Chem. Phys. 2019. V. 21. P. 12748.
 37. Cherny A. Yu. // Phys. Rev. A. 2019. V. 100. P. 063631.
 38. Vladimirov A. A., Ihle D., Plakida N. M. // Eur. Phys. J. B. 2019. V. 92. P. 135.
 39. Xu L., Yadav R., Yushankhai V., Siurakshina L., van den Brink J., Hozoi L. // Phys. Rev. B. 2019. V. 99. P. 115119.
 40. Yukalov V. I., Yukalova E. P., Yurovsky V. A. // Laser Phys. 2019. V. 29. P. 065502.
 41. Izmailian N. Sh., Papoyan V. V., Ziff R. // J. Phys. A. 2019. V. 52. P. 335001.
 42. Spiridonov V. P. // J. Phys. A. 2019. V. 52. P. 355201.
 43. Деркачев С. Э., Спиридонов В. П. // ТМФ. 2019. Т. 1. С. 32.
 44. Povolotsky A. M. // J. Stat. Mech.: Theory and Exp. 2019. V. 2019. P. 074003.
 45. Krasavin S. E., Osipov V. A. // J. Appl. Phys. 2019. V. 125. P. 084301.
 46. Shukrinov Yu. M., Rahmonov I. R., Sengupta K. // Phys. Rev. B. 2019. V. 99. P. 224513; Atanasova P. Kh., Panayotova S. A., Rahmonov I. R., Shukrinov Yu. M., Zemlyanaya E. V., Bashashin M. V. // JETP Lett. 2019. V. 110. P. 736.
 47. Aref'eva I. Ya., Golubtsova A. A., Policastro G. // JHEP. 2019. V. 2019, No. 5. P. 117.
 48. Tyurin N. A. // Sib. Math. J. 2019. V. 60, No. 4. P. 709.
 49. Buchbinder I. L., Fedoruk S., Isaev A. P. // Nucl. Phys. B. 2019. V. 945. P. 114660.
 50. Buchbinder I. L., Ivanov E. A., Merzlikin B. S., Stepanyantz K. V. // Phys. Lett. B. 2019. V. 798. P. 124957.
 51. Kunz J., Perapechka I., Shnir Ya. // JHEP. 2019. V. 1907. P. 109.
 52. Fedoruk S., Ivanov E., Lechtenfeld O. // Nucl. Phys. B. 2019. V. 944. P. 114633.
 53. Ivanov E., Lechtenfeld O., Sidorov S. // Symmetry. 2019. V. 11. P. 135.
 54. Klimashonok V., Perapechka I., Shnir Ya. // Phys. Rev. D. 2019. V. 100. P. 105003.
 55. Kopteva E., Bormotova I., Churilova M., Stuchlik Z. // Astrophys. J. 2019. V. 887. P. 1.
 56. Chernyakov Yu. B., Sharygin G. I., Sorin A. S. // J. Geom. Phys. 2019. V. 136. P. 45.
 57. Guilarte J. M., Munoz-Castaneda J. M., Pirozhenko I. G., Santamaria-Sanz L. // Front. Phys. 2019. V. 7. P. 109.



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 2019 г. была сосредоточена на создании и дальнейшем развитии комплекса NICA (проектов «Нуклотрон–NICA»,

MPD, BM@N и SPD), на участии в экспериментах, проводимых в ускорительных центрах мирового класса.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСА NICA

Проект «Нуклотрон–NICA»

Бустер и каналы транспортировки пучка

В 2019 г. основные усилия ускорительного отделения были направлены на монтаж и ввод в эксплуатацию бустерного синхротрона. Одним из ключевых элементов вводимого в эксплуатацию ускорителя является канал транспортировки пучка HPLac-Booster, который должен доставить ионы от источника с минимальными потерями. В июле были смонтированы все элементы канала, ввод в эксплуатацию состоялся в декабре.

В 2019 г. был завершен монтаж криомагнитной системы бустерного синхротрона. 23 декабря состоялся официальный запуск бустера и начаты испытания его подсистем, включающие следующие этапы:

- настройка системы питания и тестирование системы эвакуации энергии;
- проверка вакуумной системы;
- тестирование термометрии и криогенной системы.

Данные испытания должны быть завершены в мае 2020 г., после чего тесты будут продолжены в режиме работы с пучками ионов.

В 2019 г. были завершены работы по подготовке канала транспортировки пучка из бустера в нуклотрон, началась поставка в ОИЯИ необходимого оборудования. Монтаж и ввод в эксплуатацию канала будут завершены в течение 2020 г.

Коллайдер

Статус готовности оборудования канала транспортировки нуклотрон–коллайдер представлен в табл. 1.

Сроки ввода в эксплуатацию канала транспортировки пучка из нуклотрона и колец коллайдера коррелируются с выполнением строительных работ. Статус завершенности строительных работ на конец 2019 г.:

- сваи — 100 %;
- силовые бетонные конструкции — более 90 %;
- установка металлических конструкций — более 75 %;
- фасады — 10 %;
- крыши — 30 %;
- земляные работы и временные дороги — 90 %.

Общая задержка составляет около года. Ее основной причиной являются существенные изменения в проекте, внесенные уже в процессе его реализации, которые привели к увеличению площади зданий с 20 до 30 тыс. м². Это, в свою очередь, привело к увеличению площадки, что требует установки свай, силовых бетонных и металлоконструкций, стен, крыш и работ под установку инженерного оборудования для вентиляции, охлаждения и питания.

Начало монтажа дипольных магнитов коллайдера и ускоряющей станции в 1-й арке кольца, а также оборудования канала транспортировки пучка нуклотрон–коллайдер планируется начать в 3-м квартале 2020 г.

Таблица 1

Подсистема	Готовность, %	Поставка
Магниты	95	Март 2020 г.
Вакуумные камеры и диагностика	70	Июнь 2020 г.
Источники питания	10	Август 2020 г.

В 2019 г. продолжалось производство и тестирование оборудования подсистем коллайдера. На линии монтажа и тестирования сверхпроводящих магнитов было изготовлено и протестировано около 35 % дипольных и 10 % квадрупольных магнитов коллайдера. Работы по изготовлению элементов подсистем ведутся в соответствии с графиком. Детальная информация о работах, выполненных в 2019 г., представлена в официальном отчете, доступном по ссылке: http://nucloweb.jinr.ru/nica/MAC/20Jan16_Rpt_to_MAC.pdf.

Криогенный комплекс

В состав комплекса NICA входят три сверхпроводящих ускорителя, для работы которых требуется существенное увеличение мощности существующего криогенного комплекса — с 4 до 10 кВт при температуре 4,5 К. Одним из ключевых элементов модернизированного комплекса является новая компрессорная станция, для установки которой возводится новое здание. Несмотря на возражения экспертов, контракт на выполнение работ по созданию данного здания был заключен с компанией «Стройтехинвест», не имеющей опыта создания промышленных конструкций, что привело к переносу сроков сдачи объекта с февраля на сентябрь 2020 г.

Модернизация криогенного комплекса по другим направлениям ведется в соответствии с планами. Было изготовлено и введено в эксплуатацию в 2019 г. следующее оборудование:

- 1000-м³ гелиевый газгольдер;
- 40-м³ резервуар для жидкого гелия;
- 1000-л/ч гелиевый ожижитель;
- 2-кВт сателлитный рефрижератор;
- 1300-кг/ч азотный ожижитель;
- 500-кг/ч азотный реконденсер;
- два 6600-Нм³/ч гелиевых винтовых компрессора;
- три 10740-Нм³/ч азотных турбокомпрессора;
- пять 20-Нм³ азотных ресиверов.

Компьютерная инфраструктура

Компьютерный кластер ЛФВЭ является одним из четырех компонентов распределенной компьютерной инфраструктуры проекта NICA. Он построен по

модульному принципу и состоит из восьми стоек, коммуникационного оборудования, систем охлаждения и питания, противопожарной системы.

Кластер введен в эксплуатацию в октябре 2019 г. в следующей конфигурации: 3500 ядер и 2 диска емкостью 3,5 ПБ. В ближайшее время она будет расширена до 5000 CPU-ядер и 2 × 5 ПБ дисковой памяти. Скорость передачи данных внутри кластера составляет 200 Гб/с, он подсоединен к сети лаборатории со скоростью передачи 100 Гб/с.

Пользовательская инфраструктура

В 2019 г. был одобрен проект пользовательского инновационного центра NICA, подготовленный генеральным подрядчиком — компанией «Агера». Ожидается, что требуемый для прохождения госэкспертизы пакет документов будет собран к сентябрю 2020 г.

Проект MPD

В 1-м квартале планируется завершение строительных работ по созданию павильона для установки MPD и начало работ по монтажу магнита установки. Обмотка магнита MPD доставлена в Дубну, его криостат и сверхпроводящие обмотки готовы к холодным тестам.

Времяпроекционная камера

Времяпроекционная камера (TPC) является ключевым трековым детектором в эксперименте MPD. Все механические элементы детектора и механизмы, необходимые для его монтажа в MPD, изготовлены. В 2019 г. также изготовлены 10 из 24 считывающих камер детектора, начато тестирование электроники. Статус работ представлен в табл. 2.

Времяпролетная система

В 2019 г. были приобретены все необходимые материалы и компоненты для детекторов. Собрано 25 % камер mRPC, остальные будут изготовлены до конца октября 2020 г., собранные сегменты проходят тесты на космических лучах.

Передний калориметр FHCAL

Передний детектор MPD состоит из двух плеч, расположенных на расстоянии 3,2 м от точки взаимодействия пучков. Каждое плечо включает сборку из 45 калориметрических модулей. Все модули

Таблица 2

Подсистема	Срок
Завершение тестов FE Cards v1.0	Февраль 2019 г.
Доставка в Дубну 4500 чипов SAMPA V4 (все)	Июнь 2019 г.
Монтаж 32 изготовленных (version 2.1) FE Cards (1/2ROC)	Июль 2019 г.
Тест ROC оборудованной FE Cards	Август–декабрь 2019 г.
Производство и тестирование FE Cards для 1-й ROC	Декабрь 2019 г. – апрель 2020 г.
Оснастка и тестирование ROC 2, 3, 4	Май 2020 г.
Производство FE Cards для 5–14 ROC камер (всего готово 14)	Июль 2020 г.
Производство FE Cards оставшихся 10 ROC (всего готово 24)	Август 2020 г.

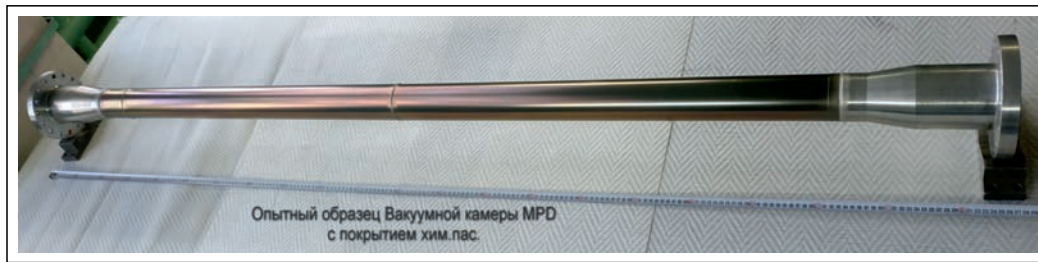


Рис. 1. Прототип пучковой трубы MPD

изготовлены и проходят тестирование на космике. В конце 2019 г. было завершено производство электроники детекторов Front-End Cards (FE Cards). В настоящее время разрабатывается дизайн платформы для установки FHCaI.

Электромагнитный калориметр ECal

В 2019 г. на двух линиях, расположенных в России, было начато производство модулей электромагнитного калориметра установки. Начало производства модулей в Китае ожидается в ближайшее время. Доставка в ОИЯИ первой партии готовых модулей планируется в 3-м квартале 2020 г.

Пучковая труба

Пучковая труба установки состоит из трех частей: центральной, изготовленной из бериллия, и двух торцевых, изготовленных из алюминия (рис. 1).

В 2019 г., после завершения тестов, был подписан контракт на изготовление двух бериллиевых труб с внутренним диаметром 62 мм, ожидается подписание контракта на изготовление алюминиевых частей.

Основные этапы монтажа MPD

Основные этапы сборки MPD описаны в табл. 3.

Монте-Карло моделирование и анализ данных

Коллаборацией сформированы пять рабочих групп по следующим направлениям анализа:

- глобальные наблюдаемые;
- спектры и выходы легких ароматов и гиперядра;
- корреляции и флуктуации;
- электромагнитные пробники;
- тяжелые ароматы.

Начата работа по подготовке затребованного Ученым советом ОИЯИ документа «First physics at MPD».

В 2019 г. коллаборация предоставила отчет о ходе создания установки MPD и проработке физической программы на международных конференциях «Кварковая материя 2019», «Странность в кварковой материи 2019» и ряде международных рабочих совещаний.

Эксперимент BM@N

Анализ данных

Установка BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) — первый эксперимент, уже реализуемый на ускорительном комплексе нуклотрон–NICA. Научная программа BM@N включает в себя исследования плотной ядерной материи на выведенных пучках тяжелых ионов при энергиях, промежуточных между создаваемыми ускорителями SIS-18 и NICA/FAIR. Первый сеанс по набору экспериментальных данных на различных ядерных мишенях проводился на пучках углерода.

В 2019 г. проведен физический анализ зарегистрированных экспериментальных данных по рождению Λ -гиперонов при энергиях углеродного пучка 3,5, 4 и 4,5 ГэВ на C-, Al-, Cu- и Pb-мишенях. Полученные результаты по сечениям и выходу Λ -гиперонов были сравнены с предсказаниями теоретических моделей DCM-QGSM, UrQMD и данными других экспериментов (рис. 2).

Статус экспериментальной установки

В 2019 г. коллаборация BM@N продолжала подготовку установки к проведению сеансов на пучках

Таблица 3

Этап сборки	Срок
Готовность павильона MPD к доставке и монтажу ядра магнита	Апрель 2020 г.
Монтаж ядра магнита	Май–июнь 2020 г.
Транспортировка соленоида от компании-изготовителя ASG (Италия)	Июнь 2020 г.
Прибытие соленоида в ОИЯИ	Июль 2020 г.
Монтаж ядра и соленоида	Август 2020 г.
Подготовка к включению соленоида (криогеника, питание и пр.)	Сентябрь 2020 г.
Измерение карты магнитного поля внутри магнита	Ноябрь 2020 г.
Подготовка к монтажу детекторных подсистем	Декабрь 2020 г.
Монтаж детекторов, платформы с электроникой, кабелей	Январь–апрель 2021 г.
Пусконаладочные работы	Май 2021 г.
Начало тестирования установки на космических лучах	Июнь 2021 г.

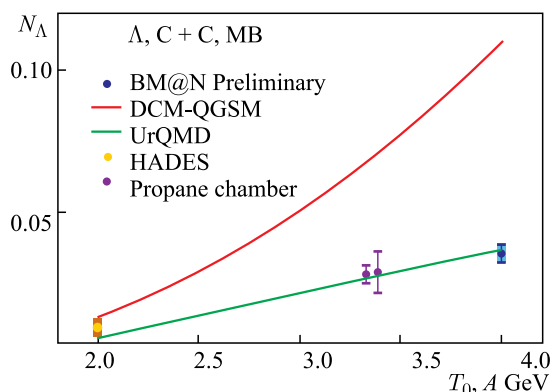


Рис. 2. Выход Λ -гиперонов в эксперименте BM@N. Сравнение с предсказаниями моделей и результатами других экспериментов

тяжелых ионов, наращивая детекторные подсистемы. В том числе:

- В сотрудничестве с ЦЕРН проведены работы по созданию, монтажу и тестированию гибридного центрального трекера на базе GEM-детекторов с размером чувствительной зоны 163×39 см и трех станций передних кремниевых микростриповых детекторов. Эта конфигурация будет использоваться при нагрузках порядка нескольких единиц на 10^5 . Считывающая электроника трекера частично построена на использовании чипа IDEAS (Норвегия).

- Для работы при нагрузках порядка нескольких единиц на 10^6 , ожидаемых в 2022 г., в сотрудничестве с коллаборацией CBM разработаны (планируется создание четырех станций) широкоапертурные кремниевые микростриповые детекторы STS. Технический проект (TDR) был одобрен в декабре 2019 г.

УЧАСТИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ВНЕШНИХ УСКОРИТЕЛЯХ

Эксперименты на Большом адронном коллайдере

ALICE

В 2019 г. завершен анализ фемтоскопических корреляций для пар тождественно заряженных каонов в p -Pb-столкновениях при 5,02 ТэВ (на пару нуклонов). На рис. 3 приведены полученные при фитировании радиусы источников излучения пар K^+K^- в сравнении с радиусами, данные по которым опубликованы ранее, для пар тождественных заряженных каонов в зависимости от поперечного импульса пары и центральности взаимодействий. Видно хорошее согласие радиусов для обоих типов пар.

Такой тип корреляций впервые был изучен при столкновениях протонов с ядрами. Сравнение поведения радиусов источников излучения с полученными ранее для pp - и Pb-Pb-столкновений показало, что радиусы источника в p -Pb-взаимодействиях ближе к радиусам в pp -, чем в Pb-Pb-соударениях. Это указывает на ослабленное влияние коллектив-

- Внешняя трековая система установки включает три катодные стриповые камеры (CSC) размером 113×107 см для регистрации треков вблизи расположения ToF (камеры изготавливаются) и две большие (219×145 см) CSC-камеры, расположенные вдали от ToF (разрабатываются).

- Изготовлен и введен в эксплуатацию адронный калориметр установки (FHCAL), основанный на модулях, разработанных для экспериментов MPD и CBM.

Также была изготовлена и установлена вакуумная пучковая труба, располагающаяся до мишени. Разработана станция мишени, оперирующая с несколькими мишенями, размещенными в вакууме.

Проект SPD

В рамках проекта SPD в 2019 г. выполнены следующие работы:

- на ПКК по физике частиц была представлена 1-я версия концептуального проекта установки SPD;

- рассмотрены несколько вариантов магнитной системы установки: гибридная (тороид в центре и две катушки Гельмгольца по краям), шесть катушек Гельмгольца с различными конфигурациями включения тока и соленоид;

- разработана 1-я версия трекинга SPD на основе фильтра Кальмана, проведено моделирование и получено достигаемое импульсное разрешение для различных вариантов магнитного поля;

- проведено моделирование процессов Дрелла-Яна, рождения чармония и прямых фотонов;

- начато формирование коллаборации, создана комиссия по подготовке конституции SPD.

ных эффектов в p -Pb-взаимодействиях и противоречит предсказаниям ряда моделей [1].

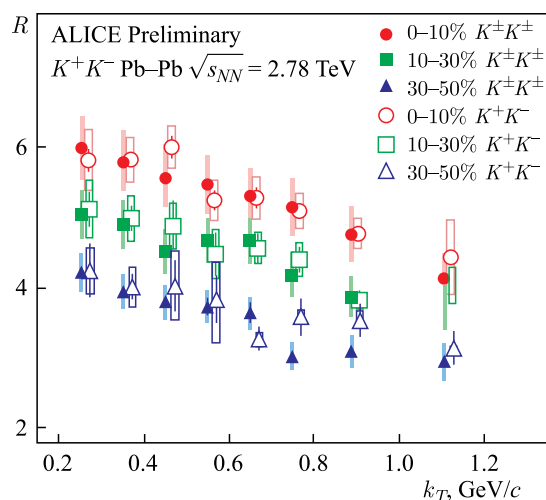


Рис. 3. Радиусы источников излучения пар K^+K^- и пар тождественных заряженных каонов в зависимости от поперечного импульса пары и центральности взаимодействий

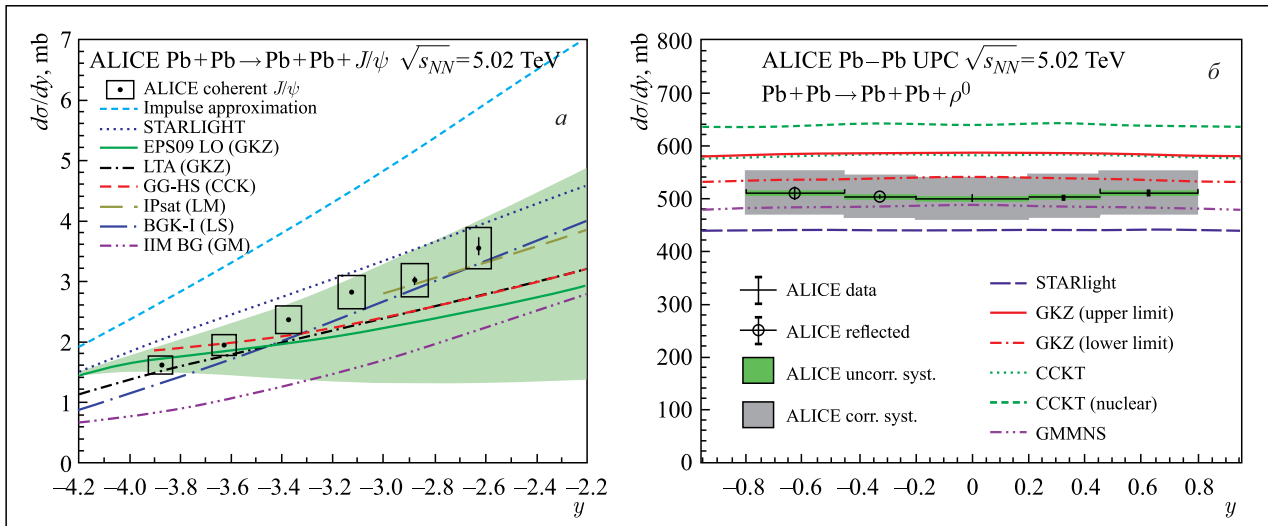


Рис. 4. Сравнение дифференциальных сечений когерентного рождения J/Ψ (а) и ρ^0 (б) с предсказаниями различных моделей

В 2019 г. завершен анализ когерентного рождения J/Ψ и ρ^0 -мезонов в ультрапериферических Рb–Рb-соударениях (на пару нуклонов) при 5,02 ТэВ. Определены их дифференциальные сечения рождения, и сделано сравнение с предсказаниями моделей (рис. 4). Показано наилучшее согласие с моделями в предположении умеренного влияния механизма затенения глюонов. Кроме того, проведены первые измерения когерентного фоторождения ω -мезона и объекта, подобного резонансному состоянию, с массой примерно $1700 \text{ МэВ}/c^2$ [2].

ATLAS

В 2019 г. сотрудники ЛФВЭ, участвующие в проекте, продолжали работу по нескольким направлениям, включая анализ экспериментальных данных, моделирование нового процесса с частицами SUSY, модернизацию детектора ATLAS для работы в условиях повышенной светимости Большого адронного коллайдера и КХД-анализ данных по глубоконеупругому рассеянию.

Сечение процесса ассоциированного рождения бозона Хиггса, распадающегося на пару b -кварков, и электрослабого калибровочного бозона W или Z , распадающегося на лептоны, было измерено в нескольких интервалах поперечного импульса калибровочного бозона. Измерения проводились в определенных интервалах кинематических переменных и анализировались в рамках так называемого упрощенного шаблона. Результаты были получены при энергии pp -взаимодействий 13 ТэВ в с. ц. м. и интегральной светимости $79,8 \text{ фб}^{-1}$ и зарегистрированы детектором ATLAS на Большом адронном коллайдере. Обнаружено, что все измеренные сечения согласуются с предсказаниями Стандартной модели, также установлены ограничения на параметры эффективного лагранжиана, чувствительного к модификациям бозонных связей Хиггса с электрослабыми калибровочными бозонами (рис. 5).

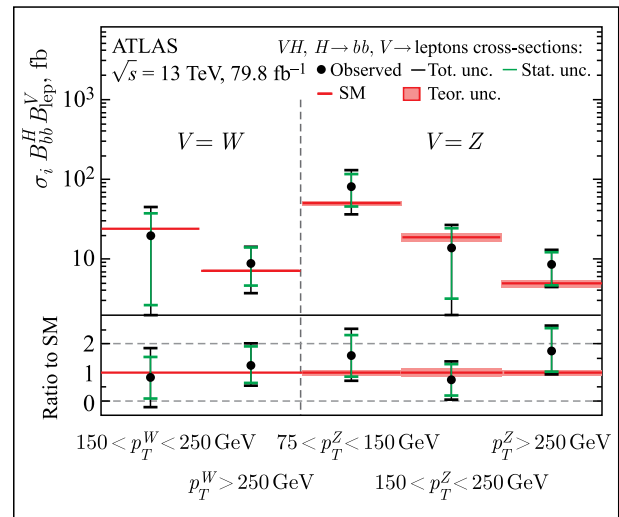


Рис. 5. Измеренные значения сечения процесса VH ($V \rightarrow$ лептоны) с учетом мод распада H и V

Работы по модернизации детектора ATLAS включали проведение сеанса облучения оптоволоконных разъемов на реакторе ИБР-2 для исследования радиационной стойкости материалов с целью выяснения возможности их использования в детекторе ATLAS при работе на коллайдере HL-LHC. Разработан радиационно стойкий аналоговый формирователь сигналов для торцевого адронного калориметра установки ATLAS, и создан стенд для измерения характеристик прототипов, а в будущем и интегральных схем и их сертификации. Электрические характеристики прототипа были измерены на созданном стенде, полученные данные практически полностью совпали с ожидаемыми. Разработанная схема формирователя была использована при разработке прототипа твердотельной микросхемы. После изготовления ее характеристики будут изучены на созданном стенде.

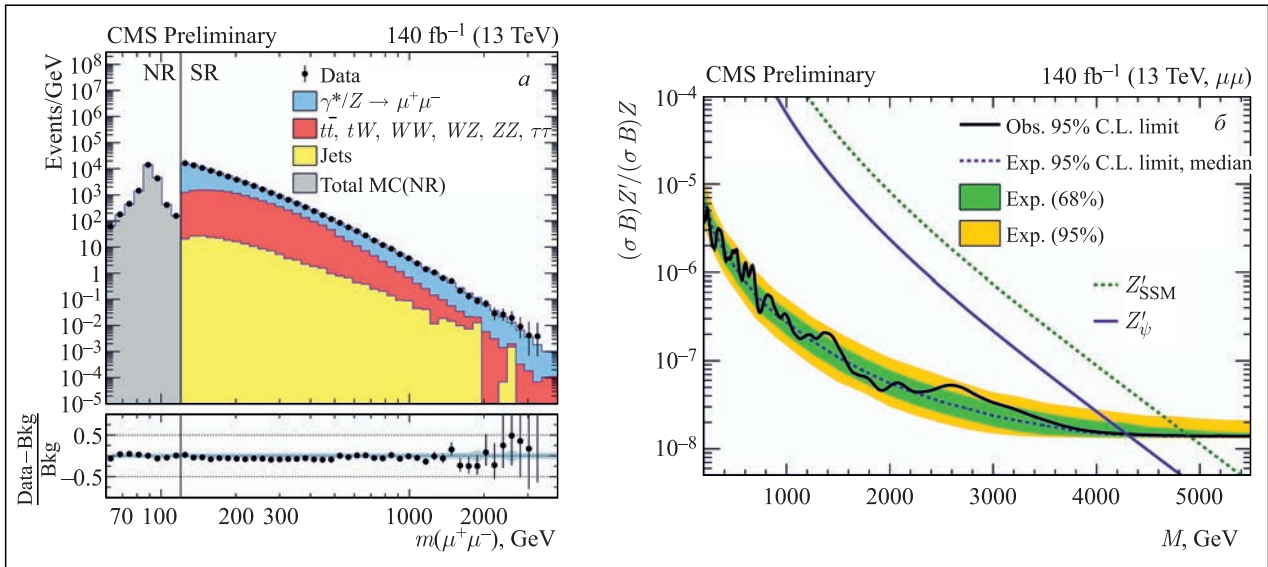


Рис. 6. а) Распределение по инвариантной массе событий рождения пар мюонов при $\sqrt{s} = 13$ ТэВ [3]. Гистограммами показан вклад различных процессов СМ. б) Модельно-независимый верхний предел (95%-й уровень достоверности) на сечение рождения пар мюонов (черная сплошная линия), нормированное на сечение рождения Z^0 -бозона, для случая резонансов со спином 1 [3]. Закрашенные области вокруг пунктирной линии соответствуют стандартным отклонениям ожидаемого предела 68 и 95%. Приведены теоретические предсказания сечений рождения новых калибровочных бозонов в моделях Z'_{SSM} и Z'_ψ

CMS

В 2019 г. группа ОИЯИ в эксперименте CMS принимала участие в обработке и анализе данных сеанса LHC, проходившего в 2015–2018 гг. на встречных пучках протонов при энергии $\sqrt{s} = 13$ ТэВ и светимости до $2,14 \cdot 10^{34} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (LHC Run 2).

Проведен экспериментальный поиск нейтральных резонансов как со спином 1, так и со спином 2 по их ожидаемому распаду на пару мюонов (рис. 6, а) [3]. Не наблюдается никаких существенных отклонений от прогнозов Стандартной модели (СМ) по отношению к ожиданиям от фонов СМ. В отсутствие значимого превышения сигнала над ожидаемым фоном СМ установлен модельно-независимый верхний предел (95%-й уровень достоверности) на сечения этих процессов (см., например, рис. 6, б) [3].

Измерения дифференциального сечения для процесса Дрелла–Яна основаны на данных pp -столкновений при энергии 13 ТэВ в с.ц.м. Результаты хорошо согласуются с результатами предыдущих измерений при $\sqrt{s} = 8$ ТэВ и с данными исследований угловых характеристик мюонов, образующихся в данном процессе [4, 5].

В рамках программы первой фазы модернизации CMS была проведена замена регистрирующей электроники центральных адронных калориметров. Группа ОИЯИ создала испытательный стенд для длительных испытаний системы считывающей электроники с использованием кремниевого фотоумножителя SiPM для центральных адронных калориметров. Полностью подготовлена инфраструктура испыта-

тельного стенда, включая систему водяного охлаждения модулей, систему низкого питания, систему подачи напряжения смещения на SiPM, систему оптоволоконной коммуникации регистрирующей электроники с крейтами систем отбора данных и триггера, контроля и записи тестовых данных. Новая система регистрирующей электроники была установлена на детектор CMS: заменены 144 считывающих модуля, 36 калибровочных модулей и 72 модуля контроля и управления регистрирующей электроникой.

В рамках программы второй фазы модернизации CMS физики ОИЯИ участвовали в переоборудовании электроники CSC-камер на мюонных станциях ME1/1, ME2/1, ME3/1 и ME4/1: разработаны и изготовлены 120 новых плат распределения и контроля низкого напряжения для CSC-камер (LVDB-5), проведена разработка и изготовление автоматизированного стенда для настройки плат LVDB-5, изготовлено 120 кабелей референсного напряжения. В общей сложности 180 камер были извлечены из CMS, перемещены в наземную лабораторию, оснащены новой электроникой, протестированы и, наконец, установлены на место. Для камер ME1/1 изготовлены 72 новых контура охлаждения.

Эксперименты на протонном суперсинхротроне в ЦЕРН

COMPASS

В 2019 г. в эксперименте COMPASS был продолжен анализ данных, собранных в 2002–2018 гг.

Коллаборация COMPASS выполнила наиболее полное фитирование резонансной модели $\pi^- \pi^- \pi^+$ -состояний, используя результаты ранее опубликован-

ного частичного волнового анализа (PWA) большого набора данных событий дифракционной диссоциации от реакции отдачи $\pi^- + p \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^+ + p$ с пучком пионов 190 ГэВ/с [6]. Результаты PWA подвергают резонансно-модельной подгонке с использованием амплитуд Брейта–Вигнера для одновременного описания подмножества 14 выбранных волн с использованием 11 изовекторных светомезонных состояний. Впервые определена зависимость t' -фаз от амплитуд продуцирования и подтверждено, что механизм рождения через померонный обмен является общим для всех резонансов.

Поперечные спиновые асимметрии, измеренные в полуинклюзивных реакциях лепторождения адронов, при взвешивании с поперечным импульсом адрона P_T позволяют извлекать важные функции распределения, зависящие от поперечного импульса [7]. Полученные результаты сравниваются со стандартными невзвешенными асимметриями Сиверса и используются для выделения первых поперечных моментов распределений Сиверса для кварков u и d .

Коллаборацией COMPASS были опубликованы результаты по измерению жесткого эксклюзивного рождения π^0 -мезонов в реакциях мюонов на протоне с использованием 160-ГэВ/с поляризованных μ^+ - и μ^- -пучков SPS в ЦЕРН, падающих на жидководородную мишень. По среднему значению измеренных сечений μ^+ и μ^- определяется сечение взаимодействия протона с виртуальным фотоном как функция квадрата переданного 4-импульса между начальным и конечным состоянием протона в диапазоне $0,08 < |t| < 0,64$ (ГэВ/с)². Эти результаты являются важным вкладом в моделирование обобщенных партонных распределений. В контексте феноменологической модели Голоскокова–Кролла статистически значимый вклад поперечной интерференции представляет собой четкое экспериментальное доказательство киральной нечетности обобщенного партонного распределения \bar{E}_T .

NA61/SHINE

В 2019 г. деятельность коллаборации NA61 была сосредоточена на программе обновления детектора для работы в следующий период (post-LS2) и физическом анализе данных, набранных до 2019 г.

Самые последние результаты относятся к свойствам образованных частиц, а также к событийным флуктуациям в протон-протонных взаимодействиях, $\text{Be} + \text{Be}$ и $\text{Ar} + \text{Sc}$ при энергиях пучков 19/20, 30, 40, 75/80 и 158 АГэВ.

На рис. 7 показано текущее состояние хорошо известных «step»- и «horn»-структур. В столкновениях $\text{Pb} + \text{Pb}$ такие структуры были предсказаны за счет образования смешанной фазы адронного газа (HG) и кварк-глюонной плазмы (QGP). Обнаружена быстрая смена «horn» в энергетической зависимости K/π в центральных столкновениях $\text{Pb} + \text{Pb}$ и $\text{Au} + \text{Au}$, что интерпретируется как обусловленное началом декон-

файнмента в ядерных взаимодействиях. Коллаборация NA61 дополнила эти данные новыми измерениями в реакциях $p + p$, $\text{Be} + \text{Be}$ и $\text{Ar} + \text{Sc}$, которые проявляют неожиданные и очень интересные особенности, а именно:

- энергетическая зависимость имеет плато, подобное наблюдаемому в $p + p$ -взаимодействиях;

- данные в столкновениях $\text{Be} + \text{Be}$ близки к результатам во взаимодействиях $p + p$;

- данные по взаимодействиям $\text{Ar} + \text{Sc}$ показывают зависимость от энергии столкновения, качественно аналогичную данным реакции $p + p$, но плато находится на значительно более высоком уровне.

Результаты для $p + p$ -взаимодействий, полученные в эксперименте NA61, были рассмотрены как указание на возможность проявления деконфайнмента в малых системах.

Удивительно, что в данных $\text{Ar} + \text{Sc}$ нет указания на структуру «horn».

NA62 (NA48/2)

В 2019 г. был продолжен анализ экспериментальных данных NA48/2 и NA62.

Опубликован первый результат NA62 по поиску распада $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \nu$, основанный на небольшой выборке данных, накопленных в сеансе 2016 г. (что соответствует $1,21 \cdot 10^{11}$ распадам K^+) [8] (рис. 8). Чувствительность к одному событию составляет $3,15 \times 10^{-10}$, что соответствует 0,267 события СМ. Наблюдается один сигнал-кандидат, в то время как ожидаемый фон составляет 0,152 события. Это соответствует верхнему пределу $14 \cdot 10^{-10}$ для парциальной ширины распада $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \nu$ при 95%-м уровне достоверности. Анализ данных, накопленных в 2017 г., привел к отбору еще двух кандидатов $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \nu$. При общем ожидаемом фоне $1,65 \pm 0,31$ события выбранные три кандидата приводят к верхнему пределу парциальной ширины распада $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \nu$ $18,5 \cdot 10^{-10}$ на 90%-м уровне достоверности.

Опубликована заключительная статья по результатам анализа редкого распада $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 e^+ e^-$ в NA48/2 [9]. Полученные результаты основаны на $1,7 \cdot 10^{11}$ распадах заряженных каонов, зарегистрированных в 2003–2004 гг. Выборка из 4919 кандидатов с фоном величиной 4,9% позволяет определить парциальную ширину распада: $\text{BR} = (4,24 \pm 0,14) \cdot 10^{-6}$. Исследование кинематической области дает доказательства наличия структурно зависимого вклада в соответствии с предсказаниями, основанными на киральной теории возмущений. Также оценены несколько асимметрий, связанных с возможным нарушением P- и CP-четностей.

Опубликованы результаты поиска распадов π^0 на фотон и невидимый массивный темный фотон в эксперименте NA62 [10]. Из $4,12 \cdot 10^8$ меченых π^0 -мезонов сигнал не наблюдается. В предположении взаимодействия кинетического смешивания установлены пределы на связь темного фотона

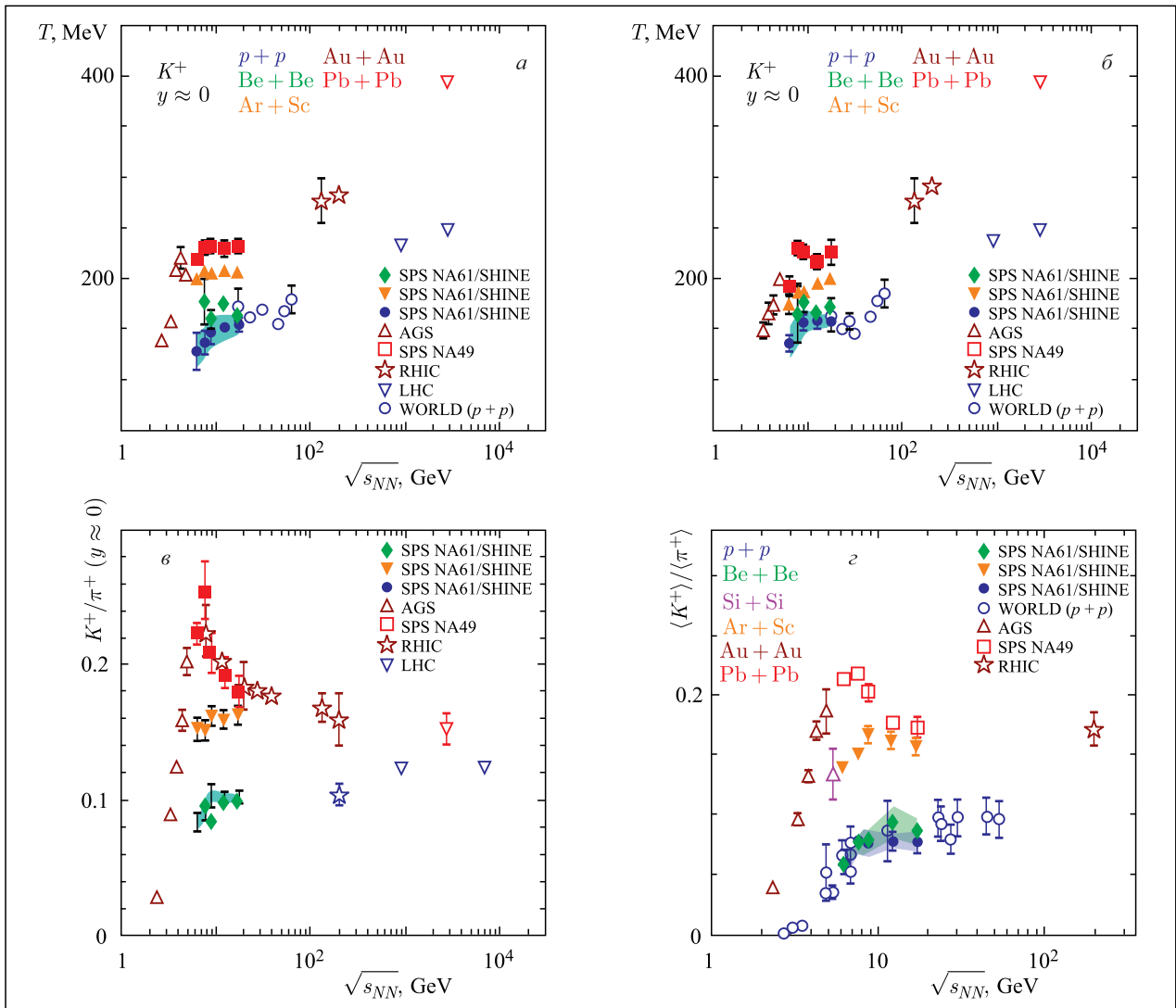


Рис. 7. Параметр наклона спектров поперечных масс в центральной области быстрой для K^+ - и K^- -мезонов в зависимости от энергии столкновения $p + p$, Be + Be, Ar + Sc и Pb + Pb/Au + Au (а, б); отношение K^+/π^+ в центральной области быстрой и $\langle K^+ \rangle / \langle \pi^+ \rangle$ в полном фазовом пространстве 4π как функция энергии столкновения $p + p$, Be + Be, Ar + Sc и Pb + Pb/Au + Au (в, г)

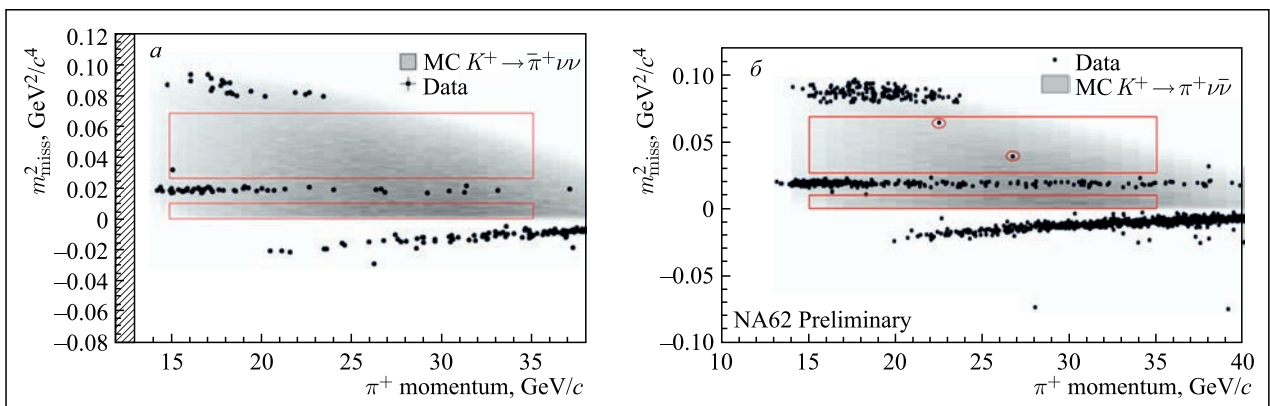


Рис. 8. а) Один кандидат на распад $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$, выявленный в области сигнала (красные прямоугольники) в результате слепого анализа данных, собранных NA62 в 2016 г. б) Два кандидата на распад $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$, обнаруженные в области сигнала NA62 (красные прямоугольники) после слепого анализа данных, собранных в 2017 г.

с обычным фотоном в зависимости от массы темного фотона, что улучшило результаты предыдущих исследований в диапазоне масс 60–110 МэВ/ c^2 . Данные результаты интерпретируются в терминах верхнего предела парциальной ширины электрослабого распада $\pi^0 \rightarrow \gamma\nu\nu$, что улучшило существовавший ранее предел более чем на три порядка.

На основе экспериментальных данных NA62 проведен новый поиск двойных безнейтринных распадов каонов $K^+ \rightarrow \pi^- e^+ e^+$ и $K^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ \mu^+$ с лучшим в мире уровнем точности [11]. Эти распады нарушают сохранение лептонного числа, и их обнаружение может выявить майорановскую природу нейтрино, которая предполагает модификацию СМ. Ожидаемый фон в области сигнала равен $0,16 \pm 0,03$ и $0,91 \pm 0,41$, а число наблюдаемых событий — 0 и 1 соответственно. Это приводит к верхним пределам для парциальных ширин $2,2 \cdot 10^{-10}$ и $4,2 \cdot 10^{-11}$ с 90%-м уровнем достоверности соответственно. Полученный результат повышает точность мировых данных о возможном несохранении лептонного числа. Анализ данных 2018 г. в дальнейшем улучшит точность и этих результатов.

NA64

Группа ОИЯИ участвовала в анализе данных сеансов, проведенных в 2016–2018 гг., и продолжила работу по созданию новых камер на основе стробоскопов для модернизации спектрометра.

Поиск частиц темной материи с массой менее 1 ГэВ и ее медиатора — нового векторного бозона A' , темного фотона, в событиях с недостающей энергией был проведен на основе данных, зарегистрированных в сеансах 2016–2018 гг. с общей статистикой $2,84 \cdot 10^{11}$ электронов на мишени. Кандидатов найдено не было. Результаты опубликованы в «Physical Review Letters» [12] и отмечены редколлегией как «предложение редактора» (рис. 9).

Проведен комбинированный анализ данных ($8,4 \times 10^{10}$ е.о.т.), зарегистрированных в 2017 и 2018 гг. в эксперименте по прямому поиску нового гипотетического X -бозона (16,7 МэВ), который мог бы объяснить аномальный выход e^+e^- -пар, наблюдаемый при распадах возбужденного ядра ${}^8\text{Be}^*$ («бериллиевая аномалия»). X -бозон может быть рожден в реакции тормозного излучения $e^-Z \rightarrow e^-ZX$ пучком электронов высокой энергии, падающим на активную мишень, и наблюдаться через его последующий распад на e^+e^- -пару. Никаких свидетельств таких распадов найдено не было. Проведенный анализ позволяет установить новые пределы на параметр ε_e связи $X-e^-$, за исключением диапазона $1,2 \cdot 10^{-4} < \varepsilon_e < 6,8 \cdot 10^{-4}$ [13] (рис. 10).

Эксперимент NA64 отмечен вице-директором ЦЕРН Э.Элсенем в обзоре 2019 г.: «... Из большого разнообразия экспериментов с фиксированной мишенью я выбрал NA62 и NA64 как наиболее

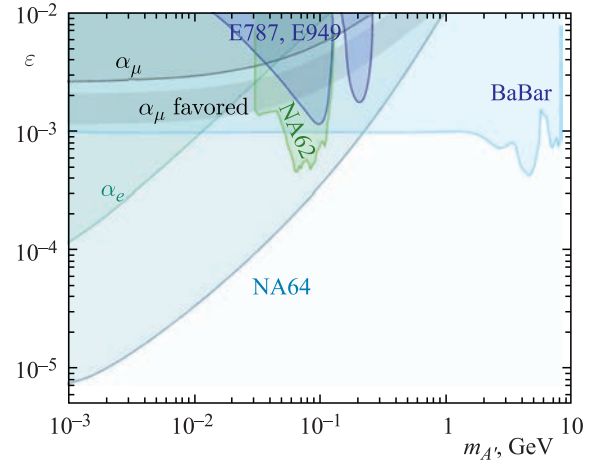


Рис. 9. Область исключения NA64 с 90%-м уровнем достоверности в плоскости $(m_{A'}, \varepsilon)$. Показаны ограничения E787 и E949, BaBar и недавние данные эксперимента NA62, а также предпочтительная область параметра α_μ

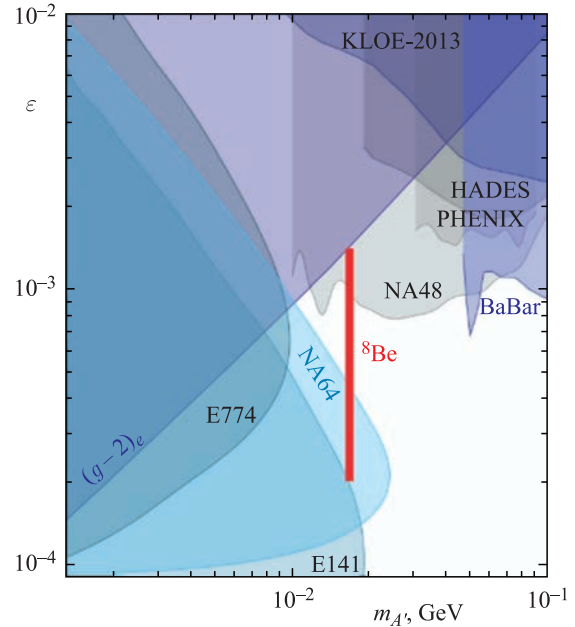


Рис. 10. Области исключения с 90%-м уровнем достоверности в плоскости $(m_X; \varepsilon)$ эксперимента NA64 (синяя область). Для массы 16,7 МэВ область взаимодействия $X-e^-$, исключенная NA64, составляет $1,2 \cdot 10^{-4} < \varepsilon_e < 6,8 \cdot 10^{-4}$. Показан полный допустимый диапазон параметра ε_e $2,0 \cdot 10^{-4} < \varepsilon_e < 1,4 \cdot 10^{-3}$, потенциально объясняющий аномалию ${}^8\text{Be}^*$ (красная область), а также ограничения, установленные экспериментами E774, E141, BaBar, KLOE, HADES, PHENIX, NA48, и границы из аномального магнитного момента электрона $(g-2)_e$

показательные с точки зрения потенциала для открытия новой физики на SPS. Анализ данных, собранных в течение 2016–2018 гг. с электронами, позволил NA64 достичь рекордной чувствительности для параметров легкой темной материи, а также значительно продвинуться в поиске других новых слабозаимодействующих частиц».

СОБЫТИЯ

16–17 апреля состоялось 3-е коллаборационное совещание по экспериментам MPD и BM@N комплекса NICA.

4–8 июня в ЛФВЭ прошел международный семинар «SPD на NICA-2019».

11 октября в Мексике было подписано соглашение о сотрудничестве:

- с Национальным автономным университетом Мексики;
- с Институтом ядерных наук;
- с Автономным университетом Пуэбла;
- с Центром перспективных исследований;
- с Университетом Колимы;
- с Автономным университетом Синалоа.

14–15 октября состоялось 4-е коллаборационное совещание по эксперименту BM@N комплекса NICA.

21–25 октября в Варшавском технологическом университете состоялось 4-е коллаборационное совещание по эксперименту MPD, в ходе которого членами коллаборации MPD были выбраны пять польских научных центров:

- Университет им. Яна Кохановского;
- Национальный центр ядерных исследований (NCBJ);
- Вроцлавский университет;
- Варшавский технологический университет;
- Варшавский университет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Acharya S. et al. (ALICE Collab.). One-Dimensional Charged Kaon Femptoscopy in p -Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // Phys. Rev. C. 2019. V. 100. P. 024002.
2. Acharya S. et al. (ALICE Collab.). Coherent J/ψ Photoproduction at Forward Rapidity in Ultra-peripheral Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // Phys. Lett. B. 2019. V. 798. P. 134926.
3. Sirunyan A. M. et al. (CMS Collab.). Search for a Narrow Resonance in High-Mass Dilepton Final States in Proton-Proton Collisions Using 140 fb^{-1} of Data at 13 TeV. CMS-PAS-EXO-19-019.
4. Gorbunov I., Lanev A., Shalaev V., Shmatov S. Study of Drell-Yan Process with the Compact Muon Solenoid Experiment at the Large Hadron Collider // J. Belarus. State Univ. Phys. 2019. V. 2. P. 16–25.
5. Zykunov V. A. Final-State Two-Loop Radiative Corrections to the Drell-Yan Process at the LHC in the Soft-Photon Approximation // Phys. Atom. Nucl. 2019. V. 82. P. 183–190.
6. Aghasyan M. et al. (COMPASS Collab.). Light Isovector Resonances in $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^+ p$ at 190 GeV/c // Phys. Rev. D. 2018. V. 98. P. 092003; CERN-EP/2018-021; hep-ex/1802.05913.
7. Alexeev M. G. et al. (COMPASS Collab.). Measurement of P_T -Weighted Sivers Asymmetries in Lepton-production of Hadrons // Nucl. Phys. B. 2019. V. 940. P. 34; CERN-EP/2018-242; hep-ex/1809.02936.
8. Cortina Gil E. et al. (NA62 Collab.). First Search for $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \nu$ Using the Decay-in-Flight Technique // Phys. Lett. B. 2019. V. 791. P. 156–166.
9. Batley J. R. et al. (NA48/2 Collab.). First Observation and Study of the $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 e^+ e^-$ Decay // Phys. Lett. B. 2019. V. 788. P. 552–561.
10. Cortina Gil E. et al. (NA62 Collab.). Search for Production of an Invisible Dark Photon in π^0 Decays // JHEP. 2019. V. 1905. P. 182.
11. Cortina Gil E. et al. (NA62 Collab.). Searches for Lepton Number Violating K^+ Decays // Phys. Lett. B. 2019. V. 797. P. 134794.
12. Banerjee D. et al. (NA64 Collab.). Dark Matter Search in Missing Energy Events with NA64 // Phys. Rev. Lett. 2019. V. 123. P. 121801.
13. Banerjee D. et al. (NA64 Collab.). Improved Limits on a Hypothetical $X(16.7)$ Boson and a Dark Photon Decaying into $e^+ e^-$ Pairs. CERN-EP-2019-284; arXiv:1912.11389v1 [hep-ex]. 2019.



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ИМ. В. П. ДЖЕЛЕПОВА

ФИЗИКА НЕЙТРИНО И РЕДКИХ ПРОЦЕССОВ, АСТРОФИЗИКА

Байкальский нейтринный телескоп, создаваемый коллаборацией «Байкал-GVD» для наблюдения природных потоков нейтрино, является одним из трех крупнейших в мире по эффективной площади и объему, а также крупнейшим в Северном полушарии. Наиболее важным достижением в 2019 г. была постановка четвертого и пятого кластеров глубоководного детектора на оз. Байкал как запланированный этап развития полномасштабного телескопа Байкал-GVD. В настоящее время нейтринный телескоп состоит из 1440 оптических модулей, расположенных на 40 вертикальных гирляндах (8 гирлянд в каждом кластере) на глубине от 750 до 1250 м. Эффективный объем глубоководного детектора GVD-2019, состоящего из пяти кластеров, увеличился до $0,25 \text{ км}^3$ [1]. Это составляет около 60 % эффективного объема антарктического детектора IceCube для поиска ливневых событий от нейтрино высоких энергий астрофизической природы. В рамках данной задачи выполнен предварительный анализ данных 2016–2018 гг. и частично 2019 г., позволивший выделить первые шесть событий в области энергии выше $\sim 100 \text{ ТэВ}$, в которой поток астрофизических нейтрино уже превалирует над фоном атмосферных нейтрино [2].

В эксперименте **Daya Bay** основная работа была сосредоточена на развитии проекта «Global Neutrino Analysis» (GNA). Были добавлены 64 урока, возможность проведения вычислений на GPU и поддержка произвольной точности, а также значительно расширена документация [3]. Модель «Daya Bay» в полном виде перенесена в GNA и подготовлена для анализа данных в 2020 г.

В рамках проекта **JUNO** к концу 2019 г. на специальной установке были испытаны более 15 000 больших ФЭУ. Установка включает в себя сканирующие станции, разработанные в ОИЯИ. Группа ОИЯИ несет полную ответственность (включая финансовую) за проектирование, серийное производство и испытания всей высоковольтной системы для

ФЭУ эксперимента JUNO (20 000 больших и 25 000 малых ФЭУ). Также в 2019 г. полностью завершена и утверждена коллаборацией разработка конструкции поддерживающей платформы Top Tracker детектора. Продолжается разработка программного обеспечения системы сбора данных и их анализа.

В 2019 г. коллаборация **Borexino** представила результаты поиска нестандартных взаимодействий нейтрино [4]. Установлены модельно-независимые пределы на потоки нейтрино и антинейтрино из астрофизических источников [5]. На основе полного набора данных проведен анализ потоков геонейтрино [6], а также опубликован подробный обзор по геонейтрино [7].

В эксперименте **NOvA** при активном участии физиков ОИЯИ получен новый результат по измерениям параметров осцилляций нейтрино. Поочередный набор статистики с пучками нейтрино и антинейтрино, сформированными ускорительным комплексом FNAL с протонным пучком рекордной мощности ($\sim 800 \text{ кВт}$), и совместный анализ каналов исчезновения мюонных и появления электронных нейтрино позволили определить параметры осцилляций: $|\Delta m_{23}^2| = 2,48_{-0,06}^{+0,11} \cdot 10^{-3} \text{ эВ}^2$ и $\sin^2 \theta_{23}$ в диапазонах 0,53–0,60 и 0,45–0,48 для нормальной иерархии. При этом предпочтение в пользу нормальной иерархии и верхнего октанта для угла θ_{23} составляет $\sim 1,9\sigma$ и $1,6\sigma$ соответственно, а обратная иерархия исключается на уровне более чем 3σ для значения параметра нарушения CP вблизи $\delta_{\text{CP}} = \pi/2$ [8]. В эксперименте продолжается набор данных (до 2024 г.) с целью уточнения измерений иерархии масс нейтрино и определения δ_{CP} .

В ОИЯИ для эксперимента NOvA в штатном режиме работают удаленный центр управления экспериментом и компьютерная инфраструктура ЛИТ. Сотрудники ОИЯИ активно участвуют в работе эксперимента, выполняя задачи координации физических анализов, осуществляя менеджмент онлайн и офлайн

программного обеспечения, проводя тесты аппаратуры и выступая в качестве экспертов в процессе управления работой детекторов.

В рамках проекта **SuperNEMO** были опубликованы окончательные результаты по измерению периода полураспада ^{100}Mo с помощью спектрометра NEMO-3: $T_{1/2}^{2\nu\beta\beta} = (6,81 \pm 0,01(\text{стат.}) \pm 0,40(\text{сист.})) \times 10^{18}$ лет [9]. Распределения суммарной энергии электронов, индивидуальной энергии электронов и косинуса угла между направлениями электронов были представлены беспрецедентной статистикой $5 \cdot 10^5$ событий и отношением сигнала к фону ~ 80 . На основе данных получено четкое подтверждение модели доминирования одиночного состояния (SSD) для этого ядерного перехода, способной тестировать механизмы двойного бета-распада с помощью трекориметрического метода.

В 2019 г. коллаборацией **EDELWEISS** были разработаны уникальные низкороговые детекторы-болометры, позволяющие измерять энергию ядер отдачи с рекордными значениями: от ~ 20 эВ. По данным измерений новыми детекторами получены и опубликованы результаты по поиску WIMP в области масс ниже $1 \text{ ГэВ}/c^2$ [10]. Кроме того, в рамках совместного использования криостата EDELWEISS с экспериментом CUPID получены данные по полной идентификации $\alpha/\gamma(\beta)$ фоновых событий. В результате синергии между экспериментами в 2019 г. осуществлен набор данных с целью достижения наилучшей чувствительности ^{100}Mo к $0\nu\beta\beta$ -распаду [11].

Созданные коллаборацией **EDELWEISS** детекторы, регистрирующие сигнал энергии ядер отдачи ниже 100 эВ, открывают совершенно новые возможности не только для поиска частиц темной материи, но и для исследования нейтрино с использованием когерентного рассеяния на ядрах ($\text{CE}\nu\text{NS}$). Только криогенные болометры следующего поколения, уже разработанные коллаборацией **EDELWEISS**, с беспрецедентным низкоэнергетическим порогом и возможностью подавления фоновых событий смогут обеспечить измерения $\text{CE}\nu\text{NS}$ с точностью $\sim 1\%$ вплоть до $\mathcal{O}(10)$ эВ. Такая точность, которую предполагается достичь в новом эксперименте **Ricochet**, разработка которого ведется на базе **EDELWEISS** с активным участием ОИЯИ, позволит проверить различные расширения Стандартной модели и значительно повлияет на наше понимание электро-слабого сектора. Для проведения эксперимента начато изучение мест потенциального расположения установки вблизи исследовательского реактора ILL (Франция) и вблизи реактора ВВР-1200 Нововоронежской АЭС.

Во второй фазе эксперимента **GERDA** в ноябре 2019 г. достигнута запланированная статистика в 100 кг·лет, что позволило завершить набор данных в рамках эксперимента и начать процесс перехода к проекту нового поколения — **LEGEND**.

По результатам анализа накопленной статистики в 82,4 кг·лет сигнал от $0\nu\beta\beta$ -распада обнаружен не был. Установлен предел на период полураспада: $T_{1/2}^{0\nu} > 0,9 \cdot 10^{26}$ лет (90%-й уровень достоверности). Чувствительность эксперимента составила $1,1 \times 10^{26}$ лет, что вместе с результатами других экспериментов по поиску $0\nu\beta\beta$ -распада дает ограничение на эффективную массу майорановского нейтрино $0,07\text{--}0,16$ эВ [12].

В эксперименте **$\nu\text{GEN/GEMMA-III}$** в 2019 г. изготовлены новые низкороговые германиевые детекторы массой 1,5 кг и разрешением лучше 100 эВ [13]. После их тестирования в ОИЯИ в ноябре 2019 г. первый детектор был перевезен на Калининскую АЭС. Спектрометр был установлен на глубине 10 м под реактором КАЭС, что обеспечивает рекордный поток антинейтрино — $5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. При этом конструкционные материалы реактора (эквивалентные 50 м в.э.) позволяют значительно снизить космогенную составляющую фонового излучения. Для снижения других фоновых компонентов была сооружена пассивная защита из сверхчистой меди, полиэтилена, свинца и нейлона. Кроме того, было изготовлено и установлено мюонное вето для дальнейшего снижения космогенного фона.

Нейтринный детектор **DANSS** был запущен в 2016 г. на 4-м энергоблоке Калининской АЭС и с тех пор исправно регистрирует около 4000 реакторных антинейтрино в сутки при фоне, не превышающем 2–3%. Благодаря подъемному механизму детектор может, не прекращая работы, перемещаться на 2 м и, таким образом, измерять энергетический спектр нейтрино на разных расстояниях от реактора. Кроме осуществления нейтринной диагностики реактора этот механизм позволяет изучать осцилляции нейтрино независимо от спорных теоретических предположений о нейтринном спектре. В 2019 г. проведен обновленный полномасштабный анализ данных за 2016–2019 гг. с уточненной оценкой всех источников фона и систематических ошибок. Получено лучшее в мире модельно-независимое ограничение на существование стерильного нейтрино [14].

Гамма-обсерватория **TAIGA** объединяет несколько телескопов IACT (Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope) и сеть широкоугольных оптических детекторов **HiSCORE**. Сочетание двух взаимодополняющих методов разделения гамма-лучей позволяет создать устройство с большой площадью за относительно низкую цену. Обсерватория гамма-излучения **TAIGA** будет включать в себя сеть из 500 детекторов **HiSCORE** и максимум до 16 IACT, охватывающих площадь 5 км^2 , и мюонные детекторы с общей чувствительной площадью 2000 м^2 , распределенные по площади 1 км^2 . Поскольку **TAIGA** будет самой северной гамма-обсерваторией, ее расположение даст некоторые преимущества для наблюдения источников с большими отклонениями. В рамках

эксперимента TAIGA группа из ОИЯИ отвечает за изготовление механической платформы телескопа, в том числе силовую электронику управления, а также участвует в наборе данных и их физическом анализе. В декабре 2016 г. первый телескоп TAIGA-IACT приступил к работе. За 2018–2019 гг. изготовлены еще два телескопа.

Завершается анализ данных в эксперименте OPERA. Опубликованы результаты измерений параметров осцилляций с применением анализа дан-

ных «исчезновения» мюонных нейтрино и появления электронных и тау-нейтрино [15], а также результаты измерений сезонных вариаций потока атмосферных мюонов [16]. Продолжив исследование свойств тау-нейтрино с помощью эмульсионной методики, дубненская группа приняла участие в разработке проекта DsTau, задачей которого является исследование процессов рождения тау-нейтрино, а также поиск внутреннего очарования протона в p - A -взаимодействиях.

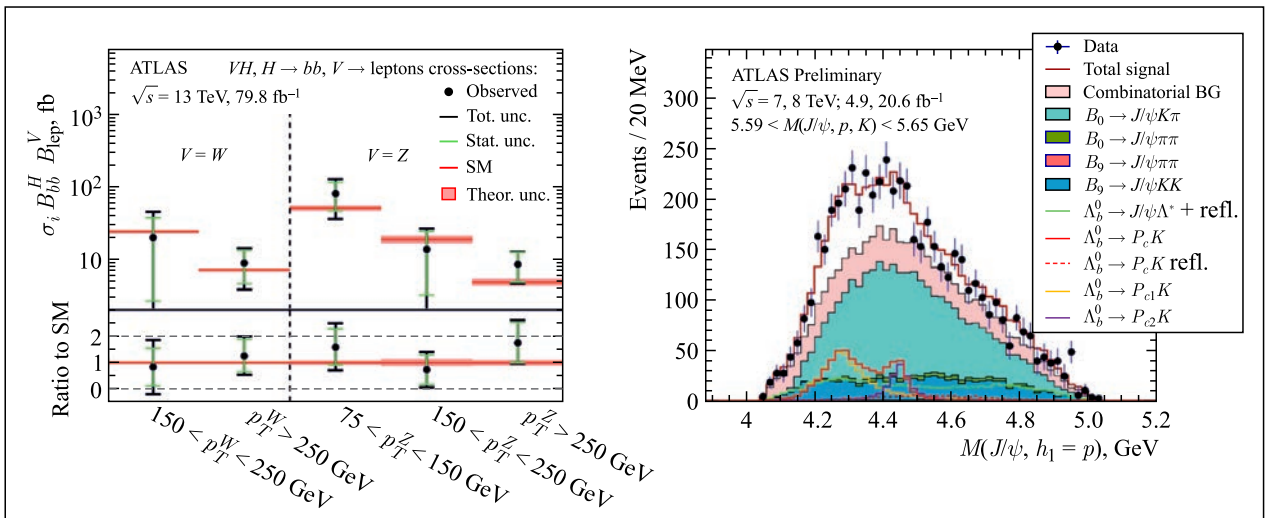
ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Группой сотрудников ОИЯИ в рамках эксперимента ATLAS проведены измерения сечения ассоциативного рождения бозона Хиггса SM, распадающегося на bb -кварковую пару, с W - или Z -бозонами, распадающимися на лептоны (слева на рисунке). Сечения рождения измерены для бозона Хиггса SM в пределах псевдобыстроты $|y_H| < 2,5$ [17]. Результаты получены при интегральной светимости $79,8 \text{ fb}^{-1}$ протон-протонных взаимодействий на детекторе ATLAS при энергии 13 ТэВ в с.ц.м. Все результаты находятся в хорошем согласии со SM. Поставлены пределы на параметры эффективного лагранжиана, чувствительного к поправкам констант связи бозона Хиггса SM с электрослабыми калибровочными бозонами.

Также в эксперименте ATLAS проведено исследование $J/\psi p$ -резонансов в распадах $\Lambda_b \rightarrow J/\psi p K$ при больших значениях инвариантной массы $m(pK^-)$. Анализ проводился на основе объединенных данных pp -соударений, полученных при энергии 7 и 8 ТэВ в с.ц.м. и интегральной светимости 4,9 и

$20,6 \text{ fb}^{-1}$ соответственно. Несмотря на то, что модель с двумя и более пентакварками является более предпочтительной, данные не позволили исключить сценарий без пентакварков с достаточной статистической значимостью (справа на рисунке). Полученные значения инвариантных масс пентакварков и их ширины распада с использованием модели с двумя пентакварками хорошо согласуются с результатами эксперимента LHCb [18, 19].

В эксперименте COMPASS в 2019 г. был получен предварительный результат для инклюзивного образования конечного состояния с двумя J/ψ -мезонами при взаимодействии пионного пучка с мишенью. Полные сечения процесса, измеренные для мишеней из аммиака, вольфрама и алюминия, составили $(8,8 \pm 2,2(\text{стат.}) \pm 2,4(\text{сист.}))$, $(3,4 \pm 4,3(\text{стат.}) \pm 5,8(\text{сист.}))$ и $(14,3 \pm 7,7(\text{стат.}) \pm 4,5(\text{сист.}))$ пб/нуклон соответственно. Спектр инвариантных масс двух J/ψ -мезонов не демонстрирует никаких резонансных структур вблизи кинематического порога, таким образом, не получено свидетельств существо-



Слева: измеренное сечение процесса $VH, H \rightarrow bb$ и $V \rightarrow$ лептоны в зависимости от поперечного импульса калибровочного бозона. Справа: результаты фитирования методом χ^2 распределения $m(J/\psi p)$ с сигнальной области с гипотезами двух пентакварков P_{c1} и P_{c2} спином и четностью $3/2^-$ и $5/2^+$ соответственно

вания 4с-состояний, предсказанных некоторыми моделями. Полученные кинематические распределения находятся в согласии с предположением о том, что основным механизмом рождения конечного состояния является однопартонное рассеяние. Не найдено свидетельств вклада внутреннего чарма пиона в рождение двойных J/ψ -мезонов.

Группой из ОИЯИ в эксперименте **BES-III** был проведен анализ данных сканирования вблизи пика рождения J/ψ -мезона для измерения сечения ряда эксклюзивных процессов. Получены сечения реакций, имеющих в конечном состоянии пары мезонов $\omega\pi^0$, $\omega\eta$ и $\varphi\eta$ при 17 значениях энергии аннигиляции, а также предварительная оценка значения разности фаз между сильной и электромагнитной амплитудами в распаде J/ψ -мезона. Путем анализа данных с распадами J/ψ -мезона на электрон-позитронные пары была выполнена независимая проверка полученных ранее результатов по измерению сечения прямого рождения J/ψ в e^+e^- -аннигиляции в диапазоне энергии от 3,81 до 4,6 ГэВ [20].

В рамках эксперимента **Mu2e** группой ЛЯП были собраны две катодно-стриповые камеры и стенд для испытания модулей вето-системы космических лучей (CRV). Разработана процедура создания модуля CRV из четырех слоев сцинтилляционных стрипов и алюминиевых пластин. Длина таких модулей — от 2,5 до 7 м, а вес одного модуля — несколько тонн. Экспериментальные модули были изготовлены и испытаны в Виргинском университете (США). Разработана и апробирована методика заполнения отверстий вокруг волокна синтетическим каучуком (СКТН) для увеличения светоотдачи модулей до 40–50 %. Семиметровые модули планируется заполнить синтетическим каучуком, чтобы обеспечить их эффективную работу в течение нескольких лет набора данных Mu2e. Образцы синтетического каучука СКТН, а также сцинтилляторные стрипы, заполненные таким СКТН, были облучены на нейтронном реакторе ОИЯИ (интегральный поток нейтронов до $6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$). Они показали очень хорошую устойчивость к нейтронному облучению и могут быть использованы для счетчиков вето-системы во время физического сеанса. Разработана процедура сборки модуля CRV [21].

Совместно с коллегами из Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе (Санкт-Петербург) разрабатывается эффективный фотоприемник, невосприимчивый к фотонам с длиной волны более 310 нм, который может быть применен для считывания быстрой компоненты излучения ВаF₂ во второй фазе эксперимента Mu2e. Основной особенностью этого фотоприемника является подавление медленной компоненты высвечивания ВаF₂ с пиковой светимостью 320 нм, а также регистрация быстрой компоненты с максимумом при 230 нм и временем высвечивания менее 1 нс [22].

В рамках эксперимента **MEG-II** в 2019 г. сотрудники ЛЯП приняли участие в сборке крейтов WaveDREAM для новой считывающей электроники и в испытаниях цилиндрической дрейфовой камеры на мюонном пучке. Разработана и установлена на веб-сервере рабочая демоверсия веб-приложения 3D Event Display для онлайн-визуализации экспериментальных данных [23].

В рамках проекта **COMET** в 2019 г. были изготовлены новые строу-трубки с толщиной стенки 12 мкм и диаметром 4,97 мм. Однородность диаметра цилиндра является главной характеристикой для строу-трубок. Строу-трубки должны пройти испытание на однородность цилиндрической формы для получения разрешения на эксплуатацию. Этот параметр управляется специальным оптическим устройством. Строу-трубку размещают перпендикулярно лазерному лучу и измеряют диаметр с точностью до 0,1 мкм. Строу-трубку сканируют при давлении 1–2 бар. Этот метод испытаний используется для оценки однородности диаметра цилиндра в разных точках. При тестировании изготовленные строу-трубки показали отличные характеристики и рабочие свойства.

Также в 2019 г. была продолжена работа по изучению оптических параметров (энергетического разрешения, времени высвечивания, относительного световыхода, неоднородности распределения световыхода по длине) нового (инженерного) кристалла LYSO фирмы «Saint-Gobain». Кроме того, начато изучение оптических параметров кристалла китайской фирмы «JT Crystal Technology Co., Ltd». Установлено, что световыход инженерного кристалла LYSO больше примерно на 20 % по сравнению с ранее выпускаемыми кристаллами, однако энергетическое разрешение практически не отличается. Время высвечивания незначительно меньше. Также изучена неоднородность световыхода по длине кристалла. Разброс световыхода по длине кристалла для группы из 10 образцов относительно их среднего значения составляет примерно от 10 до 19 %.

В рамках проекта **GDH&SPASCHARM** на ускорителе MAMI (Майнц, Германия) в 2019 г. впервые были проведены прецизионные измерения полных сечений и угловых распределений для фоторождения π^0 -мезонов на квазисвободных нуклонах, связанных в дейтроне. Установлено значительное расхождение между сечениями на свободных и связанных протонах, обусловленное взаимодействием нуклонов в конечном состоянии. Это расхождение использовано для оценки сечения фоторождения нейтральных пионов на свободных нейтронах. Также продолжается обработка физических данных, полученных ранее в Майнце со значительным вкладом сотрудников ЛЯП. Эти данные получены с использованием созданной сотрудниками сектора низких температур

ЛЯП поляризованной протонной (дейтронной) мишени [24, 25].

В рамках проекта **ARIEL** основным результатом 2019 г. является выпуск первой версии монте-карло-генератора невзвешенных событий **MCSANcее** для процессов баба-рассеяния и электронно-позитронной аннигиляции в Z -бозон и бозон Хиггса. Проведены детальные сравнения результатов **MCSANcее** с результатами альтернативных вычислений **WHIZARD** и **CalcHEP**. Закончен расчет про-

цесса $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-, \mu^+\mu^-$ с продольной поляризацией начального состояния. Создана новая версия 6.45 пакета **DIZET** библиотеки для расчета петлевых электрослабых радиационных поправок. Сейчас основной код для фитирования данных $\sin_{\text{eff}}(W)$ (**ATLAS**) использует эту версию. Также проведены вычисления электрослабых радиационных поправок с учетом поляризации к процессам $e^+e^- \rightarrow ZH$ [26] и баба-рассеяния [27].

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В ОИЯИ создан и введен в действие **прецизионный лазерный инклинометр (ПЛИ)** — принципиально новый детектор, благодаря которому стала возможной регистрация угловых колебаний земной поверхности в диапазоне частот 10^{-6} –4 Гц с максимальной чувствительностью $2,4 \cdot 10^{-11}$ рад/Гц $^{1/2}$. Для регистрации деформаций коллайдера **LHC** изготовлены и поставлены в ЦЕРН пять комплектов инклинометров [28]. В настоящее время успешно запущены три из них. Подписан трехсторонний договор между ОИЯИ, Европейской гравитационной обсерваторией **VIRGO** и ЦЕРН о начале работ по стабилизации активных элементов интерференционной гравитационной антенны (ИГА) от угловых микросейсмических колебаний на базе ПЛИ. В августе и октябре 2019 г. установлены два инклинометра в экспериментальном зале северного зеркала интерферометрической гравитационной антенны **VIRGO** (ИГА **VIRGO**). Получена устойчивая работа инклинометров в течение нескольких месяцев.

На базе **Медико-технического комплекса (МТК) ЛЯП** проводятся медико-биологические и клинические исследования по лечению онкологических больных, совершенствование оборудования и аппаратуры и разработка новых методов лучевой терапии и сопутствующей диагностики онкологических больных на медицинских адронных пучках фазотрона ОИЯИ. В 2019 г. совместно с Российской медицинской академией непрерывного профессионального образования Минздрава РФ (Москва) и радиологическим отделением **МСЧ-9 ФМБА** в первом полугодии проводились регулярные сеансы протонной терапии по клиническому исследованию ее эффективности при лечении различных новообразований. С января по июль проведено четыре лечебных цикла суммарной продолжительностью 17 недель. На медицинском протонном пучке курс фракционированного лучевого лечения прошли 20 пациентов, при этом общее количество протонных терапевтических облучений (полей) составило около 2000. Кроме того, на гамма-терапевтическом аппарате «Рокус-М» были пролечены еще 13 пациентов (более 800 полей).

Продолжалась систематизация накопленных клинических данных по многочисленным пролеченным в МТК нозологиям. Полученные результаты сопоставимы с данными зарубежных центров протонной терапии [29, 30].

С 2016 г. ОИЯИ и **ASIPP** (Китай) совместно разрабатывали сверхпроводящий циклотрон **SC200** для адронной терапии. Согласно подписанному документу в Китае должны изготовить два циклотрона: один — для работы в медицинском центре Хэфэя, другой — для медико-биологических исследований в ОИЯИ. Сейчас сверхпроводящий циклотрон **SC200** для Хэфэя находится в стадии отладки [31]. Изготовлены и испытаны основные системы циклотрона. Проведен тест питания высокой мощности для высокочастотной ускоряющей системы. Она может стабильно работать в непрерывном режиме ~ 50 кВт [32]. Также разработан и испытан внутренний источник ионов типа Пеннинга с холодным катодом [33]. Измеренная интенсивность выведенного пучка достигала 200 мкА. В настоящее время проводятся измерения и шиммирование магнитного поля циклотрона **SC200**. Получена экспериментальная карта, обеспечивающая достаточный изохронизм в широком диапазоне радиусов. В научно-экспериментальном отделе новых ускорителей разработан физический проект компактного сверхпроводящего циклотрона **SC230**, предназначенного для ускорения пучка протонов до энергии более 230 МэВ для протонной терапии и медико-биологических исследований.

В рамках **НИР новых полупроводниковых детекторов** в 2019 г. разработан алгоритм мультиэнергетической томографической реконструкции. На примере данных, полученных детектором **Timepix3**, показана возможность распознавания золота в растворе соли. Также разработан алгоритм кластеризации данных с пиксельных детекторов на **ПЛИС**. Микротомограф «Калан-4», созданный в научно-экспериментальном отделе встречных пучков ЛЯП, оснащен рентгенографической камерой **Widepix MPX3** 1×15 с сенсорами из **CdTe** толщиной 1 мм.

Поле зрения такой камеры составляет 14×210 мм, а шаг пикселя — 55 мкм. Ведутся работы по настройке всех элементов и исследованию различных образцов. Предложена и реализована идея использования сборки из трех последовательных детекторов на основе Si, GaAs:Сг и CdTe для увеличения числа энергетических порогов при рентгеновском томографическом сканировании. Создан прототип установки на основе детектора Timerix и кодирующей апертуры. Пространственное разрешение составило 1 мм [34–36].

Основным направлением работ по проекту «**Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов**» в 2019 г. были исследование распределения дефектов в различных материалах методом позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС) и развитие экспериментальной базы. В экспериментальный канал установлены вакуумные и магнитные элементы системы упорядочения и транспортировки позитронов — составляющие спектрометра PALS (Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy), который сооружается в секторе электронного охлаждения ЛЯП [37]. С этой же целью проводится окончательная сборка и настройка ВЧ-резонатора. Для развития возможностей исследований методом ПАС создана система реактивного травления образцов на основе ионного источника. Ведется подготовка ее испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Avrorin A. D. et al. Baikal-GVD: The New-Generation Neutrino Telescope in Lake Baikal // Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. 2019. V. 83, No. 8. P. 921–922 (Изв. РАН. Сер. физ. 2019. Т. 83, № 8. С. 1016–1018).
2. Avrorin A. D. et al. (Baikal-GVD Collab.). Search for Cascade Events with Baikal-GVD // 36th Intern. Cosmic Ray Conf. (ICRC 2019), Madison, United States, 24 July – 1 August, 2019; <https://pos.sissa.it/358/873/pdf>; arXiv:1908.05430.
3. Fatkina A. et al. GNA: New Framework for Statistical Data Analysis // EPJ Web Conf. 2019. V. 214. P. 05024; arXiv:1903.05567.
4. Agarwalla S. K. et al. (Borexino Collab.). Constraints on Non-Standard Neutrino Interactions from Borexino Phase-II. arXiv: 1905.03512 [hep-ph].
5. Agostini M. et al. (Borexino Collab.). Search for Low-Energy Neutrinos from Astrophysical Sources with Borexino. arXiv: 1909.02422.
6. Agostini M. et al. (Borexino Collab.). Comprehensive Geoneutrino Analysis with Borexino. arXiv: 1909.02257.
7. Smirnov O. Experimental Aspects of Geoneutrino Detection: Status and Perspectives // Progress in Part. Nucl. Phys. 2019. V. 109. P. 103712.
8. Acero M. A. et al. (NO ν A Collab.). First Measurement of Neutrino Oscillation Parameters Using Neutrinos and Antineutrinos by NO ν A // Phys. Rev. Lett. 2019. V. 123. P. 151803.
9. Arnold R. et al. Detailed Studies of Mo-100 Two-Neutrino Double Beta Decay in NEMO-3 // Eur. Phys. J. C. 2019. V. 79. P. 440.
10. Armengaud E. et al. (EDELWEISS Collab.). Searching for Low-Mass Dark Matter Particles with a Massive Ge Bolometer Operated above Ground // Phys. Rev. D. 2019. V. 99, No. 8. P. 082003.
11. Armengaud E. et al. (EDELWEISS Collab.). The CUPID-Mo Experiment for Neutrinoless Double-Beta Decay: Performance and Prospects. arXiv:1909.02994.
12. Agostini M. et al. Probing Majorana Neutrinos with Double- β Decay // Science. 2019. V. 365. P. 1445.
13. Belov V. et al. The ν GeN Experiment at the Kalinin Nuclear Power Plant // J. Instrum. 2015. V. 10. P. 12011.
14. Shitov Yu. Recent Results from DANSS // NuPhys2019: Prospects in Neutrino Physics, London, Dec. 16–18, 2019. Invited oral talk is foreseen <https://indico.cern.ch/event/818781/timetable/#all.detailed>.
15. Agafonova N. et al. (OPERA Collab.). Final Results on Neutrino Oscillation Parameters from the OPERA Experiment in the CNGS Beam // Phys. Rev. D. 2019. V. 100, No. 5. P. 051301.
16. Agafonova N. et al. (OPERA Collab.). Measurement of the Cosmic Ray Muon Flux Seasonal Variation with the OPERA Detector // J. Cosmol. Astropart. Phys. 2019. V. 1910, No. 10. P. 003.
17. Aaboud M. et al. (ATLAS Collab.). Measurement of VH , $H \rightarrow bb$ Production as a Function of the Vector-Boson Transverse Momentum in 13 TeV pp collisions with the ATLAS Detector // JHEP. 2019. V. 05. P. 141.
18. Eletsikh I. et al. (ATLAS Collab.). Study of J/ψ Resonances in the $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p K^-$ Decays in pp Collisions at 7 and 8 TeV with the ATLAS Detector. ATLAS-CONF-2019-048.
19. Prokoshin F. et al. (ATLAS Collab.). Measurement of the CP Violation Phase φ_s in $B_s \rightarrow J/\psi$ Decay in ATLAS at 13 TeV. ATL-SOFT-PROC-2019-009.
20. Ablikim M. et al. Partial-Wave Analysis of $J/\psi \rightarrow K^+ K^- \pi^0$ // Phys. Rev. D. 2019. V. 100, No. 3. P. 032004.
21. Artikov A. et al. Mass Production and Quality Tests of a High-Efficiency Cosmic Ray Veto Detector for the Mu2e Experiment // IEEE Nucl. Sci. Symp. Manchester, UK, Oct. 26 – Nov. 2, 2019.
22. Artikov A. et al. Suppression of the Slow Component of BaF $_2$ Crystal Luminescence with a Thin Multilayer Filter // J. Phys.: Conf. Ser. 2019. V. 1162, No. 1. P. 012028.
23. Krylov V. A. Development of Web Interactive 3D Environment for Event Display in “Muon g II” (Fermilab)

- and “MEG II” (PSI) Experiments // 27th Symp. on Nucl. Electronics and Computing (NEC'2019), Budva, Becici, Montenegro, Sept. 30 – Oct. 4, 2019.
24. *Akondy C. S. et al.* Experimental Study of the $\gamma p \rightarrow K^0 \Sigma^+$, $\gamma n \rightarrow K^0 \Lambda$, and $\gamma n \rightarrow K^0 \Sigma^0$ Reactions at the Mainz Microtron // *Eur. Phys. J. A.* 2019. V. 55. P. 202.
 25. *Briscoe W. J. et al.* (A2 Collab. at MAMI). Cross Section for $\gamma n \rightarrow \pi^0 n$ Measured at the Mainz A2 Experiment // *Phys. Rev. C.* 2019. V. 100. P. 065205.
 26. *Bondarenko S. et al.* One-Loop Electroweak Radiative Corrections to Polarized $e^+e^- \rightarrow ZH$ // *Phys. Rev. D.* 2019. V. 100, No. 7. P. 073002; arXiv:1812.10965 [hep-ph].
 27. *Bardin D. et al.* One-Loop Electroweak Radiative Corrections to Polarized Bhabha Scattering // *Phys. Rev. D.* 2018. V. 98, No. 1, P. 013001; arXiv:1801.00125 [hep-ph].
 28. *Azaryan N. et al.* The Seismic Angular Noise of an Industrial Origin Measured by the Precision Laser Inclino-meter in the LHC Location Area // *Письма в ЭЧАЯ.* 2019. Т. 16, № 4. С. 332.
 29. *Аганов А. В. и др.* Опыт использования протонной лучевой терапии в Объединенном институте ядерных исследований г. Дубна // *Мед. радиология и радиационная безопасность.* 2019. Т. 64, № 2. С. 61–69.
 30. *Borowicz D. et al.* Dose Distribution at the Bragg Peak: Dose Measurements Using EBT and RTQA Gafchromic Film Set at Two Positions to the Central Beam Axis // *Med. Phys.* 2017. V. 44, No. 4. P. 1538–1544.
 31. *Popov D. et al.* Influence of the RF Magnetic Field on Beam Dynamics in SC200 Cyclotron // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2019. V. 940, No. 1. P. 61–65.
 32. *Chen G. et al.* Commissioning of RF System of the 200 MeV Proton Cyclotron // *Proc. of the 10th Intern. Part. Accel. Conf. (IPAC 2019), Melbourne, Australia.* WEPRB030 2877–2879.
 33. *Xu S. W. et al.* Design and Analysis of the Cold Cathode Ion Source for 200 MeV Superconducting Cyclotron // *Ibid.* TUPTS050 2040–2041.
 34. *Kozhevnikov D., Smolyanskiy P.* Equalization of Medipix Family Detector Energy Thresholds Using X-Ray Tube Spectrum High Energy Cut-Off // *J. Instrum.* 2019. V. 14, № 01. P. T01006.
 35. *Kozhevnikov D., Smolyanskiy P.* Stack of Timepix-Based Detectors with Si, GaAs: Cr and CdTe Sensors with Optimized Thickness for Spectral CT // *J. Instrum.* 2019. V. 14, No. 2. P. C02010.
 36. *Dachs F. et al.* Transition Radiation Measurements with a Si and a GaAs Pixel Sensor on a Timepix3 chip // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2020. V. 958. P. 162037. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2019.03.092>.
 37. *Eseev M. et al.* Development of Positron Annihilation Spectroscopy at Joint Institute for Nuclear Research // *Acta Physica Polon. A.* 2019. V. 136. P. 314–317; doi: 10.12693/APhysPolA.136.314.



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ИМ. Г. Н. ФЛЕРОВА

СОЗДАНИЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ФАБРИКА СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ» НА БАЗЕ ЦИКЛОТРОНА ДЦ-280

Приоритетной задачей ЛЯР является запуск фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ) на базе циклотрона ДЦ-280, а также создание комплекса современных экспериментальных установок, предназначенных для синтеза и изучения свойств СТЭ. Ввод в эксплуатацию фабрики СТЭ, работы по получению проектных интенсивностей пучков циклотрона ДЦ-280 и начало тестовых экспериментов на новом газонаполненном сепараторе (ГНС-2) — наиболее важные задачи 2019 г. [1–4].

Получены заключение Ростехнадзора о соответствии построенного объекта требованиям технических регламентов и разрешение Министерства жилищной политики Московской обл. на ввод его в эксплуатацию. 19 марта 2019 г. получено санитарно-эпидемиологическое заключение ФМБА России о соответствии источников ионизирующего излучения (ионного источника ЭЦР и циклотрона ДЦ-280) существующим нормам в области радиационной безопасности, а 20 декабря 2019 г. — санитарно-эпидемиологическое заключение ФМБА России на право проведения работ с ядерными материалами и радиоактивными веществами в экспериментальных помещениях 2-го класса фабрики СТЭ.

Официальный запуск циклотрона ДЦ-280 состоялся 25 марта 2019 г. Ускоритель отработал в 2019 г. 3377 ч. Получены пучки ускоренных ионов ^{84}Kr , ^{12}C , ^{40}Ar и ^{48}Ca . К концу года были достигнуты интенсивности пучков ионов $^{12}\text{C}^{2+}$ (5,8 МэВ/нуклон) 10 мкА частиц, $^{40}\text{Ar}^{7+}$ (4,88 МэВ/нуклон) 10,4 мкА частиц, $^{48}\text{Ca}^{7+}$ (5 МэВ/нуклон) 5,1 мкА частиц, $^{84}\text{Kr}^{14+}$ (5,9 МэВ/нуклон) 1,44 мкА частиц. Для тестирования сепаратора ГНС-2 пучки ионов ^{40}Ar и ^{48}Ca были проведены от ДЦ-280 по каналу транспортировки до узла мишени и стоппера ГНС-2.

Создание экспериментальных установок комплекса «Фабрика сверхтяжелых элементов». Первой экспериментальной установкой, на которой будет продолжено исследование сверхтяжелых ядер на

фабрике СТЭ, является новый газонаполненный сепаратор ГНС-2. В течение 2019 г. закончена работа по вводу в строй всех узлов сепаратора ГНС-2. Сепаратор имеет конфигурацию оптических элементов $Q_{1,v} D_{1,h} Q_{2,h} Q_{3,v} D_2$. Квадрупольная линза $Q_{1,v}$ фокусирует по вертикали выбитые из мишени ядра для повышения эффективности их прохождения через зазор в дипольном магните $D_{1,h}$, где продукты реакций полного слияния (ERs) отделяются от основной части частиц пучка и продуктов фоновых реакций. Затем ERs фокусируются двумя квадрупольными линзами $Q_{2,h}$ и $Q_{3,v}$. Для дополнительного отделения ERs от фоновых частиц установлен дипольный магнит D_2 .

Смонтированы узлы ионопровода перед сепаратором. Созданы и смонтированы устройства управления вакуумной системой ионопровода и сепаратора, измерения пучка ионов в них, подачи газа в ГНС-2, управления магнитной системой, контроля и блокировок элементов вакуумных систем.

Проведены первые тестовые эксперименты по определению оптимальных параметров ГНС-2 с помощью альфа-частиц и продуктов реакции ${}^{\text{nat}}\text{Yb}(^{40}\text{Ar}, xn)^{207-212}\text{Ra}$. Эти эксперименты показали, что сепаратор обладает хорошим подавлением фоновых событий при высокой пространственной дисперсии изображения в фокальной плоскости. Начаты эксперименты на пучке ^{48}Ca с мишенями из ${}^{\text{nat}}\text{Yb}$, ^{174}Yb , ^{170}Er и ^{208}Pb . Основной целью данных тестов является определение трансмиссии сепаратора, а также стойкости мишени при облучении высокоинтенсивными пучками тяжелых ионов.

Реализация экспериментальной программы на фабрике СТЭ будет начата после завершения программы тестовых испытаний сепаратора ГНС-2. Первым экспериментом будет синтез изотопов москovieв в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$.

Компанией «SigmaPhi» завершено изготовление пресепаратора для химических исследований и ядер-

ной спектроскопии СТЭ. Сепаратор подготовлен к транспортировке в Дубну. Доставка и монтаж пресепаратора запланированы на 2020 г.

Продолжается создание криогенной газовой ионной ловушки. В 2019 г. выполнены следующие работы: приобретены основные компоненты вакуумной системы, получены основные детали кон-

струкции газовой ячейки («Vakuum Praha»), изготовлены электроды конусной части газовой ячейки (ВНИТЭП, Дубна), приобретены и протестированы базовые элементы системы управления, начата подготовка помещения для монтажа установки, системы управления и измерения.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ЯДЕР НА ГРАНИЦАХ СТАБИЛЬНОСТИ

В соответствии с решениями ПКК и Ученого совета ОИЯИ реализация проекта фабрики СТЭ осуществлялась одновременно с выполнением научной программы ЛЯР. На циклотронах У-400, У-400М и ИЦ-100 были выполнены многочисленные научные и прикладные исследования в области физики тяжелых ионов. Суммарное время работы циклотронов в 2019 г. составило 19 090 ч. Основное время работы использовано для выполнения программы исследований на пучках ^{22}Ne (циклотрон У-400, установки SHELS и МАВР), ^{46}Ti (циклотрон У-400, химическая установка), ^{48}Ca (циклотрон У-400, установки CORSET и SHELS), ^{40}Ar (циклотрон У-400М, установка MASHA) и ^{11}B , ^{15}N (циклотрон У-400М, установки ACCULINNA-1,2 и COMBAS). На циклотронах У-400 и У-400М совместно с Научно-исследовательским институтом космического приборостроения проводились прикладные исследования.

Спектроскопия тяжелых и сверхтяжелых ядер.

Проведены спектроскопические исследования изотопов $^{254,252,250}\text{No}$, образующихся в реакции ^{48}Ca и высокообогащенных Рb-мишеней. Цель — изучение электромагнитных и делительных ветвей для известных K -изомеров этих ядер. Для ^{250}No подтверждена электромагнитная ветвь распада для изомерного состояния с периодом полураспада ~ 40 мкс. Наблюдение гамма-квантов (рис. 1) и внутренних электронов конверсии позволило установить полную схему распада, в том числе определить спин, четность и энергию возбуждения изомера. Идентифицированная в данном эксперименте делительная ветвь — один из немногих случаев надежной регистрации деления из высоковозбужденного K -изомерного состояния. Из установленной схемы распада (рис. 2) надежно определена энергия возбуждения изомера ^{250}No — 1253 кэВ.

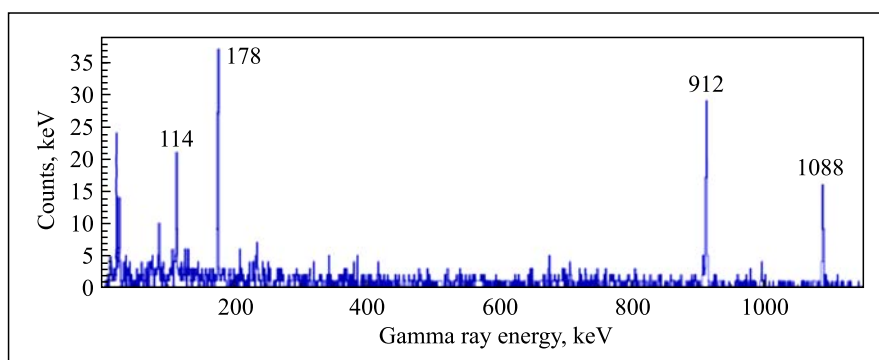


Рис. 1. Спектр гамма-квантов, испускаемых при девозбуждении K -изомерного состояния ^{250}No

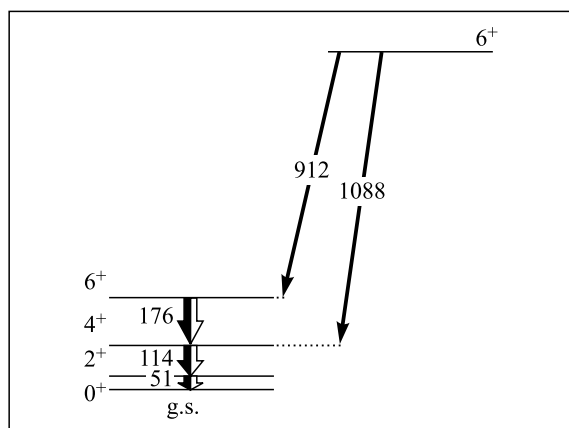


Рис. 2. Установленная схема распада изомера ^{250}No

Изотопы No изучались также в реакции $^{238}\text{U}(^{22}\text{Ne}, xn)^{260-x}\text{No}$. ^{256}No был успешно транспортирован в фокальную плоскость сепаратора SHELS. Эффективность трансмиссии этих очень медленных ядер, образующихся в асимметричных реакциях полного слияния, составила 6%. Для изотопа ^{256}No определено короткоживущее высокоспиновое K -изомерное состояние. Более долгоживущее изомерное состояние наблюдалось для соседнего изотопа ^{255}No . Данные анализируются.

Современное состояние сепаратора SHELS и некоторые результаты проведенных экспериментов представлены в работах [5, 6].

Химия трансактиноидов. Основные результаты в 2019 г. получены в экспериментах по изучению

условий образования летучих соединений Nh и их химических свойств в среде инертных газов. Исследования проводили в режиме on-line с радионуклидом таллия ^{184}Tl , полученным в реакции $^{141}\text{Pr}(^{46}\text{Ti}, 3n)$ на ускорителе У-400. Образующиеся соединения таллия изучали на новой установке, объединяющей возможности высокотемпературной камеры сбора ядер отдачи, сепаратора SHELS и криодетектора. В экспериментах по изучению кинетики образования и выхода продуктов химических реакций на уровне единичных атомов в зависимости от температуры, содержания паров воды и состава инертных газов наблюдали химические соединения таллия с низким адсорбционным взаимодействием с поверхностью кварца и высокой летучестью при комнатной температуре [7]. Продемонстрированы возможности установки, позволяющие проводить эксперименты по изучению химических свойств нихония с применением газовых систем транспорта.

В рамках сотрудничества между ЛЯР ОИЯИ и PSI (Швейцария) продолжено изучение возможности применения монокристаллических CVD-алмазов в качестве полупроводниковых детекторов для высокотемпературной α -спектроскопии в химии сверхтяжелых элементов. Исследовалась подвижность носителей заряда в алмазных твердотельных детекторах от комнатной температуры до 473 К [8].

Динамика взаимодействия тяжелых ядер, деление тяжелых и сверхтяжелых ядер. В 2019 г. исследовано влияние ядерных оболочек на формирование осколков деления ядер $^{248}\text{Cf}^*$, $^{254}\text{Fm}^*$, $^{260}\text{No}^*$, полученных в реакциях с тяжелыми ионами при энергии возбуждения 40–60 МэВ. Измерены массово-энергетические распределения (МЭР) фрагментов, образованных в реакциях $^{16,18}\text{O} + ^{232}\text{Th}$, ^{238}U и $^{22}\text{Ne} + ^{232}\text{Th}$, ^{238}U при энергиях вблизи и выше кулоновского барьера. Проведен анализ МЭР с целью определения вклада процесса квазиделения в данных реакциях.

В массовом распределении осколков $^{260}\text{No}^*$, полученного в реакции $^{22}\text{Ne} + ^{238}\text{U}$, наблюдался повышенный выход в суперасимметричной области масс 52–208 а. е. м. Вероятно, это обусловлено влиянием протонных и нейтронных оболочек в осколках, близких к дважды магическим ядрам ^{48}Ca и ^{208}Pb . Следует отметить, что поведение полной кинетической энергии и ее дисперсии в зависимости от массы фрагментов также подтверждает существование суперасимметричной моды, обнаруженной в массовом распределении осколков деления $^{260}\text{No}^*$. Кроме того, для составного ядра $^{260}\text{No}^*$ с начальной энергией возбуждения 41 МэВ обнаружено проявление бимодального деления (около 7%). Это связано с наличием в обоих осколках ядра числа нейтронов и протонов, близкого к дважды магическому ядру ^{132}Sn .

В МЭР осколков деления $^{248}\text{Cf}^*$ и $^{254}\text{Fm}^*$ в реакциях $^{16}\text{O} + ^{232}\text{Th}$ и $^{22}\text{Ne} + ^{232}\text{Th}$ при энергии воз-

буждения $E^* = 40\text{--}45$ МэВ на уровне выхода масс 10^{-5} суперасимметричной моды не обнаружено.

Для составных ядер $^{248}\text{Cf}^*$, $^{254,256}\text{Fm}^*$, образованных в реакциях взаимодействия ионов $^{16,18}\text{O}$ и ^{22}Ne с сильно деформированными ядрами актиноидных мишеней ^{238}U и ^{232}Th , обнаружен повышенный выход фрагментов в области масс $\sim 70\text{--}90$ а. е. м., связанный с влиянием замкнутых оболочек $Z = 28$ и $N = 50$. Полная кинетическая энергия таких фрагментов оказалась выше предсказаний жидкокапельной модели. Показано, что для всех исследованных реакций МЭР проявляют свойства, характерные для модального деления. Анализ сечения образования испарительных остатков для таких реакций показал, что отклонения от предсказаний статистической модели отсутствуют. Увеличение дисперсии массового распределения осколков легко объяснить в рамках концепции мультимодального деления ядер. Из этого следует, что нет оснований ожидать присутствия квазиделения в подбарьерной области для таких систем [9].

В 2019 г. проведен детальный анализ МЭР фрагментов, образованных в реакции ионов ^{48}Ca с сильно деформированными ядрами ^{154}Sm . Анализ показал присутствие значительного вклада квазиделения при всех исследуемых энергиях (ниже и выше кулоновского барьера). Для изучения влияния деформации взаимодействующих ядер на процессы слияния-деления и квазиделения в ноябре 2019 г. были проведены дополнительные измерения МЭР фрагментов, образованных в близкой реакции $^{40}\text{Ca} + ^{144}\text{Sm}$, в которой ион и мишень являются сферическими ядрами, при энергиях взаимодействия вблизи кулоновского барьера. Анализ экспериментальных данных проводится в настоящее время.

Продолжено теоретическое исследование процессов многоуклонных передач в реакциях с актиноидами. Расчеты выполнены в рамках многомерной динамической модели, доработанной с включением возможности моделирования столкновений статически-деформированных ядер при фиксированной взаимной ориентации [10]. Изучено влияние выбора снаряда на образование самых тяжелых продуктов на примере реакций ^{48}Ca , ^{136}Xe и ^{238}U с наиболее массивной из доступных мишеней — ^{251}Cf . Показано, что увеличение массы снаряда приводит к росту вероятности образования нуклидов в области трансурановых элементов с большим нейтронным избытком.

Структура экзотических ядер. В 2019 г. на новом фрагмент-сепараторе ACCULINNA-2 (ускоритель У-400М) были проведены первые эксперименты с интенсивными радиоактивными пучками ^6He , ^8He , ^9Li , ^{10}Be [11]. Цель первого эксперимента — поиск ядра ^7H и изучение корреляций между продуктами его распада по каналу $t + 4n$. Для заселения основного и возбужденного состояний ^7H была выбрана

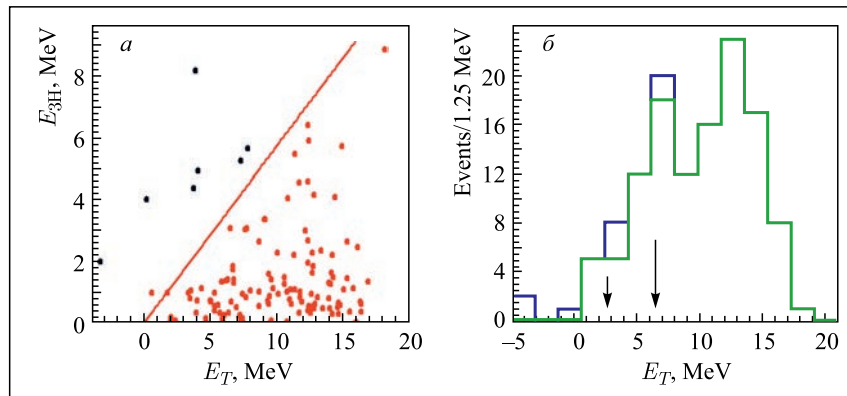


Рис. 3. *а)* Корреляции между энергией тритона в с.ц.м. ${}^7\text{H}$ и энергией в спектре недостающей массы ${}^7\text{H}$. Сплошная прямая показывает кинематический предел для энергий тритонов, образующихся при распаде ${}^7\text{H}$. Черные точки указывают на незначительный уровень фона: $\sim 10\%$. *б)* Спектр недостающей массы ${}^7\text{H}$ для зарегистрированных 107 событий, расположенных ниже сплошной прямой

реакция ${}^8\text{He}$ (26 МэВ/нуклон) + $d \rightarrow {}^3\text{He} + {}^7\text{H}$ [12]. Ключевой проблемой наблюдения событий образования ${}^7\text{H}$ была регистрация совпадений между вылетающими низкоэнергетическими ядрами ${}^3\text{He}$ ($E \approx 9\text{--}30$ МэВ, $\theta \approx 8\text{--}26^\circ$ в лабораторной системе) и быстрыми тритонами ($E > 70$ МэВ), вылетающими под передними углами в узком конусе $\theta \leq 6^\circ$, которые детектировались с достаточно хорошим угловым разрешением $\Delta\theta \approx 0,5^\circ$ и энергетическим разрешением $\Delta E/E \approx 2\%$. В дополнение к этому прецизионно измерялись нейтроны (энергии и углы) с использованием массива из 44 детекторов на основе кристаллов стильбена. Полученные результаты, а именно новая информация об основном и первом возбужденном состояниях для ${}^7\text{H}$ (рис. 3), являются важным шагом на пути решения проблемы наблюдения ${}^7\text{H}$, а также показывают высокий потенциал новой установки ACCULINNA-2. Возможные каналы распада системы ${}^7\text{H}$ анализировались с теоретической точки зрения в работе [13].

Второй эксперимент был нацелен на изучение низколежащих состояний системы ${}^{10}\text{Li}$, образу-

ющейся в реакции ${}^9\text{Li}(d, p){}^{10}\text{Li} \rightarrow n + {}^9\text{Li}$ при энергии 29 МэВ/нуклон. Принципиальная особенность этого эксперимента — регистрация протонов, испущенных под задними углами в лабораторной системе, в совпадении с ${}^9\text{Li}$ и нейтронами, вылетающими под передними углами из распада ${}^{10}\text{Li}$. Для того чтобы экспериментально определить энергетическое разрешение установки и нормировки спектра недостающей массы ${}^{10}\text{Li}$, проводилось дополнительное измерение спектра ${}^7\text{He}^*$ в реакции ${}^6\text{He}(d, p){}^7\text{He} \rightarrow n + {}^6\text{He}$. С учетом набранной статистики (примерно 400 тройных совпадений $p\text{-}{}^9\text{Li}\text{-}n$) и хорошего энергетического разрешения эксперимента ~ 230 кэВ (ПШПВ) для спектра возбуждений ${}^{10}\text{Li}$ при анализе этих данных ожидается получить новую информацию о низколежащих состояниях при $\sim 0,5$ и ~ 4 МэВ.

Реакции с пучками легких стабильных и радиоактивных ядер. В 2019 г. были исследованы различные механизмы ядерных реакций, приводящих к переобогащенным нейтронам. Эксперименты проведены на ускорителях тяжелых ионов при разных энергиях, что позволило определить каналы ядерных

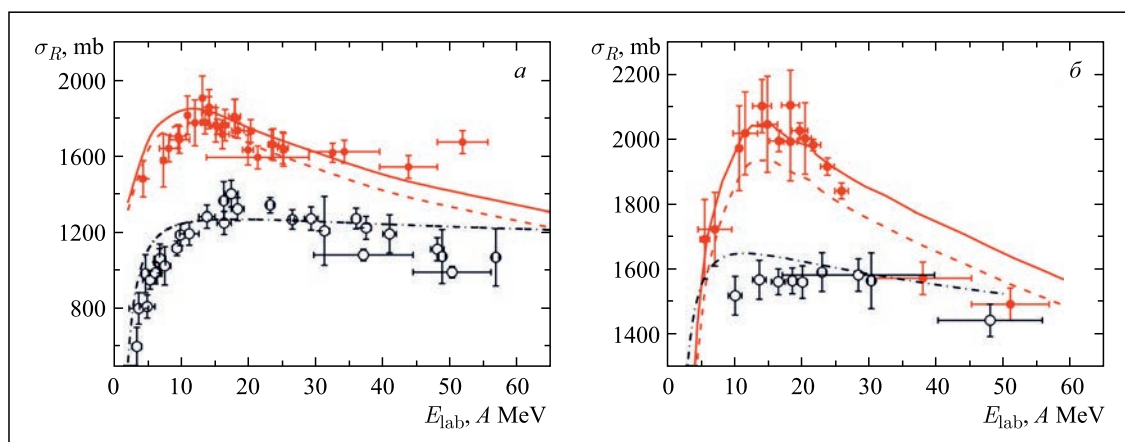


Рис. 4. Функция возбуждения для ${}^{4,6}\text{He} + \text{Si}$ (*а)* и ${}^{7,9}\text{Li} + \text{Si}$ (*б)*. Штриховые кривые — результаты расчета с использованием нестационарного уравнения Шрёдингера

процессов от реакций передачи нуклонов до фрагментации. Эксперименты проводились на магнитных спектрометрах МАВР в Дубне и LISE во Франции. Интересный результат был получен для реакции взаимодействия ядер ^{18}O с энергией 8,5 МэВ/А с мишенью ^{238}U . В этой реакции было обнаружено значительное увеличение сечения для получения экзотических ядер в результате передачи большого количества нейтронов от ядра мишени ядру бомбардирующей частицы.

Динамика столкновения экзотических ядер исследована на основе численного решения нестационарного уравнения Шрёдингера с учетом спин-орбитального взаимодействия [14]. Выполнены расчеты сечений нуклонных передач и развала как основных составляющих полного сечения реакции со слабосвязанными ядрами. На рис.4 приведены

результаты расчетов полного сечения для реакций $^{4,6}\text{He} + \text{Si}$ и $^{7,9}\text{Li} + \text{Si}$ в сравнении с экспериментальными данными, полученными в ЛЯР ОИЯИ.

Проявление кластеризации в легких атомных ядрах исследовано на примере реакций дейтронов с ядрами ^9Be при низких энергиях [15]. Расчет фолдинг-потенциала взаимодействия атомных ядер выполнен на основе трехкластерной модели ядра $^9\text{Be} = n + \alpha + \alpha$. В рамках модели связи каналов проанализированы основные каналы реакции, в том числе с передачей крупных кластеров. Выявлено, в частности, что канал реакции $^9\text{Be}(d, \alpha)^7\text{Li}$, сопровождающийся передачей кластера ^5He , оказывает значительный вклад в сечение в области низких энергий столкновения, что подтверждается данными выполненных ранее экспериментов.

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

Исследован процесс формирования ионоселективных каналов в ПЭТФ-пленке при облучении высокими флюенсами ионов Хе и Вi с последующей экстенсивной экспозицией мягким ультрафиолетовым излучением. Показано, что ионная проводимость обработанных таким образом ПЭТФ-пленок, измеренная в растворах различных электролитов, увеличивается на 5–7 порядков. Определены критические параметры процесса, и выявлен механизм образования в полимере ионопроводящих каналов субнанометрового диапазона [16].

Проведены исследования осмотических эффектов в нанопористых трековых мембранах с параллельной регистрацией диффузионного потенциала. Получены оценки чисел переноса и влияния конвективного переноса на диффузионный потенциал.

Методами молекулярной динамики и высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии изучены латентные треки в MgO , Al_2O_3 и $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$. Показано, что морфология треков в этих кристаллах определяется процессами рекристаллизации поврежденных областей окрестности ионных траекторий [17].

Комбинация низкоэнергетической ионной имплантации гелием и облучения быстрыми тяжелыми ионами была использована для исследования гелиевой пористости в дисперсно-упроченной оксидами стали, содержащей как кристаллические, так и полностью аморфизованные наночастицы Y-Ti-O [18].

Исследовано влияние облучения быстрыми тяжелыми ионами на структуру и свойства пленок оксида графена. Показана возможность получения наноразмерных проводящих областей восстановлен-

ного оксида графена, а также формирования углеродных цепочек с *sp*-гибридизацией атомов углерода [19].

Разработаны способы формирования одно- и двухслойных супергидрофобных покрытий на поверхности трековой мембраны из ПЭТФ с помощью метода электронно-лучевого диспергирования полимеров в вакууме. Показано, что применение данного метода с использованием в качестве мишени для диспергирования сверхвысокомолекулярного полиэтилена и политетрафторэтилена позволяет получать на поверхности мембраны гидрофобные и супергидрофобные покрытия с развитой структурой соответственно. Показано, что полученные композиционные мембраны могут быть применены в процессах мембранной дистилляции [20].

Разработан метод и оптимизированы параметры процесса электроформования ряда нановолокон на основе гликолевой кислоты хитозана на поверхности трековой мембраны. Исследованы структурные, адсорбционные и селективные свойства. Показано, что композиционные мембраны на основе нановолокон гликолевой кислоты обладают высокой селективностью в водных растворах ионов Ce^{3+} и Nd^{3+} [21].

Рентгенофлуоресцентная спектрометрия и гамма-активационный анализ были использованы для оценки радиологического воздействия тепловых электростанций (ТЭС-4, Улан-Батор, Монголия) на объекты окружающей среды. Проанализированы образцы угля, золы, почв и растений вокруг ТЭС. В ряде образцов обнаружено опасно высокое содержание Pb, Bi, Th, U.

В рамках расширения инфраструктуры лабораторного корпуса создана установка измерения тока термостимулированной деполяризации облученных высокоэнергетическими тяжелыми ионами полимерных электретов при их нагревании с постоянной скоростью.

Продолжены исследования, направленные на получение радионуклидов с высокой удельной активностью для использования в радионуклидной диагностике и терапии онкологических заболеваний. Исследованы различные методы реакторного и ускорительного получения и радиохимического выделения из облученных мишеней радионуклидов тербия и платины. Сечения образования изотопов $^{149,150,151,152}\text{Tb}$ впервые были экспериментально измерены с использованием метода стопки фольг в диапазоне энергий частиц ^3He от 70 до 12 МэВ. Выход ^{149}Tb на толстой мишени составляет 39 МБк/(мкА·ч) или 230 МБк/мкА ^{149}Tb при насыщении [22]. Радионуклид $^{195\text{m}}\text{Pt}$ может

быть получен по реакции двойного захвата нейтронов иридием $^{193}\text{Ir}(n, \gamma)^{194}\text{Ir}(n, \gamma)^{195\text{m}}\text{Ir}\beta^- \rightarrow ^{195\text{m}}\text{Pt}$. Иридий, обогащенный по нуклиду ^{193}Ir , облучали на реакторе ИБР-2, для того чтобы охарактеризовать данный метод. Рассчитанные сечения нейтронного захвата и резонансный интеграл для реакции $^{194}\text{Ir}(n, \gamma)^{195\text{m}}\text{Ir}$ составили 700 и 2500 б соответственно, удельная активность $^{195\text{m}}\text{Pt}$ на конец облучения — $3,66 \cdot 10^{13}$ Бк/г [23]. Также исследуется фотоядерный метод получения радионуклидов платины на МТ-25, показана возможность увеличения удельной активности платины методом Сциларда-Чалмерса. Анализ данных продолжается.

Проведена проработка конструкции и рассчитаны параметры отдельных систем (магнитной, высокочастотной, вывода пучка) многоцелевого циклотрона ДЦ-140 для прикладных исследований. Определены основные параметры установки. Ускоритель должен будет поставлять пучки ускоренных ионов от ^{20}Ne до ^{209}Bi с энергией до 4,5 МэВ/а.е.м. [24].

РАЗВИТИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЛЯР

Продолжена реализация программы модернизации циклотрона У-400М. Заключен договор с НПО ГКМП (Брянск) на демонтаж/монтаж основных катушек, ведутся подготовительные работы по модернизации высокочастотной ускоряющей системы и системы управления, замене вакуумной системы, изменению магнитных полей.

В рамках подготовки к реконструкции циклотрона У-400Р подготовлен проект нового экспери-

ментального зала, проводится экспертиза строительных конструкций здания №131. В течение 2019 г. выполнено согласование проектной документации по разделам «Технологические решения», «Обеспечение радиационной безопасности» и «Мероприятия по охране окружающей среды».

СОЗДАНИЕ НОВЫХ И РАЗВИТИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Создание сепаратора на основе резонансной лазерной ионизации (установка ГАЛС). Продолжается создание установки ГАЛС, в основе работы которой лежит принцип селективной лазерной ионизации продуктов ядерных реакций и которая предназначена для сепарации тяжелых нуклидов, образующихся в реакциях многонуклонных передач. В 2019 г. получены следующие основные результаты.

В лазерной лаборатории установлено дополнительное лазерное оборудование — канал ионизации на основе трех твердотельных перестраиваемых лазеров на титанате сапфира. Проведены пусконаладочные работы. Проведены работы по модернизации измерителя длины волны лазерного излучения с целью расширения диапазона измерений в УФ-область. В 2020 г. планируется провести тестовые эксперименты по селективной резонансной лазерной ионизации с использованием эталонной ячейки.

Продолжены тестовые эксперименты с прототипом лентопротяжной станции в iThemba Labs. Проведена оптимизация ее параметров и доработка конструкции для повышения надежности. Начата проработка окончательного дизайна станции для установки ГАЛС. Оформлен и получен трехгодичный грант NRF (ЮАР) на реализацию этой части проекта.

Проведено моделирование сегментированного S-образного квадрупольного ионного гида для повышения эффективности и скорости транспортировки ионов, извлекаемых из газовой ячейки. Показано, что в данной конфигурации эмиттанс ионов на входе сепаратора составит $6,5\text{--}10 \pi \cdot \text{мм} \cdot \text{мрад}$, средняя кинетическая энергия ионов — 40 кэВ ($\sigma = 2,7 \text{ эВ}$), среднее время пролета — 490 мкс ($\sigma = 59 \text{ мкс}$), эффективность транспортировки — более 97,7%. Эти параметры оказались лучше, чем в случае линейного секступольного ионного гида (SPIG), по вре-

мени транспортировки, например, в 6 раз. Поэтому, несмотря на большую простоту SPIG, для реализации был выбран вариант *S*-образного квадрупольного ионного гида.

Проведены расчеты дефлекторов и электростатических корректоров пучка ионов после сепаратора. Изготовлены соответствующие части установки, включая выводную камеру и камеру диагностики с подвижными шторками, элементами диагностики и дефлектором. Рассчитан и сформирован ка-

нал первичного пучка, включая систему диагностики (профилометр пучка, цилиндр Фарадея и т. д.).

На микротроне МТ-25 с целью проведения экспериментов на установке ГАЛС по лазерной ионизации тугоплавких элементов вблизи $N = 126$ проводились исследования возможности получения высокоспинового ($9/2^- \hbar$) изотопа ^{191}Os (15,0 сут) в реакции $^{192}\text{Os}(\gamma, n)$. Содержание стабильного изотопа ^{192}Os в природном осмии 41 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dmitriev S. N., Oganessian Yu. Ts., Gulbekyan G. G., Kalagin I. V., Gikal B. N., Bogomolov S. L., Ivanenko I. A., Kazarinov N. Yu., Ivanov G. N., Osipov N. F., Pashchenko S. V., Khabarov M. V., Semin V. A., Yeremin A. V., Utyonkov V. K. // SHE Factory: Cyclotron Facility for Super Heavy Elements Research // Proc. of Intern. Conf. "CYC19", Cape Town, South Africa, 2019; <https://cyclotrons2019.vrws.de/>.
2. Gulbekian G., Semin V., Ivanenko I., Kalagin I., Ivanov G. The Results of Magnetic Field Formation and Commissioning of Heavy-Ion Isochronous Cyclotron DC280 // Proc. of Intern. Conf. "CYC19", Cape Town, South Africa, 2019; <https://cyclotrons2019.vrws.de/>.
3. Гульбекян Г. Г., Дмитриев С. Н., Иткис М. Г., Оганесян Ю. Ц., Гикал Б. Н., Калагин И. В., Семин В. А., Богомолов С. Л., Бузмаков В. А., Иваненко И. А., Казаринов Н. Ю., Осипов Н. Ф., Пащенко С. В., Соколов В. А., Пчелкин Н. Н., Прохоров С. В., Хабаров М. В., Гикал К. Б. Запуск циклотрона ДЦ-280 — базовой установки фабрики сверхтяжелых элементов ЛЯР ОИЯИ // Письма в ЭЧАЯ. 2019. Т. 16, № 6. С. 653–665.
4. Гульбекян Г. Г., Дмитриев С. Н., Оганесян Ю. Ц., Калагин И. В., Гикал Б. Н., Семин В. А., Богомолов С. Л., Бузмаков В. А., Пащенко С. В., Соколов В. А., Пчелкин Н. Н., Прохоров С. В., Хабаров М. В., Гикал К. Б. Циклотрон ДЦ-280 для фабрики сверхтяжелых элементов: первые результаты. Доклад на XIII Междунар. науч. семинаре памяти В. П. Саранцева «Проблемы коллайдеров и ускорителей заряженных частиц», Алушта, Россия, 2019 // Письма в ЭЧАЯ (направлено).
5. Yeremin A. V. et al. Spectroscopy of the Isotopes of Transfermium Elements in Dubna: Present Status and Perspectives // Phys. Atom. Nucl. (submitted).
6. Lopez-Martens A. et al. Measurement of Proton-Evaporation Rates in Fusion Reactions Leading to Transfermium Nuclei // Phys. Lett. B. 2019. V. 795. P. 271–276.
7. Steinegger P., Aksenov N. V., Asfari Z. et al. Online Chemistry Experiments with Tl at SHELS for Future Investigations of Nh ($Z = 113$) // Mendeleev Commun. 2019 (submitted).
8. Kraus B., Aksenov N. V., Dressler R. et al. Charge Carrier Properties of Single-Crystal CVD Diamonds up to 473 K // Nucl. Instr. Meth. A. 2019 (submitted).
9. Иткис Ю. М., Карпов А. В., Княжева Г. Н., Козулин Э. М., Козулина Н. И., Новиков К. В., Гикал К. Б., Дятлов И. Н., Пчелинцев И. В., Воробьев И. В., Пан А. Н., Сингх П. П. Деление и квазиделение в реакциях с деформированными ядрами // Изв. РАН. Сер. физ. (направлено).
10. Saiko V. V., Karpov A. V. // Phys. Rev. C. 2019. V. 99. P. 014613; Karpov A. V., Saiko V. V. // Phys. Part. Nucl. Lett. 2019. V. 16. P. 667.
11. Kaminski G., Zalewski B., Belogurov S. G., Bezbakh A. A., Biare D., Chudoba V., Fomichev A. S., Gazeeva E. M., Golovkov M. S., Gorshkov A. V., Grigorenko L. V., Kostyleva D. A., Krupko S. A., Muzalevsky I. A., Nikolskii E. Yu., Parfenova Yu. L., Plucinski P., Quynh A. M., Serikov A., Sidorchuk S. I., Slepnev R. S., Sharov P. G., Szymkiewicz P., Swiercz A., Stepantsov S. V., Ter-Akopian G. M., Wolski R. Status of the New Fragment Separator ACCULINNA-2 and First Experiments // Nucl. Instr. Meth. B. 2020. V. 463. P. 504–507; <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2019.03.042>.
12. Bezbakh A. A., Chudoba V., Krupko S. A., Belogurov S. G., Biare D., Fomichev A. S., Gazeeva E. M., Gorshkov A. V., Grigorenko L. V., Kaminski G., Kiselev O., Kostyleva D. A., Kozlov M. Yu., Maurye V., Mukha I., Muzalevskii I. A., Nikolskii E. Yu., Parfenova Yu. L., Piatek W., Quynh A. M., Schetinin V. N., Serikov A., Sidorchuk S. I., Sharov P. G., Slepnev R. S., Stepantsov S. V., Swiercz A., Szymkiewicz P., Ter-Akopian G. M., Wolski R., Zalewski B., Zhukov M. V. Evidence for the First Excited State of ^7H // Phys. Rev. Lett. 2020. V. 124. P. 022502.
13. Sharov P. G., Grigorenko L. V., Ismailova A., Zhukov M. V. Pauli-Principle Driven Correlations in Four-Neutron Nuclear Decays // JETP Lett. 2019. V. 110. P. 5–14 (Pis'ma v ZhETF. 2019. V. 110. P. 7–8; arXiv:1808.00513).
14. Penionzhkevich Yu. E., Sobolev Yu. G., Samarin V. V. et al. // Phys. Rev. C. 2019. V. 99. P. 014609.
15. Urazbekov B. A., Denikin A. S., Lukyanov S. M. et al. // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 2019. V. 46. P. 105110.
16. Апель П. Ю., Блонская И. В., Криставчук О. В., Лузунов Н. Е., Нечаев А. Н., Орелович О. Л., Поле-

- жаева О.А., Дмитриев С.Н. Формирование суб-нанометровых ионоселективных пор в облученных тяжелыми ионами ПЭТФ пленках // Мембраны и мембранные технологии. 2020. Т. 10, № 2 (в печати).
17. Rymzhanov R. A., Medvedev N. A., O'Connell J. H., Janse van Vuuren A., Skuratov V. A., Volkov A. E. Recrystallization as the Governing Mechanism of Ion Track Formation // *Sci. Rep.* 2019. V. 9. P. 3837; doi 10.1038/s41598-019-40239-9.
 18. Sohatsky A. S., Skuratov V. A., Janse van Vuuren A., Nguyen Van Tiep, O'Connell J. H., Ibraeva A., Zdorovets M., Petrovich S. Helium in Swift Heavy Ion Irradiated ODS Alloys // *Nucl. Instr. Meth. B.* 2019. V. 460. P. 80–85; <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2019.04.007>.
 19. Olejniczak A., Nebogatikova N. A., Frolov A. V., Kulik M., Antonova I. V., Skuratov V. A. Swift Heavy-Ion Irradiation of Graphene Oxide: Localized Reduction and Formation of *sp*-Hybridized Carbon Chains // *Carbon.* 2019. V. 141. P. 390–399; doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2018.09.042>.
 20. Кравец Л. И., Ярмоленко М. А., Рогачев А. А., Гайнутдинов Р. В., Гильман А. Б., Алтынов В. А., Лизунов Н. Е. Формирование на поверхности трековых мембран супергидрофобных покрытий методом электронно-лучевого диспергирования полимеров в вакууме // *Перспективные материалы.* 2019. № 11. С. 59–74.
 21. Perea O., Bode-Aluko C., Laatikainen K., Nechaev A., Petrik L. Morphology, Modification and Characterisation of Electrospun Polymer Nanofiber Adsorbent Material Used in Metal Ion Removal // *J. Polymers Environ.* 2019. V. 27. P. 1843–1860; <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01497-w>.
 22. Madumarov A. Sh., Unezhev V. N., Bozhikov G. A. et al. Study of Activation Cross Sections of Double Neutron Capture Reaction on Iridium for the Production of ^{195m}Pt // *Appl. Radiat. Isot.* 2019 (submitted).
 23. Moiseeva A. N., Aliev R. A., Unezhev V. N. et al. Cross Section Measurements of $^{151}\text{Eu}({}^3\text{He}, 5n)$ Reaction: New Opportunities for Medical Alpha Emitter ^{149}Tb Production // *Nature Sci. Rep.* 2020. V. 10. P. 508; <http://doi.org/10.1038/s41598-020-57436-6>.
 24. Mitrofanov S., Apel P., Bashevoy V., Bekhterev V., Bogomolov S., Borisov O., Franko J., Gikal B., Gulbekyan G., Ivanenko I., Kalagin I., Kazarinov N., Mironov V., Semin V., Skuratov V., Tikhomirov A. The DC130 Project: New Multipurpose Applied Science Facility for FLNR // *Proc. of the 14th Intern. Conf. on Heavy Ion Accelerator Technology (HIAT2018)*, Lanzhou, China, JACoW Publ., 2019. P. 122–124.



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ ИМ. И. М. ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка в 2019 г. была направлена на получение новых результатов в рамках пяти тем Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ: по физике конденсированных сред («Исследования конденсированного состояния вещества с использованием современных методов нейтронографии», 04-4-1121-2015/2020, 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», 04-4-1133-2018/2020, руководители Г. М. Арзуманян

и Н. Кучерка); по нейтронной ядерной физике («Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона», 03-4-1128-2017/2019, руководители В. Н. Швецов, Ю. Н. Копач, Е. В. Лычагин и П. В. Седышев); по развитию базовых установок лаборатории («Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов», 04-4-1105-2011/2019, руководители А. В. Белушкин и А. В. Виноградов); по развитию комплекса спектрометров ИБР-2 («Развитие экспериментальной базы для проведения исследований конденсированных сред на пучках ИЯУ ИБР-2», 04-4-1122-2015/2020, руководители С. А. Куликов, В. И. Приходько и В. И. Боднарчук).

НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

В 2019 г. реактор ИБР-2 работал на физические эксперименты в рамках пользовательской программы больше 100 дней. Получено 220 заявок на проведение экспериментов из 17 стран мира. Из них 35 % заявок были направлены на решение задач в области материаловедения, 24 % были посвящены физическим проблемам, 41 % охватывал исследования в области химии, геологических наук, биологии и прикладные задачи. К реализации были приняты 196 поданных заявок.

Структурные исследования новых оксидных, интерметаллических и наноструктурированных материалов. Минерал Fe_3O_4 является одним из первых магнитных материалов, использующихся человечеством с древних времен. В настоящее время он также находит широкое применение в развитии современных технологий. Магнетит имеет ряд необычных физических свойств, которые активно исследуются на протяжении более ста лет. Недавно было обнаружено аномальное поведение физических

свойств магнетита при высоких давлениях в области структурного фазового перехода, происходящего при 20–25 ГПа. Для выяснения природы этого явления проведено исследование магнитных и электронных свойств магнетита с помощью дифракции нейтронов и синхротронной мессбаэровской спектроскопии на изотопе железа ^{57}Fe при давлении 0–40 ГПа и температуре 10–300 К [1]. В фазе высокого давления обнаружено ферримагнитное упорядочение, возникающее при температуре $T_{\text{NP}} \approx 420$ К, и установлена его симметрия. Определена структурная, магнитная и электронная диаграмма магнетита в исследуемом диапазоне термодинамических параметров (рис. 1).

Также проведены изотермические нейтронные дифракционные исследования сплавов $\text{Fe}-x\text{Ga}$ в режиме *in situ* в интервале температур от 405 до 470 °С [2]. Обнаружено, что изотермические выдержки составов $\text{Fe}-27,2\text{Ga}$ и $\text{Fe}-28,0\text{Ga}$, находящихся в структурной фазе D0_3 , при температуре

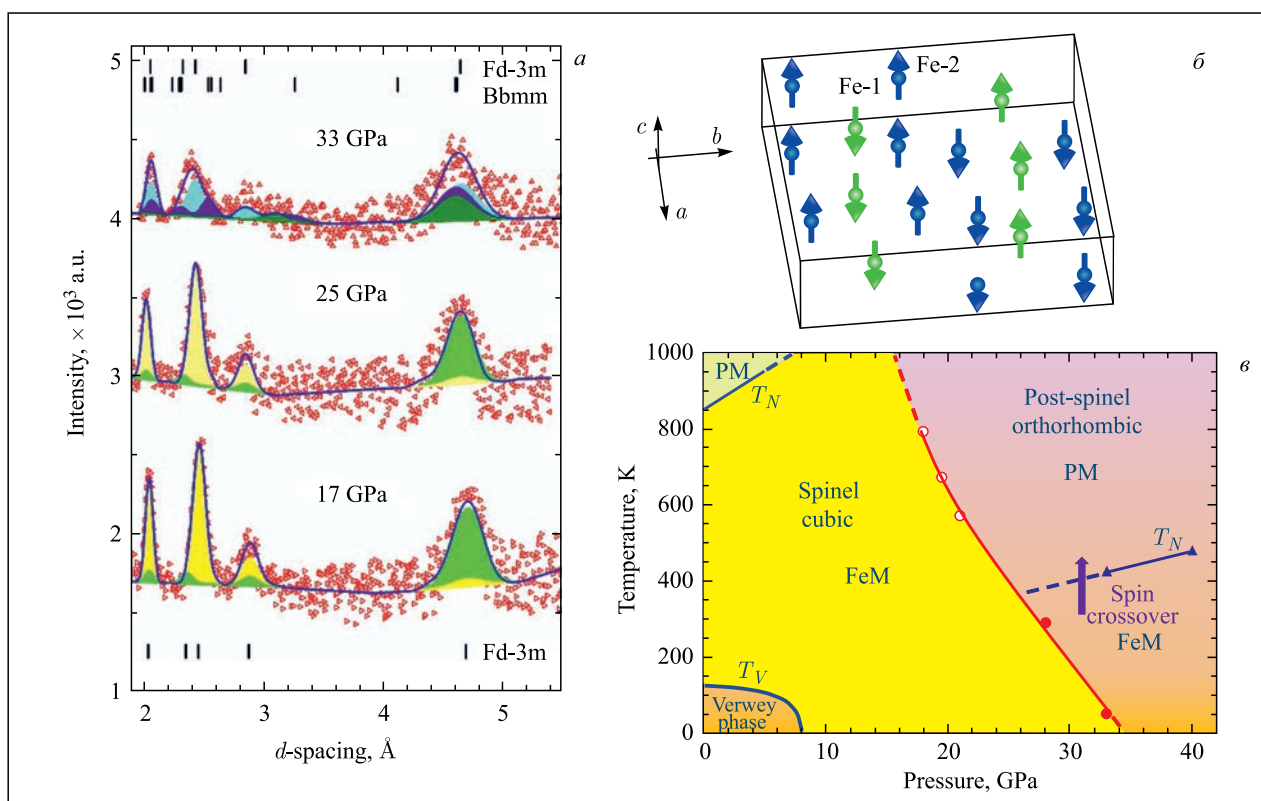


Рис. 1. а) Нейтронные дифракционные спектры магнетита, измеренные при давлении до 33 ГПа на дифрактометре ДН-6 в камере высокого давления с алмазными наковальнями и обработанные по методу Ритвельда; б) магнитная структура орторомбической фазы высокого давления магнетита; в) структурная, магнитная и электронная фазовая диаграмма магнетита. Вертикальными штрихами указаны положения дифракционных пиков исходной кубической фазы симметрии Fd-3m и орторомбической фазы высокого давления симметрии Bbmm магнетита Fe₃O₄

от 405 до 470 °С приводят к фазовому переходу D0₃ → L1₂. Анализ временных зависимостей интенсивностей основных и сверхструктурных дифракционных пиков показал, что переход между упорядоченными структурами D0₃ и L1₂ идет через образование неупорядоченных состояний в последовательности D0₃ → A2 → A1 → L1₂, где A1 и A2 — неупорядоченные структуры типа ГЦК и ОЦК (рис. 2). При сравнительно большом изменении объема элементарной ячейки при прямом переходе D0₃ → L1₂ со скачком атомного объема около 1% становится энергетически выгодной структурная перестройка через последовательность промежуточных неупорядоченных состояний. При переходах типа разупорядочения (D0₃ → A2) и упорядочения (A1 → L1₂) деформация решетки однородна и очень мала ($\epsilon \leq 0,001$), тогда как при переходе 1-го рода A2 → A1 линейные деформации различны и составляют $\epsilon_c \approx 0,266$, $\epsilon_{ab} \approx -0,117$. Скорость перехода D0₃ → L1₂ существенно меняется в зависимости от температуры выдержки и содержания Ga. При возрастании температуры от 405 до 470 °С время образования 50% фазы L1₂ уменьшается в ~ 4(5) раз для Fe-27,2Ga (Fe-28,0Ga). Увеличение содержания Ga с 27,2 до 28,0% приводит к увеличению характерного времени перехода в 1,5–2 раза. Кинетика образования равно-

весной фазы L1₂ была проанализирована в рамках подхода Джонсона–Мела–Аврами–Колмогорова, что сделано впервые для подобных материалов.

Исследования магнитных жидкостей и наночастиц. В рамках исследования влияния внешних электрических и магнитных полей на структуру магнитных жидкостей проведено теоретическое описание неоднородностей, возникающих в объеме феррожидкостей под действием внешнего электрического поля [3]. Полученные теоретические результаты показывают, что однородное распределение диэлектрических частиц в диэлектрическом носителе действительно может стать неоднородным под воздействием электрического поля. Причиной появления неоднородности является поляризация частиц и их взаимодействие в виде диполей. Показано, что переход к неоднородному распределению носит пороговый характер. Критическое значение приложенного поля увеличивается с ростом температуры, а также с уменьшением количества частиц и их радиуса. Критическое значение приложенного поля увеличивается также с уменьшением разности между диэлектрической проницаемостью частиц и среды. Рассчитанное распределение концентрации наночастиц в соответствии с предложенным теоретическим подходом

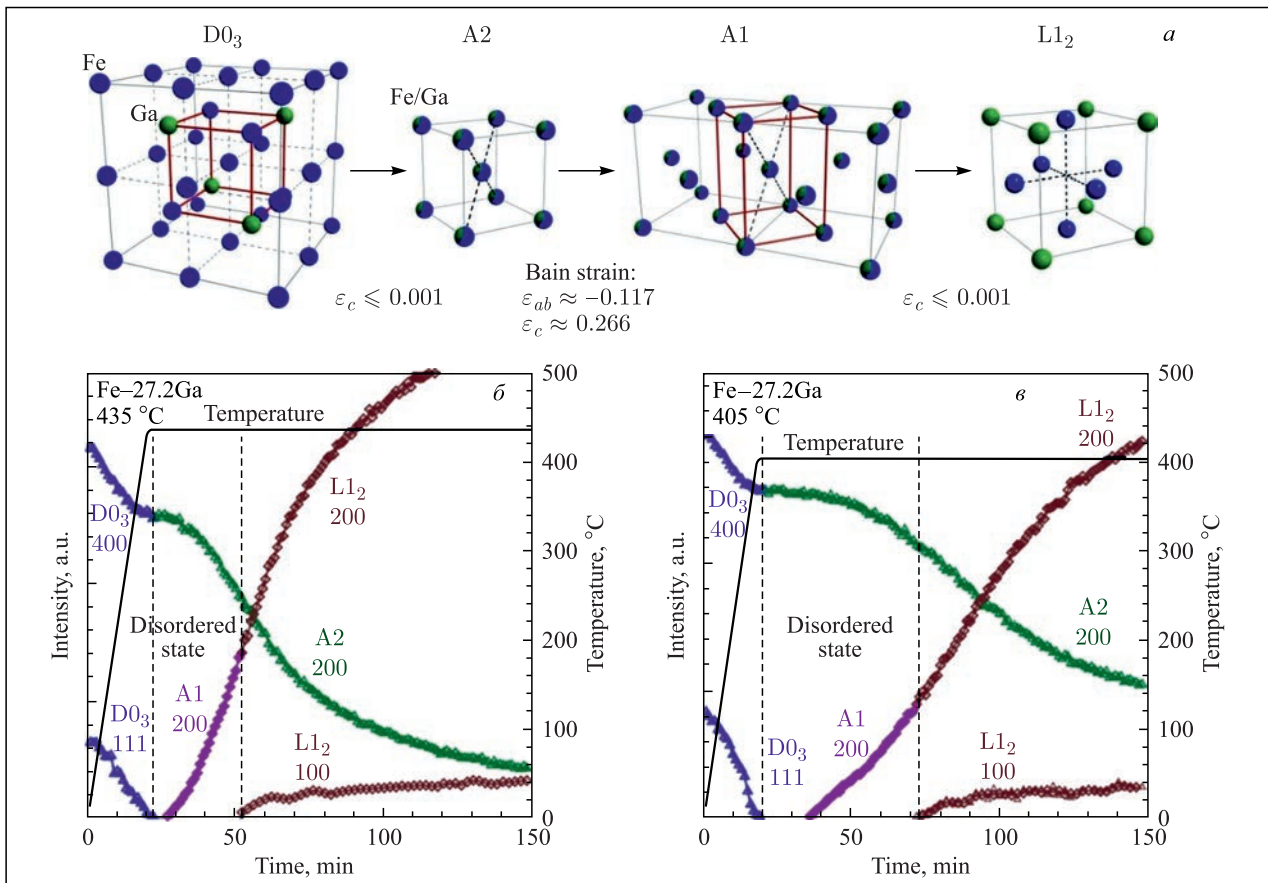


Рис. 2. а) Схематическое изображение структурных переходов $D0_3 \rightarrow A2 \rightarrow A1 \rightarrow L1_2$ в составах Fe-($\sim 27-28$)Ga при их изотермических выдержках от 405 до 470 °C, где $D0_3$ и $A2$ — упорядоченная и неупорядоченная структуры типа ОЦК, $A1$ и $L1_2$ — неупорядоченная и упорядоченная структуры типа ГЦК. Деформации решетки малы при переходах $D0_3 \rightarrow A2$ и $A1 \rightarrow L1_2$ и велики при переходе $A2 \rightarrow A1$. б, в) Изменения во времени интенсивностей основных ($D0_3$, 400 и $L1_2$, 200) и сверхструктурных ($D0_3$, 111 и $L1_2$, 100) дифракционных пиков в ходе быстрого нагрева и последующей изотермической выдержки при температурах 435 °C (б) и 405 °C (в). Временная зависимость температуры во время эксперимента показана сплошной черной линией. Исчезновение пика ($D0_3$, 111) означает переход $D0_3 \rightarrow A2$. Появление пика ($L1_2$, 100) означает переход $A1 \rightarrow L1_2$. Вертикальными линиями обозначены интервалы времени, в которых структура находится в неупорядоченном состоянии. Начало шкалы времени соответствует началу подъема температуры

хорошо согласуется с экспериментально наблюдаемым неоднородным распределением частиц феррожидкости под действием внешнего электрического поля.

Исследование углеродных наноматериалов.

Проведены исследования серии тонких пленок нанокompозита полистирол/фуллерен методами рентгеновской и нейтронной рефлектометрии, а также атомно-силовой микроскопии. Целью исследований являлось определение структурной организации углеродных наночастиц в тонкой пленке нанокompозита [4]. При этом впервые исследовалась структурная организация фуллерена C_{70} в тонких пленках полистирола. Проведены как измерения методом рентгеновской рефлектометрии при комнатной температуре, так и температурные исследования методом нейтронной рефлектометрии на установке ГРЭИНС. Показано, что при относительной концентрации фуллерена в 5 масс. % удается хорошо зафик-

сировать плотный слой у поверхности кремниевой подложки и что фуллерены C_{70} , проникая глубже в объем полистирола, образуют менее плотный слой у подложки, чем фуллерены C_{60} . Температурные исследования методом нейтронной рефлектометрии позволили определить зависимость толщины пленки от температуры и сделать оценку температуры стеклования исследуемой системы, а также проследить изменение структурной организации наночастиц.

Исследование слоистых наноструктур и электрохимических границ раздела.

В рамках изучения условий формирования и роста поверхностных структур на электродах в литий-ионных аккумуляторах на рефлектометре ГРЭИНС в режиме *in situ* исследован эффект концентрирования электролита в отношении образования твердого слоя электролита (SEI) и последующего электрохимического осаждения лития на планарный металлический (медный) электрод [5]. Эксперименты по нейтронной

рефлектометрии зеркального отражения проведены на специальных электрохимических ячейках с модельными границами раздела сред твердый электрод–жидкий электролит в дополнение к электрохимической характеристике (измерения импеданса и кулоновской эффективности, оптический контроль). Подтвержден двухступенчатый характер осаждения, когда сначала на поверхности электрода формируется плотный приповерхностный слой из продуктов химического взаимодействия лития с растворителем, а потом образуется переходный слой, который отвечает началу появления больших микроскопических неоднородностей (игольчатых структур). При переходе к концентрированным электролитам наблюдается сильное подавление роста приповерхностного слоя, что сходно с исследованным ранее эффектом неэлектроотрицательных добавок в электролите и что приводит к изменению морфологии игольчатых структур.

На основе *ex situ* экспериментов по малоугловому рассеянию нейтронов (МУРН) исследовано заполнение пор углеродного катода конечным продуктом электрохимической реакции (пероксидом лития) при разрядке литий-кислородных ячеек [6]. Данный тип батарей характеризуется существенно более вы-

сокой емкостью по сравнению с широко используемыми литий-ионными батареями. Однако их применение имеет ряд трудностей, связанных с блокированием диффузии кислорода в электролите из-за забивания пор пероксидом лития. Данные МУРН позволили связать изменения в катоде на нанометровом уровне с электрохимическими характеристиками ячеек и помогли прояснить механизмы, ограничивающие емкость ячеек. Показано, что блокирование путей транспорта кислорода в смоченном катоде происходит как за счет пассивации внутренней поверхности пор внутри углеродных зерен, так и за счет роста супрамолекулярных структур (мезокристаллов) в межзеренном пространстве, причем характер данных явлений существенным образом зависит от типа жидкой основы органического электролита, а также от содержания в нем остаточных молекул воды.

Исследование биологических наносистем, липидных мембран и липидных комплексов. Проведено исследование структурных характеристик нанокompозитного ряда, состоящего из наночастиц оксида железа, встроенных в регулярные поры матрицы аморфного кремнезема (SBA-15), методом малоуглового рассеяния нейтронов (рис. 3). На основе экспериментальных данных была предложена фундамен-

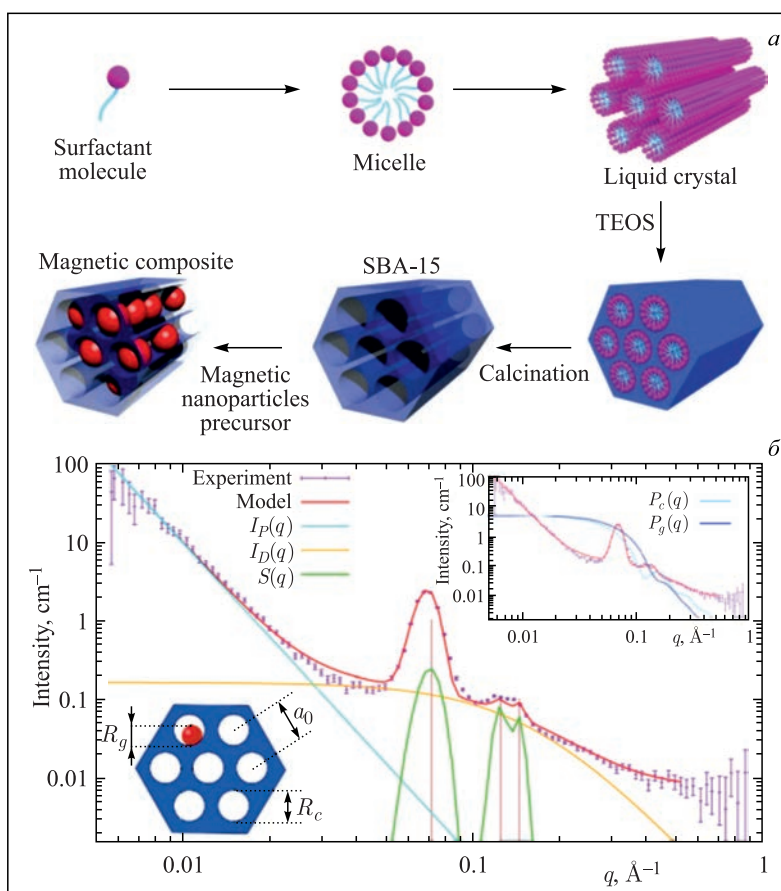


Рис. 3. а) Иерархическая модель организации магнитных наночастиц через мицеллярную организацию, жидкий кристалл, процесс кальцирования и встраивания. б) Кривые малоуглового рассеяния с дифракционными пиками, фитирующие функции и модельная структурная схема, соответствующая полученным экспериментальным данным

тальная модель, описывающая распределение интенсивности рассеяния нейтронов исходя из общих структурных особенностей. Применение модели к данным МУРН подтвердило наличие наночастиц оксида железа в исследуемых матрицах, благодаря чему предоставлена дополнительная информация об их форме, концентрации и распределении по размерам [7].

Атомная и молекулярная динамика. Проведено исследование колебательных спектров соединений *транс*-1,3-циклогександиола, *цис*-1,3-циклогександиола, *транс*-1,2-циклогександиола и *цис*-1,2-циклогександиола, имеющих общую химическую формулу $C_6H_{12}O_2$, с помощью неупругого некогерентного рассеяния нейтронов на спектрометре НЭРА.

Присутствие пластической кристаллической фазы обнаружено только в *транс*-изомерах. Рассмотрена дополнительная плотность фононных состояний в разупорядоченной фазе стекла, и проведено сравнение с $G(\nu)$ ротационных I -упорядоченных кристаллических фаз в этих конформерах. При температуре жидкого гелия предположительно наблюдалось колебательное движение протонов, участвующих в формировании водородных связей между молекулами и остовами молекул. Проводится сопоставление экспериментальных данных с результатами исследований методами широкополосной диэлектрической спектроскопии и инфракрасной абсорбционной спектроскопии и результатами исследований для аналогичных соединений в стекольном состоянии ротационной фазы и кристаллических фаз. Предполагается определить влияние π - π -взаимодействия между соседними молекулами на колебательную динамику, а также проанализировать эффекты, связанные с водородными связями типа О-Н...О.

Прикладные работы. На фурье-стресс-дифрактометре также были проведены первые нейтронные эксперименты по изучению эволюции деформации решетки магниевых сплавов AZ31 при комнатной температуре в зависимости от приложенной нагрузки, а также эксперименты по изучению зависимостей макроскопической деформации от приложенного напряжения при комнатной и повышенной (150°C) температурах. Цилиндрические образцы были вырезаны из заготовки в двух направлениях: продольном (RD) и поперечном (TD) направлению прокатки исходного материала. Магниево-алюминиевые сплавы относятся к группе легких конструкционных материалов и обладают уникальными свойствами, такими как высокая удельная прочность (отношение предела текучести к плотности), превосходная демпфирующая способность и высокая теплопроводность. Эти свойства определяют широкое промышленное применение магниевых сплавов, например в автомобильной и аэрокосмической промышленности. Основным ограничением для более широ-

кого использования магниевых сплавов является их ограниченная пластичность и плохая формовость при комнатной температуре. Процессы формирования обычно требуют различных траекторий деформации, поэтому весьма актуальным является изучение механического поведения магниевых сплавов, при котором траектория деформации меняется при комнатной температуре.

Для исследуемых образцов наблюдалось различное поведение макроскопической деформации при комнатной и повышенной температуре. Такое поведение, по-видимому, обусловлено тем фактом, что пластическая деформация происходит в результате скольжения дислокаций и образования двойников, которые активируются при повышенной температуре. В ходе нейтронного эксперимента образцы магниевых сплавов AZ31 подвергались одноосному сжатию с последующей сменой нагрузки на одноосное растяжение. Дифракционные спектры регистрировались одновременно двумя детекторами, установленными при угле рассеяния 90° , при двух направлениях вектора рассеяния: параллельном приложенной нагрузке (детектор AL) и перпендикулярном приложенной нагрузке (детектор AR). Кроме того, для образца TD эксперимент проводился при двух ориентациях образца: исходной (ориентация 1) и после его поворота вокруг аксиальной оси на 90° (ориентация 2). Результаты экспериментов показали, что в дифракционных спектрах в ходе нагружения материала наблюдаются сильные изменения интенсивности отдельных рефлексов, обусловленные процессом двойникования. Так, в первой части деформационной траектории (сжатие) наблюдался процесс двойникования, что выражалось в появлении отражений типа (002), представляющих собой ориентацию растянутых двойников. При изменении пути деформации на растяжение рефлекс (002) практически полностью исчезает, что связано с активацией противоположного процесса — раздвойникования. Параметры кристаллической решетки a и c и микродеформация, оцененная из уширений дифракционных пиков, демонстрируют сходное, довольно сложное деформационное поведение для образцов, вырезанных в направлениях RD и TD.

Проведено исследование внутренней структурной организации и фазового состава фрагмента метеорита «Челябинск» методами нейтронной дифракции, томографии, оптической и рамановской спектроскопии [8]. Определены объемный минеральный состав и пространственное распределение различных компонентов. В дополнение к ранее обнаруженным фазам оливина, ортопироксена, плагиоклаза и троилита полученные данные указывают на наличие фазы камасита (FeNi) в исследуемом фрагменте. Обнаружено гетерогенное распределение железа в фазах оливина и ортопироксена, проведены морфологические расчеты для анализа пространственного распределения металлических компонентов.

Методические результаты. Совместно с сотрудниками РГП ИЯФ (Алма-Ата, Казахстан) завершены работы по вводу в эксплуатацию новой установки радиографии и томографии на базе стационарного

исследовательского атомного реактора ВВР-К. Проведены первые эксперименты с помощью метода нейтронной томографии.

МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА РАМАНОВСКОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ И МИКРОСПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Основной целью исследований в рамках этой темы является разработка современных методов нелинейной рамановской микроспектроскопии для высокочувствительной (единичные молекулы) регистрации спектров, а также химически селективной и контрастной визуализации органических молекул. Метод будет основан на спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния света (КАРС) на молекулах, адсорбированных на плазмонных наноструктурированных подложках. Такой метод обеспечит гигантское комбинационное рассеяние (ГКР) с использованием ультракоротких (пикосекундных) импульсов лазерного излучения в инфракрасном диапазоне. Это явление мало изучено и известно как поверхностно-усиленное или гигантское когерентное антистоксово рассеяние света — ГКАРС (SECARS).

Другой важной частью темы является изучение фото- и ап-конверсионной люминесценции на основе перспективных наноструктур «ядро–оболочка». В последние годы благодаря ряду привлекательных свойств, таких как полифункциональность, регулируемость и стабильность, подобные структуры эффективно применяются в современных исследованиях, связанных с биомедициной, оптикой, экологией, материаловедением, энергетикой и т. д. Наноструктуры «ядро–оболочка», содержащие благородные металлы, представляют собой плазмонные наноматериалы и поэтому успешно применяются для контрастной визуализации исследуемых объектов, а также при решении различных биомедицинских задач и т. д.

В 2019 г. исследования сектора рамановской спектроскопии в основном были сфокусированы на реализации следующих задач.

Изучение и сравнение спектров ГКР и ГКАРС, а также карт интенсивности света, рассеянного от органических молекул аналита. Реализация метода контрастной и селективной визуализации изображения в модальности ГКАРС. В настоящее время исследования в области ГКР посвящены, помимо всего прочего, выяснению физических механизмов взаимодействия лазерного излучения с ГКР-активными поверхностями, в частности метода поверхностно-усиленного (гигантского) когерентного антистоксова комбинационного рассеяния света, а также возможностям применения метода ГКР в биологии, биохимии, медицине, фармацевтике и др.

В 2019 г. исследования были нацелены на выявление возможности обнаружения воспроизводимых сигналов ГКР и ГКАРС от молекул TNB, адсорбированных на ГКР-активной поверхности Au-NPs/CeO₂, без разрушения самой поверхности или конъюгатов.

Таким образом, экспериментально были оценены пределы интенсивности для непрерывных или квазинепрерывных лазерных пучков с пикосекундными импульсами, используемых при ГКР или ГКАРС детектировании Au-NP-связанных молекул-репортеров TNB. При частоте повторения лазерных импульсов 85 МГц с длительностью 6 пс в диапазоне 785–1064 нм средняя пороговая интенсивность была оценена как менее 0,5 мВт/мкм², что соответствует пиковой интенсивности 1000 мВт/мкм². Результаты экспериментов показывают, что следует проявлять должную осторожность в отношении мощности лазера при использовании ГКР-активных структур для аналитических целей в линейных или нелинейных рамановских экспериментах.

Высокий химический контраст зарегистрированных ГКАРС микроизображений с поверхности образцов Au-NPs/CeO₂/Al/Al₂O₃ представляется перспективным с точки зрения достижения высокого уровня регистрации ГКАРС-сигнала исследуемых молекул аналита, а также исследования механизмов генерации сигнала ГКАРС в дальнейших экспериментах.

Высокочувствительное детектирование рамановских спектров органических молекул (единицы молекул) с использованием дендритных серебряных наноструктур. Разработка современных методов биосенсорики для решения проблемы надежного обнаружения, идентификации и структурного исследования разнообразных биоорганических молекул при сверхнизких концентрациях по-прежнему является актуальной задачей специалистов во многих областях, включая медицину, биологию, криминалистику, экологию, фармацевтику и т. д.

В 2019 г. был использован метод так называемого коррозионного осаждения серебра на матрице макропористого кремния (макро-PSi) для выращивания трехмерной серебряной дендритной структуры, которая продемонстрировала беспрецедентную чувствительность в ГКР-спектроскопии. Далее была выявлена минимальная концентрация раствора 4-МБА,

при которой его молекулы все еще обнаруживаются после адсорбции на посеребренном макро-PS.

Для преодоления ограничения по концентрации лактоферрина 10^{-16} М, при которой его все еще можно обнаружить, была использована защита с графеном, которая вначале была успешно протестирована на молекулах R6G. Несмотря на то, что интенсивность ГКР-спектра была относительно низкой, большинство рамановских линий лактоферрина присутствовали в спектре: 1002 см^{-1} (Phe), 1290 см^{-1} (Amide III), 1340 см^{-1} (Trp), 1440 см^{-1} (CH_2), 1605 см^{-1} (Tyr) и 1642 см^{-1} (Amide I). Таким образом, была продемонстрирована возможность измерять ГКР-спектры молекул лактоферрина человека, адсорбированных на посеребренном por-Si из 10^{-6} – 10^{-18} М водных растворов.

Синтез наноструктур «ядро–оболочка» NaYF_4 : Yb^{3+} , Er^{3+} , Tm^{3+} @ SiO_2 и тест по биовизуализации. Представлены результаты по синтезу наночастиц «ядро–оболочка» NaYF_4 : Yb,Er @ SiO_2 @ Ag для плазмонно-усиленной ап-конверсионной люминесценции, а также тестов по биовизуализации нейтрофильных клеток.

Для усиления люминесцентных характеристик синтезированных наночастиц «ядро–оболочка» было предложено прямое встраивание серебряных наночастиц в оболочку SiO_2 параллельно с ее формиро-

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В 2019 г. в ЛНФ велись работы в традиционных направлениях: изучение процессов нарушения пространственной и временной четности при взаимодействии нейтронов с ядрами, изучение процесса деления, экспериментальное и теоретическое исследование фундаментальных свойств нейтрона, гамма-спектроскопия нейтронно-ядерных взаимодействий, структура атомного ядра, получение новых данных для реакторных приложений и для ядерной астрофизики, эксперименты с ультрахолодными нейтронами, а также прикладные работы, связанные с применением нейтронного активационного анализа. 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 ядерных центров Германии, Китая, Франции, Швейцарии.

Экспериментальные и методические исследования. Исследования реакций нейтрон – заряженная частица. Проведены экспериментальные и теоретические исследования реакций (нейтрон, заряженная частица) на быстрых нейтронах. Измерения проводились на ускорителях Ван де Граафа ЭГ-5 в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ и ЭГ-4,5 в Институте физики тяжелых ионов Пекинского универ-

ситета, что позволило исключить многостадийный формат синтеза.

Коллоидный раствор серебряных наночастиц добавлялся к смеси гексан (циклогексан)–изопропиловый спирт, после чего образовывалась оболочка SiO_2 . В результате внедрения серебряных наночастиц в структуру «ядро–оболочка» интенсивность ап-конверсионной люминесценции была увеличена в 85 и 29 раз для структур с толщиной оболочки 5 и 14 нм соответственно.

Первый тест биовизуализации синтезированных наночастиц «ядро–оболочка» как внутриклеточных люминофоров показал возможность получения контрастных биоизображений на примере клеток нейтрофилов.

Продолжение разработки модальности «сканируемый КАРС-сигнал», интегрированной в программу «NanoSP» КАРС-микроспектрометра. В 2019 г. продолжались работы по завершению разработки модальности «сканируемый КАРС-сигнал», начатой в 2018 г. В течение 2019 г. данный программный продукт был протестирован на различных образцах. Эта модальность делает КАРС-микроспектрометр передовой системой для экспериментов с многоволновым возбуждением, таких как «сканируемый КАРС-сигнал» и др.

ситета. Данные о реакциях с вылетом заряженных частиц, вызванных быстрыми нейтронами, представляют значительный интерес для изучения механизмов ядерных реакций и структуры атомных ядер, выбора конструкционных материалов и проведения расчетов при создании новых установок для ядерной энергетики.

Получены результаты экспериментов по измерению сечения реакций $^{56,54}\text{Fe}(n, \alpha)^{53,51}\text{Cr}$ [9]. Сечения измерены в диапазоне энергии нейтронов 5–11 МэВ с использованием трех источников нейтронов на базе ускорителей, двойной ионизационной камеры с сеткой и высокообогащенных образцов ^{56}Fe и ^{54}Fe . Оба измеренных сечения показывают структуру «плечо» в области энергии нейтронов 8–11 МэВ, которая может быть обусловлена структурой уровней дочерних ядер. Полученные результаты полезны для конструирования функций возбуждения $^{56,54}\text{Fe}(n, \alpha)^{53,51}\text{Cr}$ и выяснения отклонений между существующими измерениями и оценками данных.

В октябре–ноябре проведены измерения реакции $^{14}\text{N}(n, \alpha)^{11}\text{B}$ при $E_n = 4,25$ – $6,0$ МэВ, $^{58}\text{Ni}(n, \alpha)$ при 4,75, 5,0, 5,25, 5,5 МэВ и $^{60,61}\text{Ni}(n, \alpha)$ при 5,0, 5,5 МэВ. Данные обрабатываются.

Исследование физики деления. Разработана и протестирована позиционно-чувствительная двойная

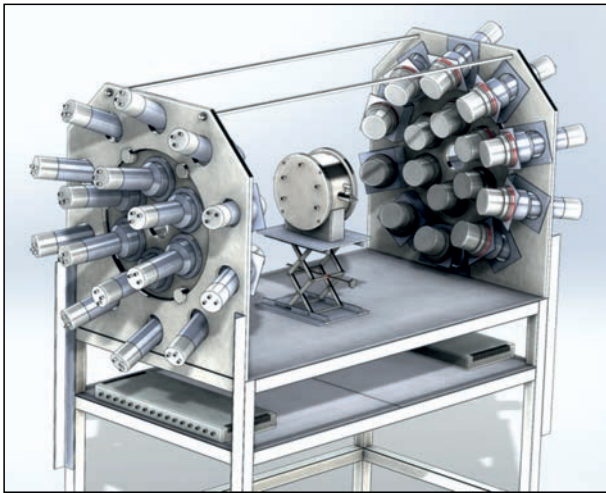


Рис. 4. Новая экспериментальная установка, состоящая из 32 жидкостных сцинтилляторов и двойной ионизационной камеры

ионизационная камера для исследования мгновенных нейтронов деления с 32 сцинтилляционными детекторами (рис. 4). Установка открывает новые перспективы в исследованиях деления, индуцированного резонансными нейтронами, и подбарьерного деления, индуцированного тепловыми нейтронами ядер, таких как ^{232}Th , ^{237}Np , ^{238}U .

Работы в рамках проекта TANGRA. Установка «Ромаша» состоит из 18 детекторов на базе кристаллов BGO, расположенных вокруг образца-мишени на расстоянии 750 мм от него через равные угловые интервалы, и одного германиевого детектора высокого разрешения HPGe. Источником нейтронов является нейтронный генератор непрерывного действия ИНГ-27 со встроенным позиционно-чувствительным кремниевым детектором альфа-частиц. Нейтроны генерируются в реакции $D + T \rightarrow n + \alpha$. Максимальный поток моноэнергетических нейтронов с энергией 14,1 МэВ от генератора равен $5 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$. Встроенный детектор альфа-частиц позволяет реализовать метод меченых нейтронов (ММН), когда каждая зарегистрированная альфа-частица маркирует направление вылета нейтрона. ММН, в свою очередь, позволяет реализовать совпадения событий в детекторе с сигналом альфа-частицы и подавить фон всевозможных событий, сопутствующих распространению нейтронов высоких энергий.

В 2019 г. продолжались систематические исследования угловых распределений выхода и сечений гамма-квантов из реакций неупругого взаимодействия нейтронов с различными ядрами. Были проведены измерения угловых распределений гамма-квантов с энергиями 847 и 1238 кэВ из реакций $^{56}\text{Fe}(n, n')$ и $^{56}\text{Fe}(n, 2n')$. Аналогичные измерения были проведены для гамма-квантов с энергиями 935,5, 1333,7, 1434,1 и 1530,7 кэВ из реакции $^{52}\text{Cr}(n, n')$ [10]. Кроме того, для 12 гамма-переходов из этой реакции сечения были вычислены и сопо-

ставлены с известными опубликованными данными и результатами расчетов с помощью программного пакета TALYS 1.9. Также были выполнены измерения угловых распределений гамма-квантов с энергиями 844, 1015, 1809, 2212 и 3004 кэВ из реакций $^{27}\text{Al}(n, n')$ и $^{27}\text{Al}(n, d)$ [11]. Для мишени ^{24}Mg угловые распределения измерены для гамма-квантов с энергиями 1368,6, 3866,1, 4237,9, 2754,0, 4642,2 и 350,7 кэВ. Для девяти характеристических гамма-линий из реакций $^{24}\text{Mg}(n, \alpha)^{21}\text{Ne}$, $^{24}\text{Mg}(n, p)^{24}\text{Na}$, $^{24}\text{Mg}(n, d)^{20}\text{Na}$ и $^{24}\text{Mg}(n, n')$ сечения были определены и сопоставлены с известными данными и расчетами TALYS. Систематическое измерение сечений выходов гамма-квантов может быть применено для пополнения существующих баз ядерных данных, а также в геологической разведке для экспресс-анализа образцов.

Исследование реакции $(n_{\text{th}}, 2\gamma)$ с целью одновременного определения ядерно-физических параметров гамма-распада. Совершенствуется эмпирический метод анализа каскадного гамма-распада нейтронного резонанса компаунд-ядра. Разработанный в Дубне эмпирический метод анализа экспериментальных интенсивностей двухквантовых каскадов позволяет из их аппроксимации процентной точности одновременно определять плотность ядерных уровней ρ и парциальные ширины Γ эмиссии гамма-квантов.

В 2019 г. исследован каскадный гамма-распад нейтронных резонансов составных ядер ^{153}Sm [12] и ^{56}Mn [13], эксперименты с которыми были выполнены группами физиков из Ханоя и Белграда (на реакторах в Далате (Вьетнам) и Гархинге (Германия)). К настоящему времени измеренные каскады из двух последовательно испускаемых гамма-квантов проанализированы при захвате тепловых нейтронов 44 ядрами в массовом диапазоне $28 < A < 200$.

Работа в коллаборации n-ToF ЦЕРН. На источнике нейтронов n-ToF (ЦЕРН) выполнены прецизионные измерения сечения деления ядра ^{235}U нейтронами с энергиями от тепловых значений до 170 кэВ [14], важные для исследования динамики реакторов на быстрых нейтронах. Для решения ключевых проблем нуклеосинтеза измерены реакции $^{70,73}\text{Ge}(n, \gamma)$ [15, 16] и $^{155,157}\text{Gd}(n, \alpha)$ [17].

Температурная зависимость вероятности «малога нагрева» и суммарных потерь УХН на поверхности безводородных масел FOMBLIN с разной молекулярной массой. Проведен эксперимент по измерению температуры в зависимости от вероятности малога нагрева и суммарных потерь ультрахолодных нейтронов (УХН) на поверхности безводородных масел FOMBLIN с разной молекулярной массой M_W (2800, 3300, 6500 а.е.м.) в диапазоне температур 100–300 К. Вероятность малога нагрева резко уменьшается с увеличением молеку-

лярной массы и уменьшением температуры. Вероятность полных потерь слабо уменьшается с понижением температуры в данном диапазоне измерений. Минимальное значение вероятности полных потерь достигнуто при $M_W = 3300$ а.е.м. Поскольку это масло обеспечивает однородную поверхность с минимальными вероятностями малого нагрева и суммарными потерями УХН при температуре 270–250 К, оно является предпочтительным кандидатом для экспериментов по измерению времени жизни нейтронов. Измерение проводилось в Институте им. Лауэ–Ланжевена (Франция) на установке большой гравитационный спектрометр, изготовленной в ЛНФ. Проведенные измерения дают необходимые данные для внесения поправок в выполненные эксперименты по измерению времени жизни нейтронов и поиска нового масла для нейтронных ловушек, что позволяет проводить эксперименты, свободные от систематических поправок на малый нагрев УХН, а также свободные от проблемы неустойчивости покрытия маслами FOMBLIN поверхностей ловушек УХН.

Дифракция нейтронов на движущейся дифракционной решетке и возможность увеличения эффективности передачи энергии. Продолжено исследование нестационарной дифракции нейтронов на движущейся дифракционной решетке [18]. Показано, что, выбирая глубину профиля решетки, можно существенно менять соотношение интенсивностей волн разных дифракционных порядков, тем самым меняя величину энергии, передаваемой нейтрону. Возможность увеличения интенсивности высоких порядков позволяет думать об использовании временной линзы на движущейся решетке с дифракцией во 2-м и 3-м порядках для создания интенсив-

ного источника УХН на импульсном источнике нейтронов. Идея такого источника с временной фокусировкой была высказана А. И. Франком и Р. Гэйлером еще в 1996 г.

Дифракция холодных нейтронов на поверхностной ультразвуковой волне. Продолжаются работы по исследованию нестационарной дифракции нейтронов на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Разработан новый теоретический подход к описанию дифракции нейтронных волн на бегущих и стоячих ПАВ. Проведен систематический анализ полученных ранее экспериментальных данных по дифракции холодных нейтронов на ПАВ. Экспериментальные данные хорошо согласуются с теоретическими предсказаниями (рис. 5).

Прикладные исследования. Аналитические исследования на пучках заряженных частиц ускорителя ЭГ-5. Основными направлениями научной деятельности группы «Установка ЭГ-5» были исследования элементного состава и электрических свойств материалов для энергетики, медицины и электроники. В 2019 г. время наработки ускорителя ЭГ-5 на физический эксперимент составило 500 ч. Основная область исследований — элементный анализ поверхностных слоев твердых тел с использованием ядерно-аналитических методов: RBS (спектрометрии обратного рассеяния Резерфорда) и ERD (метода протонов отдачи). Эксперименты проводились в сотрудничестве с рядом российских и зарубежных научно-исследовательских институтов, среди которых Университет им. М. Кюри-Склодовской (Люблин, Польша), Институт электротехники Словацкой академии наук (Братислава, Словакия), Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина Национальной академии наук Украины, Институт

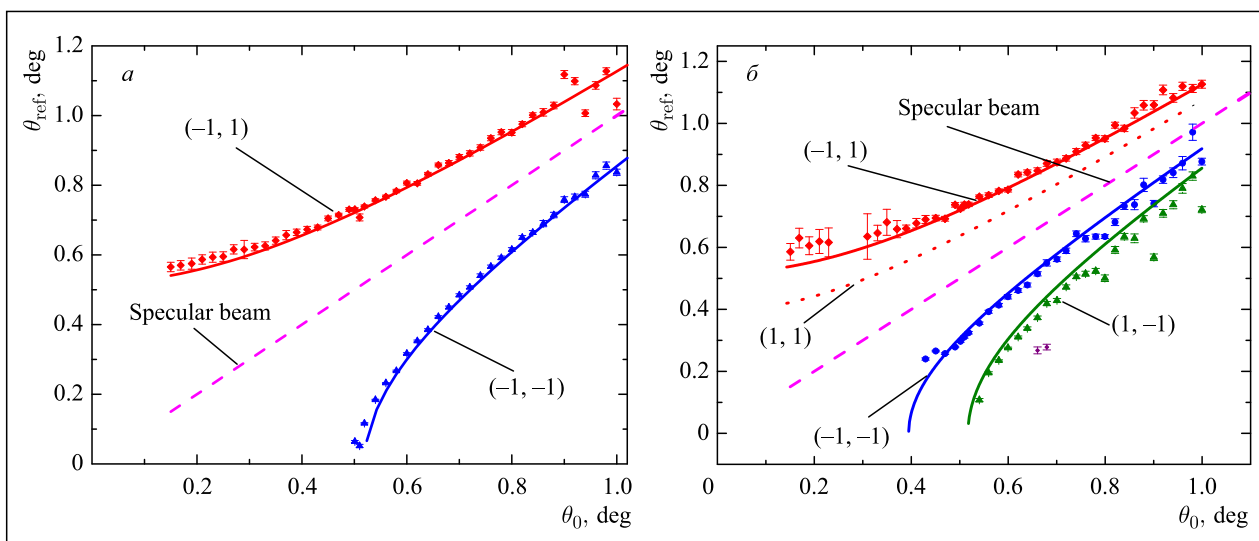


Рис. 5. Угловые распределения дифрагированных пучков в зависимости от угла скольжения падающего пучка: *а*) бегущая волна; *б*) стоячая волна. Сплошные кривые — расчет, точки — эксперимент. В скобках указаны индекс направления распространения УЗ-волны s (+1 и -1 — по направлению скорости нейтронов и против нее) и порядок отражения n : (s, n)

ядерных наук «Винча», Белградский университет (Белград, Сербия). Кроме того, специалисты ЛЯП провели эксперименты по исследованию характеристик матричных детекторов на основе арсенида галлия на пучках заряженных частиц ускорителя ЭГ-5.

Аналитические исследования на реакторе ИБР-2. Работы с использованием гамма-спектрометрии высокого разрешения. Выполнялись работы по созданию установки для анализа состава образцов по мгновенным гамма-квантам на канале № 116 ИБР-2. Проведены пробные эксперименты по определению содержания водорода в нанодиамазах и содержания различных элементов в археологических образцах.

Работы сектора нейтронного активационного анализа и прикладных исследований. В 2019 г. на установке РЕГАТА был проведен многоэлементный инструментальный нейтронный активационный анализ ~ 2000 экологических образцов (растительности, почвы, воздушных фильтров), ряда технологических, биологических и археологических образцов, а также образцов внеземного происхождения в рамках программ и грантов стран-участниц ОИЯИ и протоколов о научно-техническом сотрудничестве со странами-неучастницами. Проведены исследования тестовых образцов для межлабораторного сравнения результатов по программе МАГАТЭ. Выполнен элементный анализ ~ 1000 образцов на атомно-абсорбционном спектрометре iCE3500 фирмы «Thermo Scientific».

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2 И КОМПЛЕКС ХОЛОДНЫХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ НЕЙТРОНОВ

В 2019 г. эксплуатация ИЯУ ИБР-2 в штатном режиме работы на мощности осуществлялась на основании лицензии Ростехнадзора, действующей до 30 сентября 2022 г. Статистические данные о работе ИЯУ ИБР-2 приведены в таблице.

В 2019 г. работы по созданию и развитию комплекса криогенных замедлителей ИЯУ ИБР-2 выполнялись в рамках темы № 1105 и плана-графика работ на 2019 г. группы № 2 механико-технологического отдела ЛНФ.

В соответствии с расписанием работы установки ИБР-2 в 3-м и 8-м циклах замедлитель КЗ-202 работал в криогенном режиме на физический эксперимент. Общая наработка на физический эксперимент составила 521 ч.

По техническим причинам и ввиду необходимости проведения дополнительных исследований и работ установка КЗ-201 в рабочее положение и его работа на физический эксперимент в режиме опытной эксплуатации запланирована на осень 2020 г.

Номер цикла	Период	Режим работы замедлителя	Время работы реактора на физический эксперимент, ч
1	14.01–27.01	Водяной	300
2	04.02–22.02	Водяной	415
3	11.03–22.03	Криогенный	258
4	08.04–26.04	Водяной	433
5	13.05–28.05	Водяной	339
6	—	—	Отменен по техническим причинам
7	14.10–28.10	Водяной	336
8	11.11–22.11	Криогенный	263
9	02.12–16.12	Водяной	336
<i>Всего:</i>			2680

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2

Продолжались работы по проекту «Разработка ДТМ — системы окружения образца для дифрактометра ДН-12 на ИЯУ ИБР-2», который включает в себя разработку горизонтально-вертикального криостата со сверхпроводящим магнитом и изменяемой температурой в диапазоне 4–300 К. В соответствии с техническим заданием в Национальном институте исследований и разработок в области электротехники ICPE-SA (Бухарест, Румыния), совместно с которым выполняется данный проект, была модернизирована технология и изготовлен магнит с использованием ВТСП-ленты. В октябре магнит был доставлен

в ОИЯИ и установлен в криостат. В настоящее время проводятся испытания магнита в вертикальной позиции криостата. Во время первых испытаний была достигнута величина напряженности магнитного поля сверхпроводящего магнита 5 Тл. Характеристика зависимости магнитного поля от величины электрического тока получилась строго линейной, что указывает на отсутствие признаков деградации ВТСП-ленты. Следует отметить, что создаваемый магнит будет автономным и мобильным устройством, для работы которого потребуются только источники электропитания.

МЕРОПРИЯТИЯ

С 18 по 21 февраля в Румынии (Университет Валахии, Тырговиште) проходило очередное 32-е рабочее совещание Комиссии ООН по воздуху Европы. В совещании приняли участие 10 сотрудников сектора нейтронного активационного анализа и прикладных исследований ЛНФ ОИЯИ, представлявших Российскую Федерацию, Белоруссию, Болгарию, Грузию, Молдавию, Румынию, Таджикистан, Чехию, а также сотрудник отдела внешних коммуникаций и распределенных информационных систем Лаборатории информационных технологий А.В.Ужинский. Такой состав делегации отражает сотрудничество ЛНФ и ЛИТ в рамках Программы ООН по трансграничному дальнему переносу воздушных загрязнений в Европе, а теперь и в Азии.

16 апреля в Москве в Доме ученых им. А.П.Александрова (НИЦ «Курчатовский институт») прошла церемония награждения орденом Александра Невского научного руководителя Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, заведующего кафедрой нейтрографии физического факультета МГУ, члена-корреспондента РАН, профессора В.Л.Аксенова.

28 мая в Музее истории науки и техники ОИЯИ состоялся юбилейный семинар, посвященный 90-летию Ю.А.Александрова. Юбиляр рассказал о своих основных достижениях за период с 1954 по 2019 г.

С 10 по 14 июня в Дубне проходил 27-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-27). Организаторами ISINN-27 выступили: Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка ОИЯИ, Государственная ведущая лаборатория моделирования и воздействия интенсивного импульсного излучения (SKLIPRSE)

Северо-западного института ядерных технологий (NINT, Китай), Ведущая лаборатория современной ядерной энергетики и промышленности Шэньси (SKLANT) Университета Сиань Цзяотун (XJTU, Китай), Китайский институт атомной энергии (CIAE), Китайский испарительный источник нейтронов Института физики высоких энергий КАН (CSNS, ИИЭП).

С 30 июня по 5 июля в Санкт-Петербурге проходила традиционная Европейская конференция по рассеянию нейтронов (ECNS-2019). Ее организаторы — Европейская ассоциация по нейтронному рассеянию (ENSA) и российский Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (НИЦ КИ) — сделали особый акцент на формировании научной программы для двух создающихся в настоящее время в Европе высокопоточных источников нейтронов: импульсного Европейского испарительного источника ESS (Лунд, Швеция) и стационарного реактора ПИК (Гатчина, Россия).

В ходе конференции была вручена медаль Российского нейтронографического общества «За выдающийся вклад в развитие теории и практики нейтронного рассеяния» представителю ОИЯИ, главному научному сотруднику ЛНФ, профессору, доктору физико-математических наук А.М.Балагурову.

6 ноября состоялось торжественное открытие памятника И.М.Франку, организатору и многолетнему руководителю Лаборатории нейтронной физики, лауреату Нобелевской и государственных премий.

С 16 по 17 декабря в Доме ученых ОИЯИ проходило 1-е рабочее международное совещание по использованию ядерно-физических методов для исследования объектов культурного наследия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kozlenko D. P., Dubrovinsky L. S., Kichanov S. E., Lukin E. V., Cerantola V., Chumakov A. I., Savenko B. N. Magnetic and Electronic Properties of Magnetite Across the High-Pressure Anomaly // *Sci. Rep.* 2019. V.9. P.4464.
2. Balagurov A. M., Samoylova N. Yu., Bobrikov I. A., Sumnikov S. V., Golovin I. S. The First- and Second-Order Isothermal Phase Transitions in Fe₃Ga-Type Compounds // *Acta Cryst. B.* 2019. V.75. P.1024–1033.
3. Selyshchev P. A., Petrenko V. I., Rajnak M., Dolnik B., Kurimsky J., Kopcansky P., Timko M., Bulavin L. A. Non-Uniform Distribution of Ferrofluids Spherical Particles under External Electric Field: Theoretical Description // *J. Molecul. Liquids.* 2019. V.278. P.491–495.
4. Tropin T. V., Karpets M. L., Kosiachkin Ye. N., Ak-senov V. L. X-Ray Reflectometry for Comparison of Structural Organization of Fullerenes C₆₀/C₇₀ in Polystyrene Thin Films // *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures.* 2019 (submitted).
5. Avdeev M. V., Rulev A. A., Ushakova E. E., Kosiachkin Ye. N., Petrenko V. I., Gapon I. V., Kataev E. Yu., Matveev V. A., Yashina L. V., Itkis D. M. On Nanoscale Structure of Planar Electrochemical Interfaces Metal/Liquid Lithium Ion Electrolyte by Neutron Reflectometry // *Appl. Surf. Sci.* 2019. V.486. P.287–291.
6. Zakharchenko T. K., Avdeev M. V., Sergeev A. V., Chertovich A. V., Ivankov O. I., Petrenko V. I., Shao-Horn Y., Yashina L. V., Itkis D. M. Small-Angle Neutron Scattering Studies of Pore Filling in Carbon Electrodes: Mechanisms Limiting Lithium-Air Battery Capacity // *Nanoscale.* 2019. V.11. P.6838–6845.
7. Zeleňáková A., Hrubovčák P., Kapusta O., Kučerka N., Kuklin A., Ivankov O., Zeleňák V. Size and Distribution

- of Iron Oxide Nanoparticles in SBA-15 Nanoporous Silica via SANS Study // *Sci. Rep.* 2019. V. 9, No. 1. P. 1–9.
8. *Kichanov S.E., Kozlenko D.P., Kirillov A.K., Lukin E.V., Abdurakhimov B., Belozerova N.M., Rutkauskas A.V., Ivankina T.I., Savenko B.N.* A Structural Insight into the Chelyabinsk Meteorite: Neutron Diffraction, Tomography and Raman Spectroscopy Study // *Springer Nature Appl. Sci.* 2019. V. 1. P. 1563.
 9. *Huaiyong Bai, Haoyu Jiang, Yi Lu, Zengqi Cui, Jinxiang Chen, Guohui Zhang, Gledenov Yu.M., Sedyshva M.V., Khuukhenkhuu G., Xichao Ruan, Hanxiong Huang, Jie Ren, Qiwen Fan.* $^{56,54}\text{Fe}(n, \alpha)^{53,51}\text{Cr}$ Cross Sections in the MeV Region // *Phys. Rev. C.* 2019. V. 99. P. 024619.
 10. *Gandhi A., Rai N.K., Prajapati P.K., Nayak B.K., Saxena A., Roy B.J., Singh N.L., Mukherjee S., Kopatch Yu.N., Ruskov I.N., Grozdanov D.N., Fedorov N.A., Kumar A.* Evaluation of the Nuclear Excitation Functions of Fast Neutron-Induced Reactions on ^{52}Cr and ^{56}Fe Isotopes // *Indian J. Phys.* 2019 (in press).
 11. *Fedorov N.A., Tretyakova T.Yu., Bystritsky V.M., Kopach Yu.N., Ruskov I.N., Skoy V.R., Grozdanov D.N., Zamyatin N.I., Dongming W., Aliev F.A., Hramco K., Kumar A. et al.* Investigation of Inelastic Neutron Scattering on ^{27}Al Nuclei // *Phys. Atom. Nucl.* 2019. V. 82, No. 4. P. 297–304.
 12. *Anh N.N., Hung N.Q., Hai N.X., Khang P.D., Sukhovoij A.M., Mitsyna L.V., Thang H.H., Khiem L.H.* Level Scheme of ^{153}Sm Obtained from the $^{152}\text{Sm}(n_{\text{th}}, 2\gamma)$ Reaction Using a γ – γ -Coincidence Spectrometer // *Phys. Rev. C.* 2019. V. 100. P. 024324.
 13. *Knezevic D., Jovancevic N., Sukhovoij A.M., Dragic A., Mitsyna L.V., Revay Z., Stieghorst Ch., Oberstedt S., Krmar M., Arsenic I., Maletic D., Jokovica D.* Study of Gamma Ray Transitions and Level Scheme of ^{56}Mn Using the $^{55}\text{Mn}(n_{\text{th}}, 2\gamma)$ Reaction // *Nucl. Phys. A.* 2019. V. 992. P. 121628.
 14. *Amaducci S., Cosentino L., Barbagallo M., Colonna N. and the n-ToF Collab.* Measurement of the $^{235}\text{U}(n, f)$ Cross Section Relative to the $^6\text{Li}(n, t)$ and $^{10}\text{B}(n, \alpha)$ Standards from Thermal to 170 keV Neutron Energy Range at n-ToF // *Eur. Phys. J. A.* 2019. V. 55. P. 120; 10.1140/epja/i2019-12802-7.
 15. *Gawlik A., Lederer-Woods C., Andrzejewski J. and the n-ToF Collab.* Measurement of the $^{70}\text{Ge}(n, \gamma)$ Cross Section up to 300 keV at the CERN n-ToF Facility // *Phys. Rev. C.* 2019. V. 100. P. 045804; 10.1103/physrevc.100.045804.
 16. *Lederer-Woods C., Battino C., Ferreira P. and the n-ToF Collab.* Measurement of $^{73}\text{Ge}(n, \gamma)$ Cross Sections and Implications for Stellar Nucleosynthesis // *Phys. Lett. B.* 2019. V. 790. P. 458–465; 10.1016/j.physletb.2019.01.045.
 17. *Mastromarco M., Manna A., Aberle O., Andrzejewski J. and n-ToF Collab.* Cross Section Measurements of $^{155,157}\text{Gd}(n, \alpha)$ Induced by Thermal and Epithermal Neutrons // *Eur. Phys. J. A.* 2019. V. 55. P. 9; 10.1140/epja/i2019-12695.
 18. *Кулин Г.В., Франк А.И., Захаров М.А., Горюнов С.В., Бушуев В.А., Панзарелла А., Гельтенберг П., Еншель М.* Нестационарная дифракция ультрахолодных нейтронов на движущейся решетке и эффективность передачи энергии нейтрону // *ЖЭТФ.* 2019. Т. 156, вып. 5. С. 868.



ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В 2019 г. Лабораторией информационных технологий (ЛИТ) в рамках направления «Сети, компьютеринг, вычислительная физика» проводились исследования по двум темам первого приоритета: «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных». В рамках сотрудничества с другими лабораториями ОИЯИ сотрудники ЛИТ принимали участие в исследованиях по 26 темам Проблемно-тематического плана научно-исследовательских

работ. Деятельность ЛИТ направлена на развитие сетевой, информационно-вычислительной инфраструктуры, математического и программного обеспечения научно-производственной деятельности Института и стран-участниц ОИЯИ на базе Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК) ОИЯИ.

В 2019 г. сотрудниками Лаборатории информационных технологий опубликовано 220 научных работ в реферируемых изданиях, представлено 135 докладов на международных и российских конференциях.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ОИЯИ

Одним из основных направлений деятельности ЛИТ в 2019 г. являлось развитие МИВК ОИЯИ [1]. Оно включает в себя: развитие и совершенствование телекоммуникационной и сетевой инфраструктуры ОИЯИ; модернизацию инженерной инфраструктуры МИВК; модернизацию, развитие и создание новых компонентов МИВК для хранения, обработки и анализа данных, а именно развитие IT-инфраструктуры мегасайнс-проекта NICA; наращивание производительности и объема систем хранения данных грид-компонентов — Tier-1 и Tier-2; наращивание облачного компонента и создание интегрированной облачной среды для экспериментов ОИЯИ; расширение гетерогенной вычислительной платформы HブリIT, включающей суперкомпьютер «Говорун».

Телекоммуникационные каналы связи ОИЯИ. В 2019 г. проведена существенная модернизация сетевой инфраструктуры ОИЯИ. Реализован проект увеличения пропускной способности телекоммуникационного канала Москва–ОИЯИ со 100 до 3×100 Гбит/с, пропускная способность опорной магистрали локальной вычислительной сети Института увеличена до 2×100 Гбит/с, построена распределенная вычислительная кластерная сеть между площадками ЛЯП и ЛФВЭ емкостью 400 Гбит/с с двойным

резервированием для повышения надежности оптической транспортной магистрали.

В настоящее время внешняя распределенная сеть ОИЯИ (рис. 1) представлена прямым каналом связи ОИЯИ–ЦЕРН и резервным каналом, проходящим через МГТС-9 в Москве и Амстердаме, обеспечивающими функционирование LHCOPN (ОИЯИ–ЦЕРН), для связи центров Tier-0 (ЦЕРН) и Tier-1 (ОИЯИ), внешней наложенной сетью LHCONE, предназначенной для центра Tier-2 (ОИЯИ), а также прямыми каналами для связи по технологии RU-VRF с коллаборацией научных центров RUNEP и с сетями RUNNet, RETN.

Распределение входящего (превышающего 25 ТБ) и исходящего трафиков по подразделениям ОИЯИ в 2019 г. приведено в таблице.

Общий входящий трафик ОИЯИ, включая серверы общего назначения, Tier-1, Tier-2 и вычислительный комплекс, составил в 2019 г. около 56 ПБ. Основным является трафик с научно-образовательными сетями, составляющий 96,4 % от общего.

Локальная вычислительная сеть ОИЯИ. В 2019 г. были продолжены работы по развитию и совершенствованию сетевых компонентов IT-инфраструктуры ОИЯИ. Введена в эксплуатацию

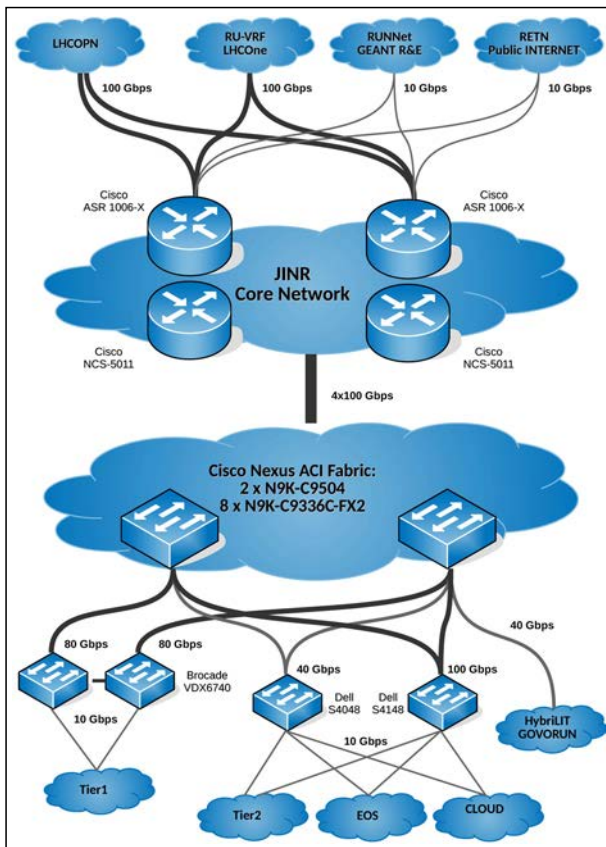


Рис. 1. Схема внешней распределенной сети ОИЯИ фабрика Cisco ACI на базе оборудования Cisco Nexus 9504 и Cisco Nexus C9336C-FX2, позволяющая подключать компоненты МИВК на скоростях 100 Гбит/с и более. Для обеспечения необходимой пропускной способности и возможности резервирования подключение фабрики к опорной сети ОИЯИ осуществляется четырьмя каналами по 100 Гбит/с. Сеть Tier-1 переведена на ACI-фабрику и имеет суммарное подключение 160 Гбит/с (4 канала по 40 Гбит/с). К ACI-фабрике подключены распределенная файловая система EOS, гетерогенная платформа HybriLIT, суперкомпьютер «Говорун», web-сервисы, Tier-2 и сети облачных вычислений.

Продолжена модернизация сетевого кластера виртуальных сервисов сетевой службы ОИЯИ. Виртуализирующий кластер сетевой службы создан с использованием открытого программного обеспечения (ПО) Proxmox по лицензии с открытым кодом GNU AGPL v3, позволяющей бесплатное использование этого кода при создании кластерных решений. Кластер обслуживает виртуальные машины сетевых сервисов ОИЯИ, такие как DNS, DHCP, RELAYs, различные сетевые базы данных, а также ряд сервисов ЛИТ и УНЦ.

Расширена функциональность системы анализа сетевого трафика с помощью написанных новых скриптов, помогающих выявлять зараженные и взломанные пользовательские компьютеры. Осуществляется поддержка Wi-Fi-сети eduoam в ЛИТ, гостинице «Дубна», Доме международных совещаний, Доме ученых, общежитии УНЦ. В системе мониторинга сети отслеживается состояние 560 хостов и более 150 сервисов. Применяется несколько видов уведомлений: сообщения по электронной почте и аварийные SMS-рассылки.

Локальная вычислительная сеть ОИЯИ содержит 8169 сетевых элементов и 15505 IP-адресов, 7512 пользователей сети, 2465 пользователей сервиса mail.jinr.ru, 1531 пользователя электронных библиотек и 358 пользователей сервиса удаленного доступа.

Инженерная инфраструктура МИВК. В 2019 г. продолжены работы по совершенствованию инженерной инфраструктуры МИВК, предназначенной для обеспечения надежной, бесперебойной и отказоустойчивой работы информационно-вычислительной системы и сетевой инфраструктуры. Использование комплексного подхода к построению инженерной инфраструктуры МИВК позволило разработать алгоритмы работы оборудования и взаимодействия отдельных систем как в нормальном режиме, так и в аварийных ситуациях, что обеспечило бесперебойную работу независимо от внешних факторов. Система гарантированного электропитания обеспечи-

Подразделение	Входящий трафик, ТБ	Исходящий трафик, ТБ
Лаборатория физики высоких энергий	414,4	689,0
Лаборатория информационных технологий	414,3	182,0
Лаборатория ядерных проблем	369,6	500,5
Университет «Дубна»	212,8	110,5
Лаборатория нейтронной физики	173,6	266,5
Лаборатория ядерных реакций	156,8	175,5
Гостинично-ресторанный комплекс	145,6	71,5
Управление ОИЯИ	100,8	266,5
Узел удаленного доступа	95,2	32,5
Лаборатория теоретической физики	61,6	58,5
Учебно-научный центр	44,8	26,0
МСЧ-9	39,2	13,0
Управление социальной инфраструктурой	39,2	32,5
Участок телефонной связи	28,0	13,0
Лаборатория радиационной биологии	28,0	19,5

вает бесперебойное электропитание подключенных потребителей, автоматический запуск дизель-генераторных установок (ДГУ), автоматическое переключение нагрузки с основной внешней сети электропитания на ДГУ и обратно, отправку сообщений на пост диспетчера в случае возникновения чрезвычайной ситуации с ДГУ.

Существующая система климатического контроля МИВК представляет собой комплекс взаимосвязанного оборудования для различных схем воздушного и жидкостного охлаждения, с помощью которых создается соответствующий температурный режим, обеспечивающий круглогодичную работу МИВК. В настоящее время система климатического контроля МИВК имеет следующие компоненты: естественное охлаждение серверного оборудования машинного зала охлажденным воздухом, подачу холодного воздуха через фальшпол с принудительным отводом горячего воздуха вентиляционными панелями, охлаждение холодного коридора мо-

дуля Tier-1 межрядными кондиционерами, жидкостное охлаждение элементов суперкомпьютера «Говорун». По типу отвода тепла система климатического контроля МИВК относится к смешанному типу, который сочетает в себе системы с испарением хладагента и системы с промежуточным хладагентом.

Дополнительные возможности и новые требования к этой системе охлаждения связаны с вводом в строй в 2018 г. суперкомпьютера «Говорун», для которого потребовалось создание системы прецизионного жидкостного охлаждения, сбалансированной для постоянной работы с высокотемпературным хладоносителем. В соответствии с условиями размещения оборудования для ОИЯИ был выбран оптимальный режим работы вычислительного шкафа при постоянной температуре хладоносителя +45 °С на входе в вычислительные узлы (с пиковым значением до +57 °С). Благодаря работе в режиме «горячая вода» в случае данного решения удалось применить круглогодичный режим естественного охлаждения с

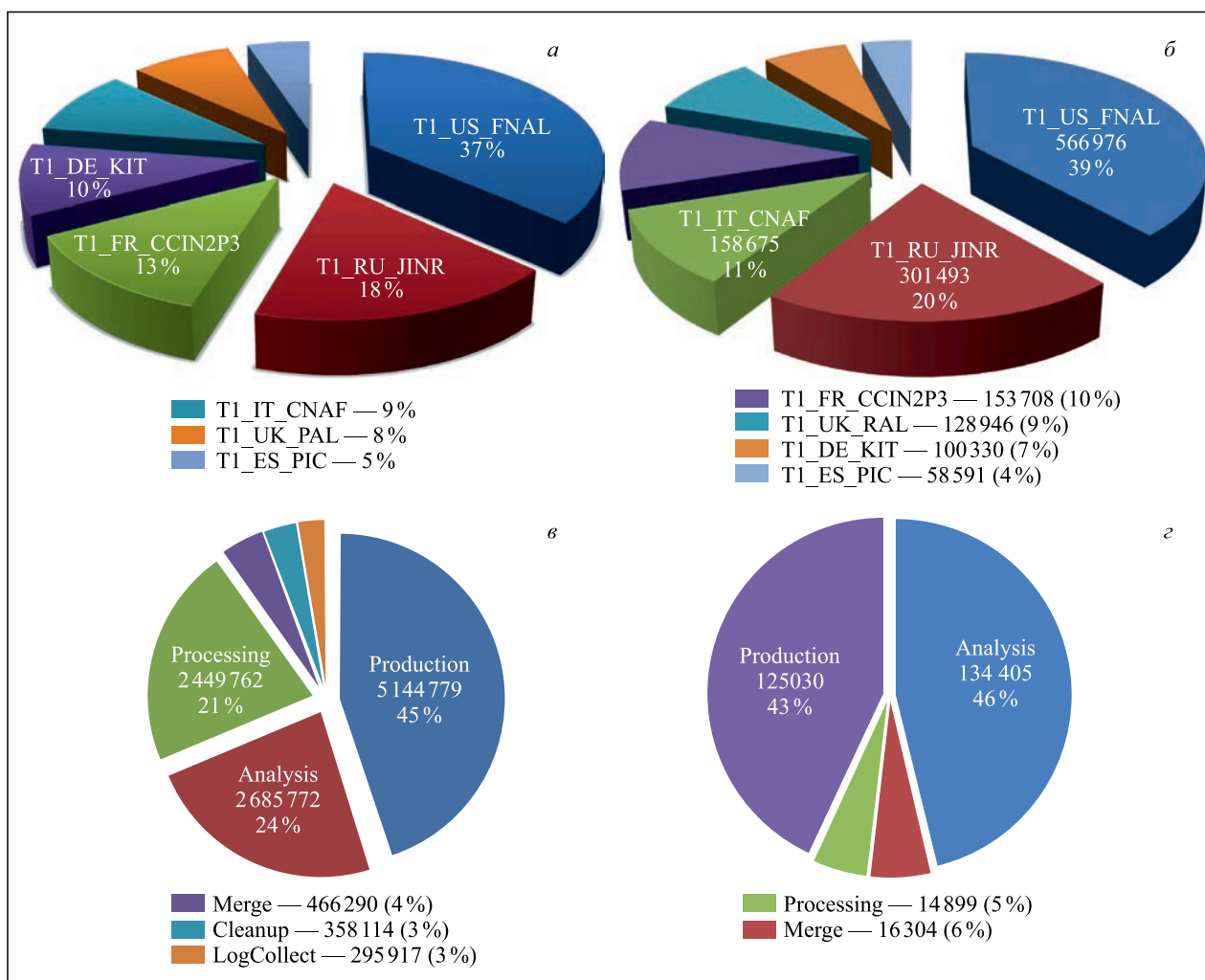


Рис. 2. Вклад мировых центров Tier-1 в обработку экспериментальных данных CMS за 2019 г.: а) распределение по нормированному времени ЦПУ в HS06 часах; б) количество обработанных событий (в млн событий). Статистика использования центра Tier-1 ОИЯИ экспериментом CMS по разным типам потоковой обработки данных за 2019 г.: в) распределение по числу задач; г) распределение по количеству событий

использованием только сухих градирен, охлаждающих жидкость с помощью окружающего воздуха в любой день года, а также полностью избавиться от фреонового контура и чиллеров. В результате среднегодовой показатель системы PUE (Power usage effectiveness), отражающий уровень эффективности использования электроэнергии, составляет более чем 1,06.

Грид-среда ОИЯИ. Грид-инфраструктура ОИЯИ [2] представлена центром уровня Tier-1 для эксперимента CMS на LHC и центром уровня Tier-2, который обеспечивает обработку данных, полученных в экспериментах ALICE, ATLAS, CMS, LHCb, BES, BIOMED, MPD, NOVA, STAR, ILC и др.

В 2019 г. система обработки данных Tier-1 для CMS была увеличена до 10 688 ядер, что обеспечило производительность 151,97 kHS06. Расширена система хранения, состоящая из дисковых массивов и долговременного хранилища данных на лентах. Общая полезная емкость дисковых серверов увеличена до 10,4 ПБ, ленточного робота IBM TS3500 — до 11 ПБ. По своей производительности Tier-1 (T1_JNR) занимает второе место среди других центров Tier-1 для эксперимента CMS (рис. 2, а). Обработано более 301 493 млн событий, что составляет 20 % от общего числа событий (рис. 2, б) и 18 % от общей загрузки ЦПУ всех центров Tier-1 для эксперимента CMS.

На рис. 2, в и г показано распределение по числу задач и количеству событий, обработанных в ОИЯИ в центре уровня Tier-1 CMS в 2019 г. по разным типам потоковой обработки данных (рекон-

струкция, моделирование, повторная обработка, анализ и т. д.).

Одной из основных функций центров уровня Tier-1 является обеспечение обмена данными со всеми мировыми сайтами, работающими на эксперимент CMS, и обеспечение хранения «сырых» экспериментальных и моделированных данных. В 2019 г. общий объем обмена данными CMS с ленточным роботом составил 9,6 ПБ, из них записано 2,1 ПБ новых файлов. Более активно использовалось дисковое хранилище: общий объем данных CMS и результатов их обработки составил с учетом обмена по протоколу dcap 119,7 ПБ, из них выходной поток — 33,4 ПБ.

Вычислительные ресурсы центра Tier-2 в 2019 г. составили 4128 ядер, что в настоящее время обеспечивает производительность 55,489 kHS06. Общая полезная емкость дисковых серверов составляет 2789 ТБ для ATLAS, CMS и ALICE и 140 ТБ для других виртуальных организаций. Сайт Tier-2 ОИЯИ является лучшим в российском консорциуме Российский грид для интенсивных операций с данными (Russian Data Intensive Grid — RDIG). В 2019 г. было обработано 3 779 038 заданий, что составляет 52,11 % от общей производительности ЦПУ RDIG (рис. 3).

На рис. 4 приведены данные по использованию сайта Tier-2 ОИЯИ виртуальными организациями в рамках грид-проектов в 2019 г.

МИВК обеспечивает проведение пользователями вычислений вне рамок грид-среды. Это необходимо как коллаборациям NOVA, PANDA, BES, NICA/MPD и др., так и локальным пользователям из лабораторий ОИЯИ. Все вычислительные мощ-

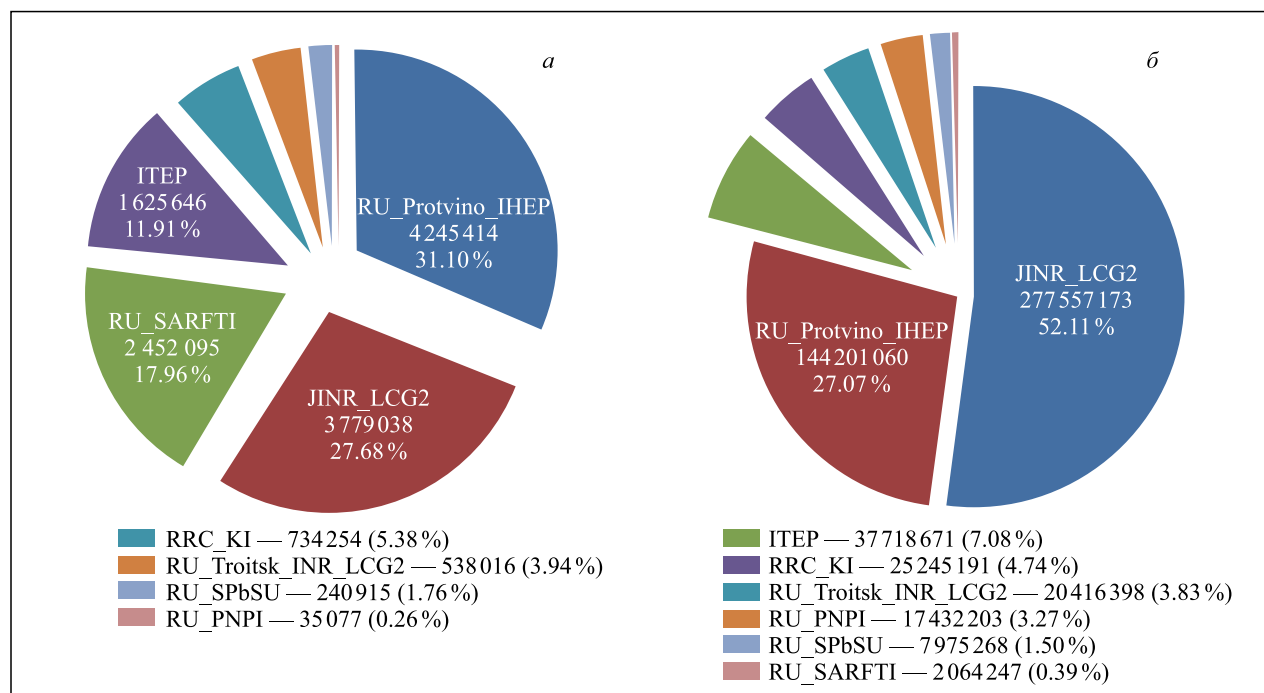


Рис. 3. Статистика работы Tier-2 сайтов организаций, входящих в российский консорциум RDIG: а) распределение по числу задач; б) распределение по нормированному времени ЦПУ в HS06 часах

ности доступны пользователям ОИЯИ и пользователям грид-среды через единую систему пакетной обработки заданий. На рис. 5 приведено распределение по времени и числу задач, выполненных на вычислительном кластере подразделениями Института и группами пользователей.

Системы хранения и доступа к данным, такие как dCache, EOS и XROOTD, обеспечивают совместную работу с данными как для локальных пользователей ОИЯИ, так и для пользователей WLCG (Worldwide LHC Computing Grid) и других виртуальных организаций. ОИЯИ присоединился к группе исследовательских центров, которые разрабатывают прототип озера данных WLCG для HL-LHC. Прототип озера данных был построен как распределенная система хранения EOS и используется для хранения и доступа к большим массивам информации. Система EOS была успешно интегрирована в структуру

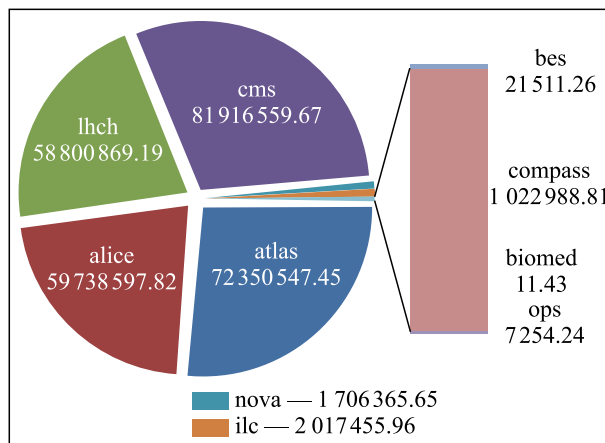


Рис. 4. Использование грид-сайта Tier-2 ОИЯИ виртуальными организациями глобальной грид-инфраструктуры. Распределение по нормированному времени ЦПУ в HS06 часах

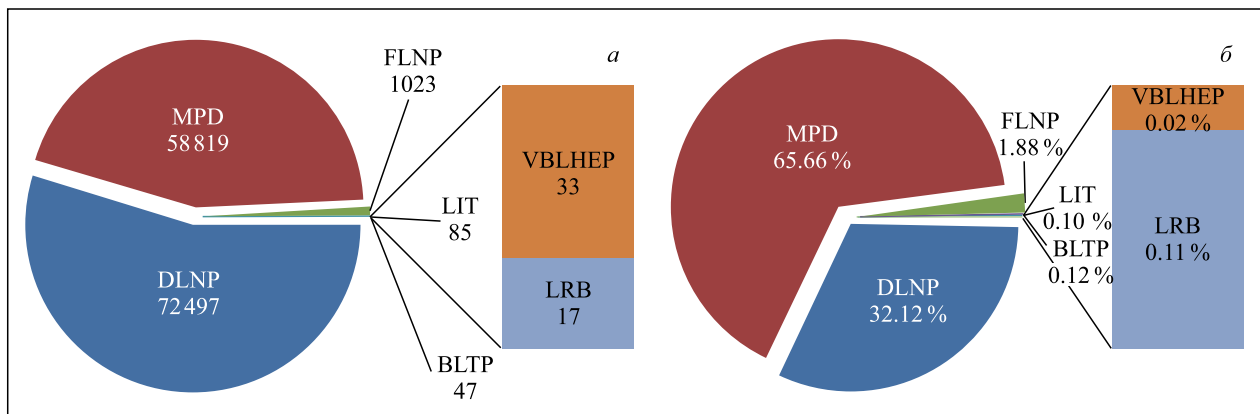


Рис. 5. Статистика использования вычислительного кластера: а) распределение по времени; б) распределение по числу задач, выполненных на вычислительном кластере подразделениями Института и группами пользователей

МИВК. В настоящее время для EOS доступно 3740 ТБ дискового пространства. В экспериментах на NICA уже используется EOS для хранения данных. EOS видна как локальная файловая система на рабочих узлах МИВК и позволяет авторизованным пользователям (по протоколу kerberos5) читать и записывать данные.

Облачная среда. В 2019 г. продолжены работы по расширению облачной среды ОИЯИ [3] и объединению счетных мощностей организаций стран-участниц Института в единую информационно-вычислительную среду. Для эффективного использования локальных вычислительных ресурсов в каждой из участвующих в объединении организаций созданы или создаются облачные инфраструктуры и осуществляется интеграция облаков каждой из партнерских организаций государств-членов ОИЯИ в распределенную платформу на основе промежуточного ПО DIRAC (Distributed Infrastructure with Remote Agent Control) [4]. На рис. 6 приведено распределение задач по облакам организаций стран-участниц.

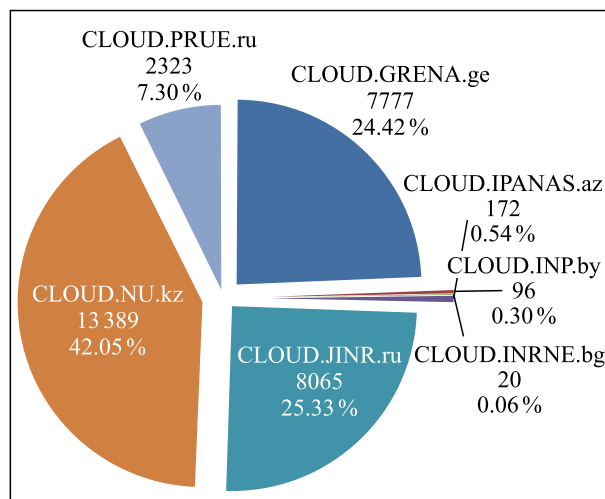


Рис. 6. Распределение задач по облакам организаций стран-участниц

Ресурсы облачной инфраструктуры были увеличены до 1564 ядер ЦПУ и до 8,5 ТБ общего объема ОЗУ. На рис. 7 представлена информация по

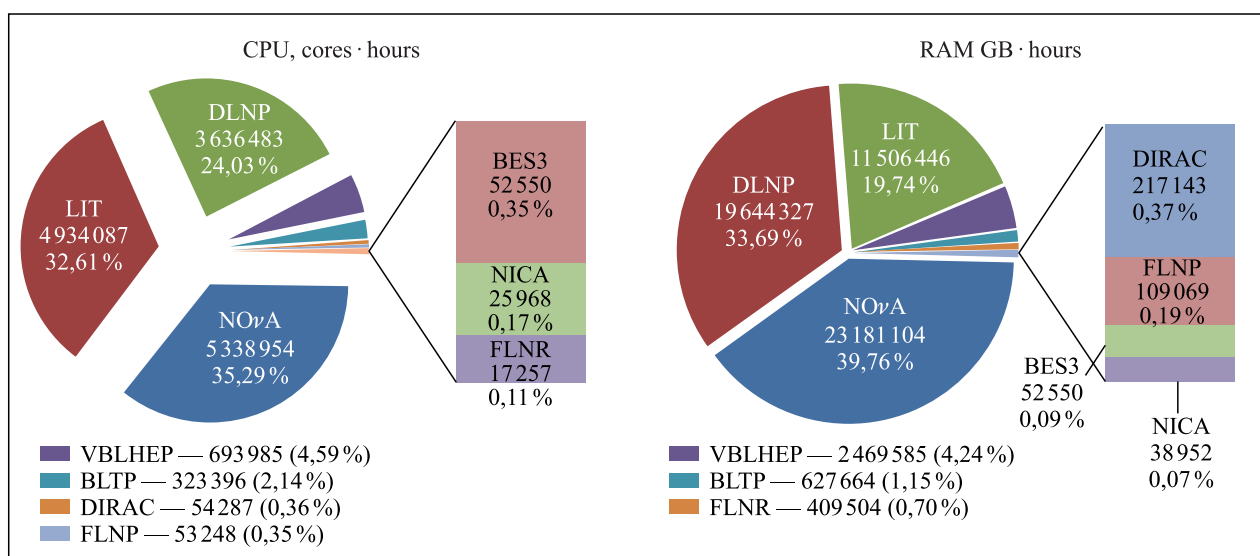


Рис. 7. Потребление ресурсов облачной инфраструктуры за 2019 г.

потреблению ресурсов облачной инфраструктуры за 2019 г., основными пользователями которой являются ЛЯП, ЛИТ и эксперимент NOvA.

В облаке ОИЯИ развивался и совершенствовался сервис, предоставляющий доступ к ресурсам МИВК для выполнения широкого спектра научных расчетов посредством проблемно-ориентированного веб-интерфейса [5], который обеспечивает расширенные возможности для запуска задач, уведомлений пользователю о статусе задач. Изменен доступ к результатам расчетов: когда задание выполнено, выходные данные загружаются во внешнее файловое хранилище, где они становятся доступны по автоматически сгенерированному уникальному URL-адресу для загрузки пользователем и дальнейшего анализа и/или визуализации.

Продолжены исследования, проводимые совместно с ЛНФ в рамках международной программы UNECE International Cooperative Program (ICP) Vegetation, по мониторингу и прогнозированию процессов загрязнения воздуха в странах Европы и Азии [6]. В 2019 г. разработано мобильное приложение, которое позволяет в соответствии со стандартами UNECE ICP Vegetation в автоматическом режиме заполнять информацию о местах отбора проб мхов. Приложение интегрировано с системой управления данными программы ICP Vegetation, так что всю информацию о местах отбора проб можно импортировать в систему. С использованием глубоких нейросетей выполнены прогнозы по загрязнению некоторыми тяжелыми металлами для Норвегии, Румынии и Сербии. Методика отработана не только в региональном масштабе, но и в масштабах города.

Гетерогенная инфраструктура. Гетерогенная инфраструктура МИВК ОИЯИ состоит из суперкомпьютера «Говорун» и учебно-тестового полигона, объединенных посредством единой программно-информационной среды в гетерогенную платформу

HybriLIT (<http://hlit.jinr.ru/>). Ресурсы этой платформы используются для решения задач, требующих массивно-параллельных расчетов в различных областях ядерной физики и физики высоких энергий, физики конденсированных сред, радиобиологии и в других исследованиях, проводимых в ОИЯИ, в том числе для развития компьютеринга мегапроекта NICA.

Исходя из стремительного развития IT-технологий и запросов пользователей в ноябре 2019 г. была проведена модернизация суперкомпьютера — переход на новые процессоры Intel® Xeon® Scalable gen2 (модели Intel® Xeon® Platinum 8268) и новейшие высокоскоростные твердотельные диски Intel® SSD DC P4511 с интерфейсом NVMe емкостью 2 ТБ. В результате модернизации производительность CPU-компонента увеличилась в три раза, а совокупная пиковая производительность суперкомпьютера достигла 860 TFlops для операций с двойной точностью и 1,7 PFlops для операций с одинарной точностью, что, в свою очередь, позволило CPU-компоненту суперкомпьютера «Говорун» занять 10-е место в списке топ-50 самых мощных суперкомпьютеров России и стран СНГ.

CPU-компонент суперкомпьютера реализован на высокоплотной архитектуре «РСК Торнадо» с прямым жидкостным охлаждением, которое позволяет обеспечить высокую плотность вычислительных узлов (150 узлов на один вычислительный шкаф) и высокую энергоэффективность (порядка 10 GFlop/Вт).

Суперкомпьютер «Говорун» является гиперконвергентной программно-определяемой системой и обладает уникальными свойствами по гибкости настройки под задачу пользователя, обеспечивая максимально эффективное использование вычислительных ресурсов суперкомпьютера. Для ускорения работы с данными в суперкомпьютер «Говорун» была имплементирована сверхбыстрая система хранения данных (ССХД) под управлением файловой системой

Lustre. Общая емкость ССХД в настоящее время составляет 256 ТБ, скорость ввода/вывода данных — 300 ГБ/с.

Эксплуатация первой очереди суперкомпьютера «Говорун» позволила провести целый ряд ресурсоемких вычислений в области квантовой хромодинамики на решетках, качественно повысить оперативность моделирования динамики столкновений релятивистских тяжелых ионов, ускорить процесс генерации и реконструкции событий для экспериментов мегасайенс-проекта NICA, провести расчеты радиационной безопасности экспериментальных установок ОИЯИ, существенно ускорить исследования в области радиационной биологии и других научно-прикладных задач. Результаты этих научных исследований были опубликованы более чем в 50 ведущих мировых научных изданиях (http://hlit.jinr.ru/users_publications/). В течение 2019 г. всеми группами, проводящими расчеты на суперкомпьютере, было вы-

полнено свыше 260 000 задач на всех вычислительных компонентах. Распределение вычислительных ресурсов между группами пользователей показано на рис. 8. Как видно из приведенных диаграмм, основными пользователями суперкомпьютера являются ЛТФ, ЛИТ и ЛФВЭ. При этом следует отметить, что 85 % ресурсов суперкомпьютера задействовано для мегапроекта NICA как для теоретических расчетов, так и для генерации, реконструкции событий [7] с использованием Interware DIRAC (рис. 9).

Средняя загрузка по вычислительным компонентам в 2019 г. составила: Skylake — 95,61 %, KNL — 57,12 %, DGX — 84,59 %.

Создается офлайн компьютерный комплекс для моделирования, обработки, анализа и хранения данных в рамках проекта NICA, состоящий из территориально распределенных онлайн и трех офлайн кластеров, связанных между собой высокоскоростной компьютерной сетью с пропускной способностью

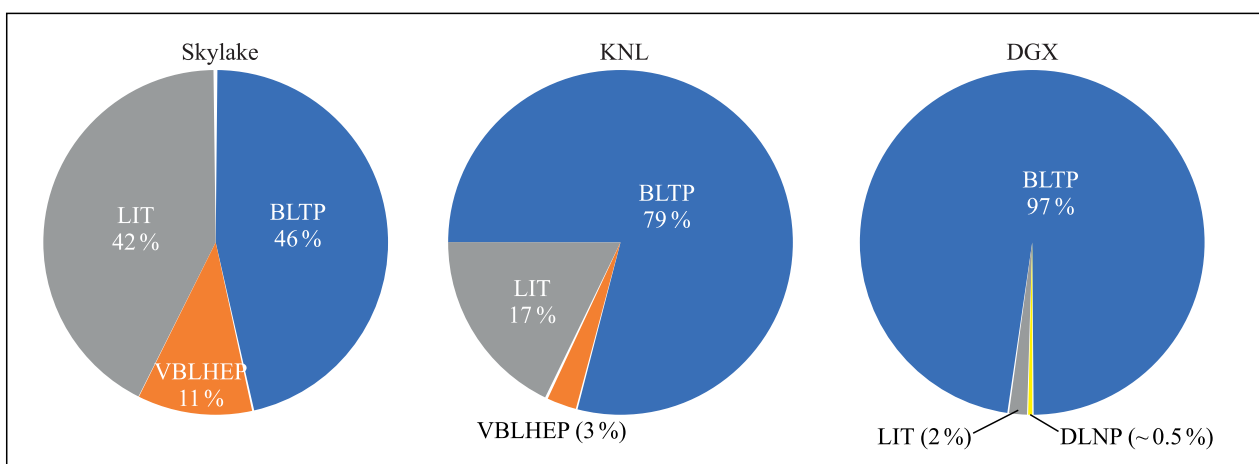


Рис. 8. Распределение ресурсов между группами пользователей по вычислительным компонентам суперкомпьютера, компонент Skylake содержит 40 вычислительных узлов с двумя CPU Intel® Xeon 6145, компонент KNL — 21 вычислительный узел с процессором Intel® Xeon Phi™ 7290, компонент DGX реализован на базе пяти серверов NVIDIA DGX-1 с восемью GPU NVIDIA Tesla V100 в каждом

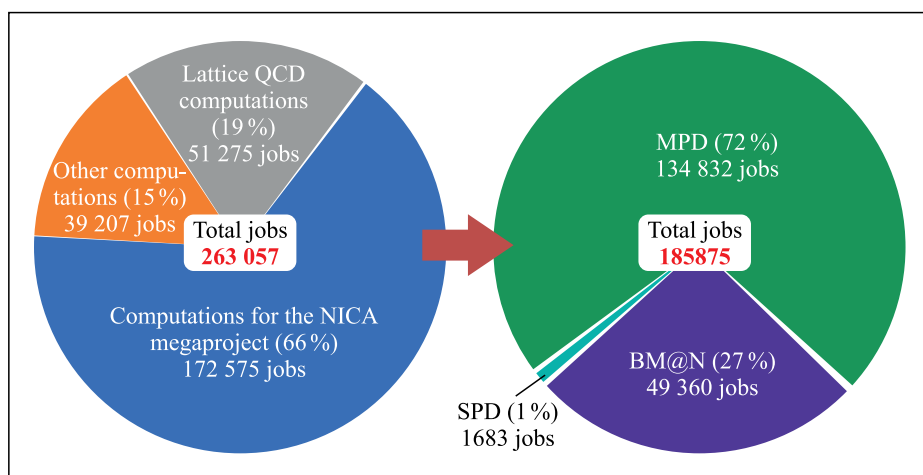


Рис. 9. Количество задач, выполненных для мегапроекта NICA. Доля задач, связанных с теоретическими исследованиями в рамках квантовой хромодинамики на решетках, составила 19%, генерация и реконструкция событий для всех экспериментов на NICA — 66%. При этом из этих 66% задач доля MPD составила 72%

4 × 100 Гбит/с. Вычислительно-информационный офлайн кластер NICA в ЛИТ организован на базе МИВК ОИЯИ как распределенный масштабируемый гибридный кластер, что позволяет эффективно и без дополнительных затрат организовать компьютинг для проекта NICA по требованию различного класса задач и разных пользователей. Основной задачей офлайн кластера ЛИТ является создание двухуровневой (диско-ленточной) системы хранения для экспериментов NICA, поскольку после первого этапа этих экспериментов потребуются значительные объемы хранения (от 2,5 до 70 ПБ в год).

В настоящее время с помощью Interware DIRAC были объединены вычислительные ресурсы МИВК

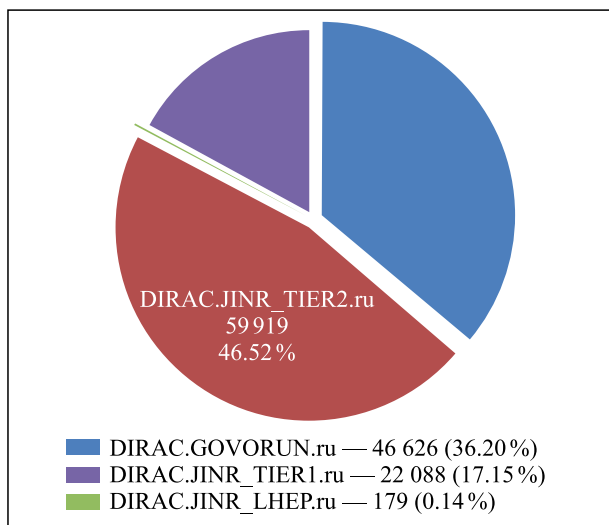


Рис. 10. Статистика по задачам моделирования для MPD на компонентах МИВК

ОИЯИ: Tier-1/Tier-2, суперкомпьютер «Говорун», облако ОИЯИ и ресурсы хранения ССХД Lustre, dCache и EOS [7]. В рамках генерации данных методом Монте-Карло для эксперимента MPD с использованием платформы DIRAC на компонентах МИВК было выполнено более 120 000 задач. На рис. 10 приведено распределение задач моделирования по компонентам МИВК через DIRAC.

Система мониторинга. Для обеспечения надежной работоспособности МИВК создана и расширяется многоуровневая система мониторинга, которая работает в режиме 24 × 365 и позволяет контролировать системы климат-контроля и энергоснабжения, локальное сетевое оборудование, телекоммуникационные линии и вычислительные узлы, выполняемые задания, дисковые и ленточные системы хранения. Она основана на различных технологиях, таких как Nagios, Icinga2, Grafana, и системах, разработанных в ЛИТ. В настоящее время система мониторинга контролирует все виды оборудования МИВК. Количество узлов, включенных в мониторинг, составляет более 2000.

В 2019 г. проводилось усовершенствование программного комплекса [8] для анализа данных эксперимента COMPASS, который с августа 2017 г. работает в производственном режиме. Реализовано несколько цепочек обработки данных: реконструкция реальных данных, фильтрация событий. Реализована цепочка обработки задач моделирования методом Монте-Карло и реконструкции. В обработке данных на постоянной основе участвуют два грид-узла: ЦЕРН и ОИЯИ. В 2019 г. к данной системе также подключены суперкомпьютеры Stampede 2 и

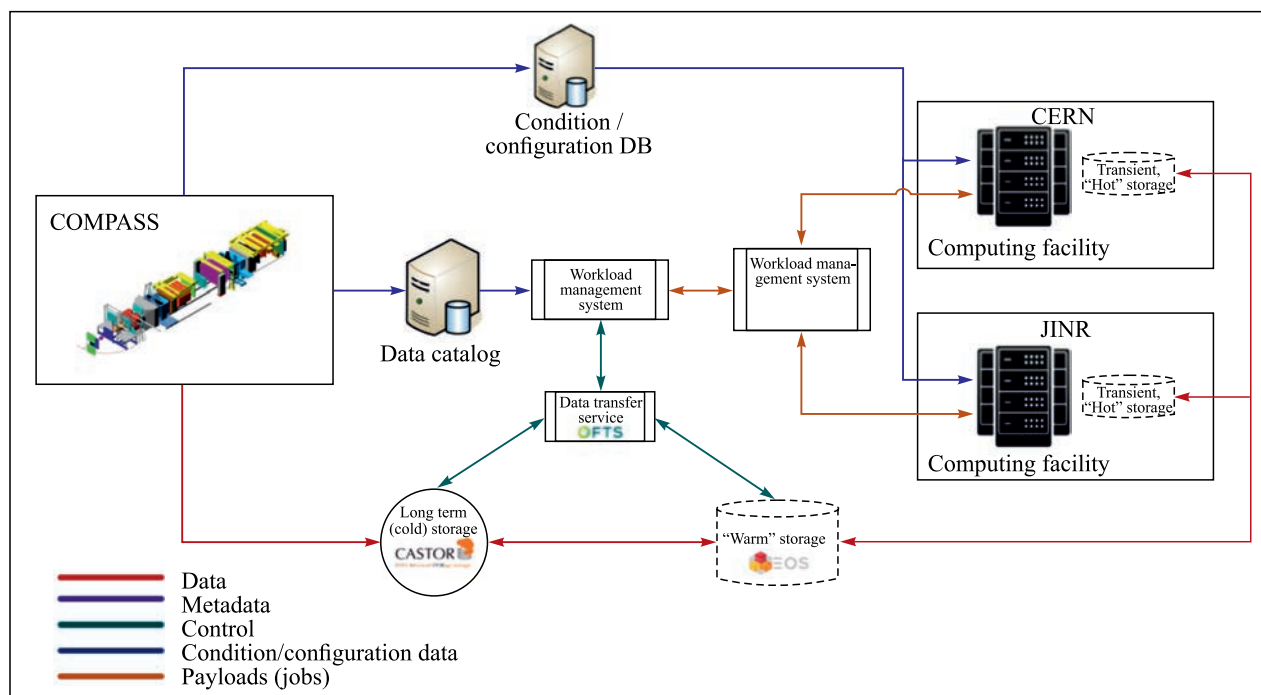


Рис. 11. Архитектура системы и рабочие потоки данных процесса обработки данных эксперимента COMPASS

Frontera из Texas Advanced Computing Centre. Текущая архитектура системы и процесс обработки представлены на рис. 11.

Одним из важных предметов анализа в различных областях являются потоковые данные, т. е. непрерывно поступающая новая информация, по которой необходимо как проводить исторический анализ, так и принимать оперативные решения. В настоящее время для исследования потоковых данных наиболее эффективным представляется использование технологий больших данных. Для этих целей в ЛИТ создан прототип аналитической платформы. Развернуты следующие сервисы: 1) Apache Spark для анализа поступающих данных в памяти; 2) система обработки и хранения потоковых данных Apache Kafka для обеспечения бесперебойной передачи и промежуточного хранения данных; 3) Mesos для управления ресурсами вычислительного кластера; 4) Elasticsearch для первичного профилирования и анализа, а также хранения поступающих данных; 5) сервер Docker для развертывания вспомогательных служб и сервисов.

Продолжено выполнение работ по развитию системы управления проектом АРТ EVM для NICA: разработана англоязычная версия системы, необходимая для предоставления информации наблюдательному совету; разработан сводный отчет, необходимый для оперативного согласования планируемых расходов в соответствии с соглашением с Российской Федерацией по дополнительному финансированию проекта NICA; осуществлялось текущее сопровождение и развитие системы.

Выполнен ряд работ по развитию и текущему сопровождению системы электронного документооборота (СЭД) «Дубна»: разработаны и запущены в эксплуатацию новые документы, разработан модуль сбора статистики, разработаны модули подсистемы электронного архивного хранения и поиска договоров капитального строительства и ремонтно-строительных работ.

Осуществлялось развитие по запросам пользователей, а также текущее сопровождение систем персональной информации о научной деятельности сотрудников (ПИН), информационно-справочной системы (ИСС), базы документов ОИЯИ и др., про-

грамм IC, обучение и поддержка пользователей, разрабатывались новые модули. Разработан и введен в эксплуатацию модуль по сопровождению конференций, позволяющий вести полный финансовый учет мероприятий, проводимых ОИЯИ. Для упрощения оплаты участия в них был создан специализированный сайт приема интернет-платежей (эквайринг).

В рамках развития управленческого учета создана система дополнительной аналитики Проблемно-тематического плана ОИЯИ, позволяющая учитывать затраты в рамках отдельных проектов внутри одной темы. Данная система прошла успешную тестовую эксплуатацию в трех лабораториях.

В 2019 г. в среде CMS Drupal создана новая версия портала ЛИТ — <http://lit.jinr.ru>. Разработан и запущена в эксплуатацию информационная система научной аттестации ОИЯИ (ИСНА) — <https://dissertations.jinr.ru/>, предназначенная для подачи документов соискателями ученых степеней кандидата и доктора наук в советы ОИЯИ по защите диссертаций, а также для дальнейшей работы с этими документами ученых секретарей и членов советов. Осуществлялось сопровождение портала «Визит-центр», web-сайта журналов «ЭЧАЯ» и «Письма в ЭЧАЯ». Продолжена традиционная разработка, создание и поддержка web-сайтов конференций, симпозиумов по заявкам лабораторий и других подразделений ОИЯИ.

Совместно с ЛФВЭ опубликован обзор, посвященный исследованию применяемых в экспериментах в области физики высоких энергий систем сбора и обработки информации общего функционирования, информационных систем и баз данных, их классификации. В результате проведенного исследования выделены системы и компоненты, реализация или адаптация которых наиболее целесообразна в экспериментах комплекса NICA [9].

В 2019 г. выполнена работа, связанная с разработкой интерфейса взаимодействия промежуточного программного обеспечения jAliEn и центральных сервисов эксперимента ALICE. Разработан код, интегрированный в среду jAliEn, который позволяет с помощью Java Websocket идентифицировать пользователей, создавать рабочие сессии, а также отправлять задачи на центральные сервисы [10].

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. Ниже приведена краткая информация о некоторых из полученных результатов.

При обработке больших данных часто возникает задача нахождения наборов одинаковых записей во всем объеме массива информации. В качестве нового подхода к соединению записей было проведено исследование применения методов locality-sensitive hashing к поиску ближайших строк с точки зрения

расстояния редактирования (edit distance). Разработан метод для ускорения соединения записей в больших данных. Показана высокая производительность этого подхода к снижению размерности и поиску ближайших соседей в многомерном векторном пространстве [11].

В рамках проекта NICA ОИЯИ выполнено трехмерное моделирование мультипольного корректора коллайдера и вертикального выходного магнита. Проведено исследование влияния параметров магнита на распределение магнитного поля в рабочих зонах магнита [12].

На основе опыта проектирования геометрической базы данных для эксперимента CBM разработан прототип геометрической базы данных для эксперимента BM@N [13]. Разработанная информационная система включает базу данных, доступные и компактные инструменты графического пользовательского интерфейса и инструменты API в виде набора макросов ROOT.

Проведено исследование, связанное с изучением основных характеристик детектора MPD ускорительного комплекса NICA, с использованием данных о протон-протонных взаимодействиях, полученных при моделировании данного детектора методом Монте-Карло [14]. Эти результаты могут быть использованы для обоснования необходимости создания данного детектора и разработки триггерной системы высокого уровня с помощью методов машинного обучения.

Для детектора GEM эксперимента BM@N на NICA активно разрабатываются и тестируются новые эффективные методы реконструкции траекторий частиц на основе графической нейронной сети. Данный подход хорошо адаптирован для решения известной проблемы ложных хитов, присущей стриповым детекторам, таким как GEM, с помощью алгоритмов поиска минимального связующего дерева [15].

В рамках модели Намбу–Иона-Лазинио с петлей Полякова рассмотрен пик, обнаруженный экспериментально в отношении числа странных каонов к нестранным пионам в области энергий $\sqrt{s}_{NN} = 8-10$ ГэВ [16]. В результате исследования было показано, что при низких энергиях столкновения ионов (больших плотностях) наблюдается расщепление в спектре масс каонов с разными знаками, что может быть причиной разницы в поведении отношения каонов к пионам с разными знаками; величина пика отношения K^+/π^+ в модели зависит от свойств вещества (странного и барионного химических потенциалов и температуры); положение пика существенно зависит от кривизны положения фазовой диаграммы.

Найден набор параметров модели HIJING (Heavy Ion Jet INteraction Generator), широко используемой для моделирования ядро-ядерных соударений, и предложены изменения модели, которые позволяют описать экспериментальные данные коллабораций NA49 и NA61/SHINE о протон-протонных взаи-

модействиях при импульсах налетающих протонов в системе покоя протонов мишени от 20 до 158 ГэВ/с. Модифицированная модель использовалась при анализе данных о ядро-ядерных соударениях при высоких энергиях, в результате показано, что модель позволяет описать основные характеристики этих взаимодействий [17].

С помощью модели UrQMD, дополненной статистической моделью мультифрагментации (SMM), рассчитаны параметры реакций $p, d, He, C + C, Ta$ и $C + Ne, Cu$ при импульсах 4,2, 4,5 и 10 ГэВ/с на нуклон. Азимутальные корреляции пионов и протонов, полученных в перечисленных реакциях, рассчитаны и сопоставлены с экспериментальными данными, полученными в ЛФВЭ на установке SKM-200-GIBS и в пропановой пузырьковой камере. Между расчетами с помощью UrQMD и SMM и экспериментальными данными было достигнуто хорошее согласие [18].

Проведены моделирование методом Монте-Карло эксперимента по измерению упругого рассеяния ионов ^{15}N на ядрах ^{11}B и анализ систематических ошибок, возникающих при извлечении сечения упругого рассеяния из экспериментальных данных, в рамках фреймворка ExpertRoot [19]. Разработанное программное обеспечение будет использоваться для планирования и анализа подобных экспериментов в будущем.

Разработано множество улучшений для алгоритма реконструкции траектории частиц на одном слое детекторов CSC (Cathode Strip Chambers) эксперимента CMS [20]. Для разграничения перекрывающихся сигналов был принят вейвлет-подход. Для камеры специальной геометрии ME1/1 была проведена настройка реконструкции, в результате чего недостатки в проблемных областях были практически устранены.

Разработка разрывных hp -адаптивных схем с параллельными алгоритмами двухуровневых методов декомпозиции областей позволила получить высокоточные грид-проекционные 3D-решения с доказанной сходимостью. Численно продемонстрировано преимущество предложенного метода перед другими известными методами аппроксимации высокого порядка [21]. В рамках сотрудничества с ЛНФ для экспериментов с нейтронами продолжены 3D-вычисления для нахождения оптимальной конфигурации магнитного устройства с сильно однородными магнитными полями.

Для отделения нейтронного шума от медленных изменений мощности ИБР-2М разработаны алгоритмы, основанные на методе базисных элементов. Они применялись как к статическому, так и динамическому состоянию реактора в диапазоне 0–2 МВт. Скорость алгоритмов адекватна для мониторинга в режиме реального времени [22].

В сотрудничестве с ЛНФ на основе метода разделенных формфакторов (РФФ) проведен анализ экспериментальных данных малоуглового рассеяния

нейтронов (МУРН) и рентгеновских лучей (МУРР) для образцов различных полидисперсных везикулярных систем, включая фосфолипидную транспортную наносистему. Для повышения производительности вычислений процедура фитирования параметров модели РФФ к экспериментальным данным МУРН и МУРР реализована с использованием технологий MPI. Эффективность параллельной реализации подтверждена тестовыми расчетами на кластере HybriLIT [23].

Исследована модель φ_0 -джозефсоновских переходов в системе сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник [24]. Для численного моделирования в широком диапазоне параметров, требующего большого количества времени, разработан и реализован на кластере HybriLIT и суперкомпьютере «Говорун» параллельный компьютерный код MPI/C++.

Проведено численное исследование эффективности трех различных типов алгоритмов решения систем линейных алгебраических уравнений с ленточной матрицей, полученных из дискретизации параболических нелинейных уравнений в частных производных. Анализ производительности выполнен с использованием высокопроизводительной вычислительной платформы HybriLIT и кластера Avitohol [25].

Проведено молекулярно-динамическое моделирование эффекта дальнего действия при облучении металлических мишеней нанокластерами, показавшее возникновение слияния высокотемпературных движущихся областей [26]. Температура в области слияния резко возрастает, превышая температуру плавления мишени. Показано, что возникают структур-

ные изменения кристаллической решетки на глубине мишени, превышающей глубину проникновения нанокластеров.

Разработаны методы и алгоритмы построения конечно-разностных схем для систем уравнений в частных производных, обладающих свойством сильной консистенции [27].

Для изучения конструктивных моделей сложных квантовых систем разработан эффективный алгоритм [28], реализованный для разложения представлений сплетений конечных групп в неприводимые представления.

Предложен метод, позволяющий свести фейнмановские интегралы, зависящие от большого числа переменных (скалярных инвариантов и масс), к комбинации интегралов с существенно меньшим числом переменных. Метод основан на использовании функциональных уравнений, предложенных ранее автором [29].

Для количественной оценки степени соответствия «классичности-квантовости» введен глобальный индикатор [30], определяемый как относительный объем подпространства с положительной функцией Вигнера пространства состояний N -мерной квантовой системы. Данный индикатор проиллюстрирован для ансамбля кубитов и кутритов Гильберта–Шмидта.

Проведены вычислительные эксперименты по квантовой телепортации двухкубитных белловских состояний, проведенной на пятикубитном квантовом компьютере IBM Q. Проведено сравнение с телепортацией, выполненной на классическом квантовом симуляторе Фейнмана, написанном на Maple [31].

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

В продолжение работ по проекту РФФИ разработано мобильное приложение для обнаружения болезней растений, использующее современную облачную инфраструктуру и технологии глубокого обучения для обеспечения нового уровня обслуживания фермерского сообщества [32]. Приложение позволяет пользователям отправлять фотографии и текстовые описания больных растений и узнавать причину заболевания и способ лечения.

Усовершенствованы программы для расчета динамики пучка сверхпроводящего циклотрона SC230 для протонной терапии, разрабатываемого в ОИЯИ с информационно-вычислительной поддержкой ЛИТ в сотрудничестве с Институтом физики плазмы

(Хэфэй, Китай) [33]. Предложены новые алгоритмы, в которых компоненты магнитного поля вне срединной плоскости вычисляются до четвертого порядка. Реализован алгоритм поиска равновесной орбиты для большого числа частиц с разными энергиями с хорошей скоростью вычисления.

Рассмотрены некоторые подходы к интеллектуальному анализу текста в применении к автоматизированному мониторингу рынка труда. Предложена схема построения аналитической системы на основе технологий больших данных. На основе предложенных методов создана система мониторинга российского рынка труда [34].

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Результатом совместных работ ЛИТ и Института физики НАН Азербайджана за 2019 г. в области информационных технологий является создание вто-

рого сегмента грид-инфраструктуры в рамках грид-сайта AZ-IFAN. Грид и облачная инфраструктура работают в режиме production [35].

В сотрудничестве с коллегами из Болгарии проведены расчеты микроскопических оптических потенциалов и соответствующих дифференциальных сечений квазиупругого рассеяния ядер $^{12,14}\text{Be}$ на ядре ^{12}C при энергии 56 МэВ/нуклон и на протонах при энергии 700 МэВ с использованием разных моделей плотностей [36]. Получено хорошее согласие теоретических расчетов с имеющимися экспериментальными данными как для процессов квазиупругого рассеяния, так и для процессов распада.

В рамках соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и IKF (Франкфурт, Германия) в ЛИТ выполнена работа, в которой представлены данные сверхвысокого разрешения по полностью дифференциальным сечениям однократной ионизации гелия, вызванной ударом протонов с энергией 1 МэВ [37].

СОВЕЩАНИЯ, КОНФЕРЕНЦИИ

С 1 по 5 июля прошла 10-я Международная конференция «Математическое моделирование и вычислительная физика» (ММСР'2019) в г. Высокие Татры (Словакия). Ее организаторами, кроме ЛИТ ОИЯИ, выступили Национальный научно-исследовательский институт физики и ядерной технологии им. Х. Хулубея (IFIN-HH) (Бухарест, Румыния), Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук (Кошице, Словакия), Технический университет (Кошице, Словакия), Университет им. П. Й. Шафарика (Кошице, Словакия). В работе ММСР'2019 приняли участие более 100 ученых и специалистов из ОИЯИ и 15 стран: Армении, Белоруссии, Болгарии, Великобритании, Германии,

В отличие от ранее опубликованных данных исследуется другой режим кинематических условий с точки зрения передачи импульсов и энергий электронов. Первое борновское приближение (ПБП) согласуется с экспериментом в кинематическом режиме рядом с порогом Бете. Рассчитанный бинарный пик смещается относительно эксперимента вдали от этой области. Для решения данной задачи проанализировано несколько теоретических механизмов, выходящих за рамки обычной теории ПБП. Эти механизмы включают в себя модель ЗС (три кулоновские функции), эффективные заряды, T -матрицы вне оболочки вместо парных потенциалов и квазиклассическое взаимодействие после столкновения. Комбинация этих механизмов может объяснить наблюдаемое расхождение.

Египта, Индии, Канады, Молдавии, России, Румынии, Словакии, США, Финляндии и Чехии.

В рамках этой конференции прошла международная компьютерная школа «Машинное обучение, параллельные и гибридные вычисления и анализ больших данных». Всего в работе школы приняли участие 26 студентов и аспирантов из Словакии, Румынии и России. Опубликованы труды конференции (Web Conf. Math. Modeling and Comput. Physics (ММСР 2019) // *Eur. Phys. J.* 2020. V. 226).

30 сентября – 4 октября при участии ЛИТ прошел 27-й Международный симпозиум по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'2019).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dolbilov A. et al. // CEUR Workshop Proc. 2019. V. 2507. P. 16–22.
2. Baginyan A. et al. // CEUR Workshop Proc. 2019. V. 2507. P. 321–325.
3. Balashov N. et al. // CEUR Workshop Proc. 2019. V. 2507. P. 185–189.
4. Balashov N. et al. // CEUR Workshop Proc. 2019. V. 2507. P. 256–260.
5. Balashov N., Kutovskiy N., Priakhina D., Sokolov I. // *Eur. Phys. J. Web Conf.* “ММСР 2019”. Selected papers. 2020. V. 226. P. 03002-1–03002-4.
6. Uzhinskiy A., Ososkov G., Frontasyeva M. // *Adv. Ecol. Environ. Res.* 2019. V. 4, Iss. 6. P. 168–176.
7. Belyakov D. V. et al. // CEUR Workshop Proc. 2019. V. 2507. P. 316–320.
8. Petrosyan A., Malevanniy D. // CEUR Workshop Proc. 2019. V. 2507. P. 94–98.
9. Александров Е. И. и др. // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 3. С. 645–650.
10. Кореньков В. В., Кондратьев А. О., Бондяков А. С. // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 3. С. 573–585.
11. Kadochnikov I. S., Papoyan V. V. // CEUR Workshop Proc. 2019. V. 2507. P. 219–224.
12. Akishin P. G., Sapozhnikov A. A. // *Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science.* 2019. V. 27, No. 1. P. 60–69.
13. Akishina E., Alexandrov E., Alexandrov I., Filozova I., Gertsenberger K., Ivanov V., Priakhina D., Shestakova G. // *Eur. Phys. J. Web Conf.* “ММСР 2019”. Selected papers. 2020. V. 226. P. 03003-1–03003-4.
14. Zinchenko D. A., Nikonov E. G., Zinchenko A. I. // Компьютер. исслед. и моделирование. 2019. Т. 11, № 1. С. 87–94.
15. Baranov D., Goncharov P., Ososkov G., Shchavalev E. // *AIP Conf. Proc.* 2019. V. 2163. P. 040001-1–040001-6; <https://doi.org/10.1063/1.5130100>.

16. *Friesen A. V., Kalinovsky Yu. L., Toneev V. D.* // Phys. Rev. C. 2019. V.99. P.045201. <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.99.045201>.
17. *Uzhinsky V. V., Galoyan A.* // Book of Abstracts of the 69th Intern. Conf. “Nucleus-2019” on Nucl. Spectroscopy and Nucl. Struct. “Fundamental Problems of Nuclear Physics, Nuclei at Borders of Nucleon Stability, High Technologies”, Dubna, July 1–5, 2019. P.291; Bull. of the RAS: Phys. (submitted).
18. *Chkhaidze L., Chlachidze G., Djobava T., Galoyan A., Kharkhelauri L., Togoo R., Uzhinsky V.* // Eur. Phys. J. A. 2019. V.55, No.7. 7 p. FERMILAB-PUB-18-497-TD; arXiv:1808.02661[nucl-ex]; <https://doi.org/10.1140/epja/i2019-12674-9>.
19. *Satyshv I., Belogurov S., Kozlov M., Maurye B., Ovcharenko E., Schetinin V.* // AIP Conf. Proc. 2019. V.2163. P.060003-1–060003-6; <https://doi.org/10.1063/1.5130109>.
20. *Voytishin N. for CMS Collab.* // CEUR Workshop Proc. 2019. V.2507. P.120–124; CMS Note CR-2019/268.
21. *Yuldasheva M. B., Yuldashev O. I.* // Comp. Math. Modeling. 2019. V.30, No.3. P.267–284; doi: 10.1007/s10598-019-09453-y.
22. *Korepanova N. V., Dikusar N. D., Pepelyshev Yu. N., Dima M.* // Ann. Nucl. Energy. 2019. V.131. P.475–482.
23. *Kiselev M. A., Zemlyanaya E. V. et al.* // J. Surf. Invest.: X-ray, Synchrotron and Neutron Techn. 2019. V.13, No.1. P.111–116.
24. *Panayotova S., Bashashin M., Zemlyanaya E., Atanasova P., Shukrinov Yu., Rahmonov I.* // Eur. Phys. J. Web Conf. 2020. V.226. P.02018-1–02018-4.
25. *Veneva M., Ayriyan A.* // Stud. Comp. Intelligence. 2019. V.793. P.407–419; doi:10.1007/978-3-319-97277-0_33.
26. *Шарунов З. А. и др.* // Изв. РАН. Сер. физ. 2019. Т.83, №10. С.1306–1310.
27. *Michels D. L., Blinkov Yu. A., Gerdt V. P., Lyakhov D. A.* // J. Math. Sci. 2019. V.240, No.5. P.665–677.
28. *Kornyak V. V.* // Lecture Notes Comp. Sci. 2019. V.11661. P.300–314.
29. *Tarasov O. V.* // Theor. Math. Phys. 2019. V.200, No.2. P.1205–1221.
30. *Abgaryan V., Khvedelidze A., Torosyan A.* // J. Math. Sci. 2019. V.240. P.617–633.
31. *Gerdt V. P., Kotkova E. A., Vorob'ev V. V.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2019. V.16, No.6. P.975–984.
32. *Goncharov P., Ososkov G., Nechaevskiy A., Uzhinsky A., Nestsiarenia I.* // Stud. Comp. Intelligence. 2019. V.799. P.151–159; https://doi.org/10.1007/978-3-030-01328-8_16.
33. *Karamysheva T. et al.* // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. Sect. A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2019. V.940. P.61–65.
34. *Belov S. D., Javadzade J. N., Kadochnikov I. S., Korenkov V. V., Zrellov P. V.* // CEUR Workshop Proc. 2019. V.2507. P.469–472.
35. *Бондяков А. и др.* // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т.15, №3. С.586–595.
36. *Lukyanov V. K., Kadrev D. N., Zemlyanaya E. V., Lukyanov K. V., Antonov A. N., Gaidarov M. K.* // Phys. Rev. C. 2019. V.100. P.034602.
37. *Chuluunbaatar O. et al.* // Phys. Rev. A. 2019. V.99. P.062711; <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.99.062711>.



ЛАБОРАТОРИЯ РАДИАЦИОННОЙ БИОЛОГИИ

В 2019 г. в лаборатории продолжены исследования по теме 04-9-1077-2009/2020 «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий» по следующим направлениям: фундаментальные радиобиологические и радиационно-генетические исследования; исследования влияния ускоренных заряженных частиц на центральную нервную систему; математическое моде-

лирование радиационно-индуцированных эффектов; радиационные исследования на базовых установках ОИЯИ и в окружающей среде. Продолжены работы по теме 04-9-1112-2013/2022 «Исследование космического вещества на Земле и в ближайшем космосе; исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли».

РАДИАЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА И РАДИОБИОЛОГИЯ

Изучение структуры кластерных двунитевых разрывов ДНК при действии ионизирующих излучений разного качества. Продолжены исследования структуры кластерных двунитевых разрывов (ДР) ДНК при действии ионизирующих излучений разного качества. С этой целью проведен анализ закономерностей формирования и структуры 53BP1/OGG1-фокусов в кластерах при действии протонов (расширенный пик Брэгга), ускоренных ионов азота (ЛПЭ 181 кэВ/мкм) и γ -квантов ^{60}Co . Облучение проводили на фазотроне и γ -установке «Рокус-М» Медико-технического комплекса (МТК) ЛЯП и циклотроне У-400М ЛЯР ОИЯИ.

Использование специфичных флуоресцентных антител позволяет визуализировать белки-маркеры репарации ДР ДНК (53BP1) и белки, участвующие в репарации поврежденных оснований (OGG1). Места колокализации этих белков-маркеров представляют собой сайты формирования кластерных ДР ДНК. Выделено три группы кластеров. В первой группе количество OGG1-фокусов превышает количество 53BP1-фокусов, во второй — количество фокусов OGG1 и 53BP1 совпадает, а в третьей — OGG1-фокусов меньше, чем 53BP1-фокусов. Полученные данные свидетельствуют о том, что излучения с низким и высоким значениями линейной передачи энергии (ЛПЭ) индуцируют разные по составу кластерные ДР ДНК. Как можно видеть на рис. 1 и 2, при действии протонов и ускоренных ионов азота в ядрах фибробластов формируется значительно большее ко-

личество кластеров первой группы, чем при действии γ -квантов, на протяжении всего пострadiационного периода. Это может свидетельствовать о том, что при действии ионов азота и протонов подавляющее большинство кластеров имеет более сложную структуру и в один кластерный ДР ДНК включается несколько поврежденных оснований.

При действии γ -квантов на один ДР ДНК в кластере в среднем приходится менее одного поврежденного основания. С ростом ЛПЭ излучения характер формируемых кластеров усложняется. Отметим, что при действии ионов азота на фоне общего снижения среднего количества фокусов на клетку в пострadiационный период состав сформированных после облучения кластеров практически не меняется. При анализе структуры кластеров установлено, что для всех использованных в экспериментах видов ионизирующих излучений характерна сложная структура кластеров, состоящих из 2–3 и более индивидуальных фокусов 53BP1. Однако с увеличением ЛПЭ сложность кластеров возрастает. Так, через 4 ч после облучения ионами азота формируются максимально сложные по составу кластеры. В этом случае в отдельный кластер 53BP1-фокусов входит до 9 индивидуальных фокусов. При действии протонов и γ -квантов количество индивидуальных повреждений, входящих в состав кластера, было меньшим (5–6 индивидуальных фокусов). Отметим, что в пострadiационный период сложность кластеров возрастает и через 24 ч достигает максимума. Сходная

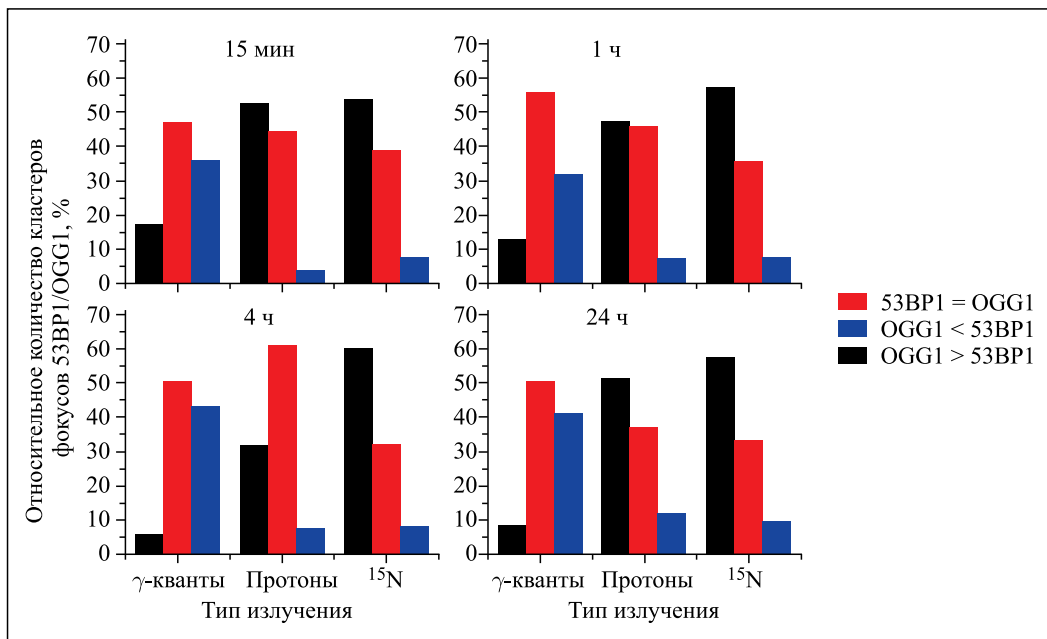


Рис. 1. Относительное количество кластеров фокусов 53BP1/OGG1 в ядрах нормальных фибробластов кожи человека через 15 мин, 1, 4 и 24 ч после облучения γ -квантами ^{60}Co , протонами в расширенном пике Брэгга и ионами ^{15}N с энергией 13 МэВ/нуклон в дозе 1,25 Гр

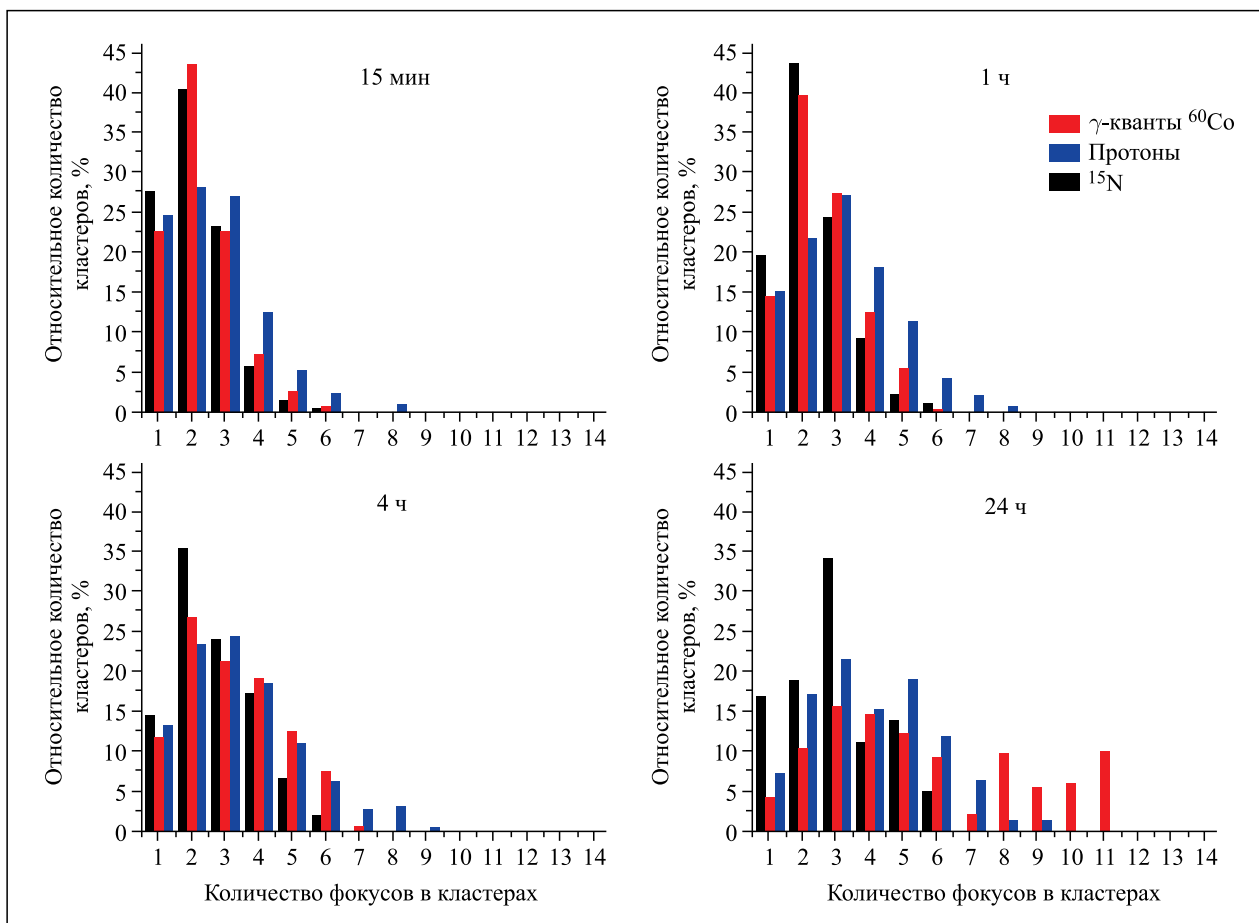


Рис. 2. Формирование кластеров фокусов 53BP1 различного состава в ядрах нормальных фибробластов кожи человека через 15 мин, 1, 4 и 24 ч после облучения γ -квантами ^{60}Co , протонами в расширенном пике Брэгга и ионами ^{15}N с энергией 13 МэВ/нуклон в дозе 1,25 Гр

картина наблюдается при анализе кластеров OGG1-фокусов. Вместе с тем для протонов и азота наблюдается усложнение формируемых кластеров: через 4 ч после облучения для протонов количество индивидуальных фокусов, входящих в состав OGG1-кластера, возрастает до 7, для ионов азота — до 11.

Кинетика формирования ДР ДНК в клетках зубчатой фасции гиппокампа крыс при действии протонов в условиях модифицирующего влияния арабинозидцитозина. Краниальному облучению протонами с энергией 150 МэВ в дозе 3 Гр подвергались самцы крыс линии *Sprague Dawley* 10-недельного возраста. Облученным животным и контрольной группе за 1–1,5 ч до облучения в хвостовую вену вводили 500 мкл изотонического раствора арабинозидцитозина (АраЦ) концентрацией 0,4 г/мл.

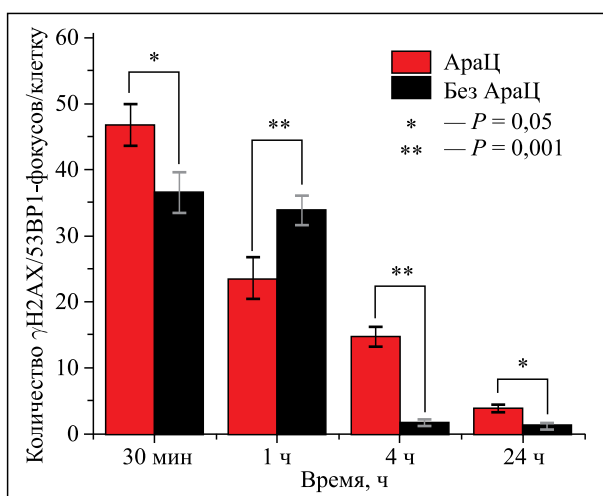


Рис. 3. Кинетика формирования и элиминации γ H2AX/53BP1-фокусов в клетках зубчатой фасции гиппокампальной формации крыс при действии протонов в дозе 3 Гр при введении АраЦ. Представлено среднее значение \pm стандартная ошибка среднего

Количественный анализ кинетики формирования и элиминации γ H2AX/53BP1-фокусов в клетках зубчатой фасции показывает, что максимальное количество ДР ДНК при введении животным АраЦ наблюдается через 30 мин после облучения (рис. 3). В пострadiационный период через 30 мин, 4 и 24 ч наблюдается достоверное увеличение количества γ H2AX/53BP1-фокусов при облучении в присутствии АраЦ по сравнению с облученным контролем без модификатора (тест Манна–Уитни, $P = 0,05$, и $0,001$). Наиболее значимые различия в количестве γ H2AX/53BP1-фокусов отмечены через 4 ч после облучения, когда количество фокусов в присутствии АраЦ шестикратно превышает количество фокусов в образцах без введения АраЦ.

Формирование и элиминация ДР ДНК в культурах нормальных фибробластов кожи и опухолевых клетках глиобластомы человека при действии протонов в условиях модифицирующего влияния АраЦ. Исследовано влияние АраЦ на частоту формирования ДР ДНК в нормальных (фибробластах) и опухолевых (глиобластомах U87) клетках человека при облучении протонами в расширенном пике Брэгга в дозе 1,25 Гр. С использованием метода иммуноцитохимического окрашивания и флуоресцентной микроскопии были визуализированы фокусы белков репарации ДР ДНК — γ H2AX и 53BP1. Анализ колокализованных γ H2AX/53BP1-фокусов показал, что в отсутствие АраЦ количество фокусов на клетку в пострadiационный период снижается в обоих типах клеточных культур, что свидетельствует об успешной репарации ДР ДНК. Однако в присутствии ингибитора синтеза ДНК снижение количества γ H2AX/53BP1-фокусов не наблюдается. Установлено, что количество фокусов в ядрах фибробластов в присутствии АраЦ через 24 ч после облучения шестикратно превышает их количество в ядрах без

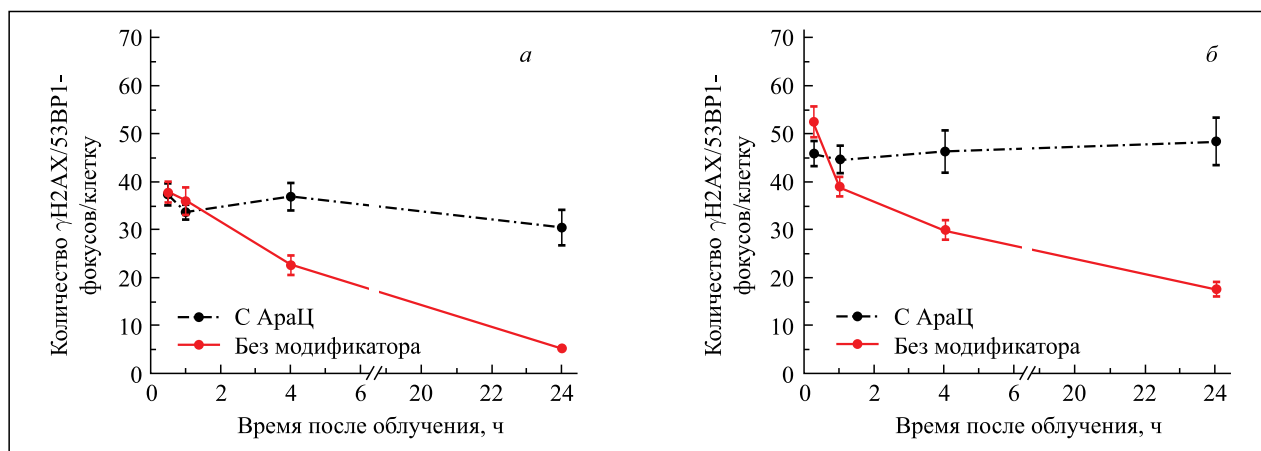


Рис. 4. Кинетика формирования и элиминации γ H2AX/53BP1-фокусов в ядрах клеточных культур фибробластов (а) и глиобластомы (б) после облучения протонами в расширенном пике Брэгга в дозе 1,25 Гр в условиях влияния АраЦ и в интактной культуре

введения модификатора и в 3 раза — в ядрах клеток глиобластомы человека (рис. 4).

Исследование формирования и элиминации ДР ДНК в клетках первичной культуры гиппокампа крыс при действии γ -квантов ^{60}Co и протонов. С целью изучения кинетики формирования ДР ДНК в клетках первичной культуры гиппокампа крыс *in vitro* при действии протонов и γ -квантов ^{60}Co были разработаны две экспериментальные модели: культу-

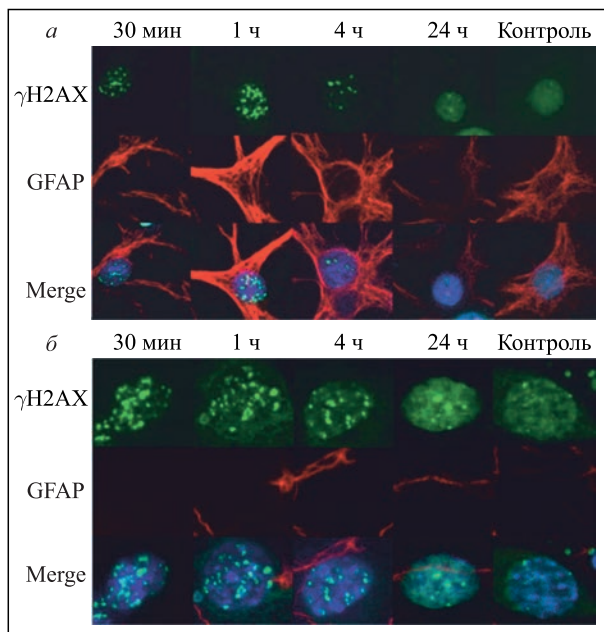


Рис. 5. *а*) Кинетика формирования γH2AX -фокусов в астроцитах интактной первичной культуры гиппокампа крыс после воздействия γ -квантов ^{60}Co в дозе 3 Гр (1000-кратное увеличение). *б*) Кинетика формирования γH2AX -фокусов в нейронах интактной первичной культуры гиппокампа после воздействия γ -квантов ^{60}Co в дозе 3 Гр (1000-кратное увеличение)

ра нейрональных клеток, полученная с использованием антимиотического агента АраЦ, и первичная культура интактных клеток гиппокампа, не подвергшаяся влиянию АраЦ и состоящая как из нейрональных, так и глиальных элементов [1]. Обнаружено, что введение АраЦ в первичную культуру гиппокампа крыс приводит к гибели значительной части популяции делящихся, не нейрональных клеток (более 90%), что было выявлено по окраске GFAP — маркера астроцитов. Исследование кинетики формирования и элиминации ДР ДНК в культуре нейрональных клеток проводили по колокализованным белкам-маркерам репарации ДНК — γH2AX и 53BP1 — с использованием метода непрямого иммуноцитохимического окрашивания. В интактной культуре анализ проводили по одному белку в сочетании с белками-маркерами типа клеток-астроцитов (GFAP-маркер), зрелых нейронов (MAP2-маркер). Белки-маркеры GFAP и MAP2 относятся к белкам цитоскелета. Установлено, что при действии γ -квантов ^{60}Co в культуре нейронов количество радиационно-индуцированных фокусов (РИФ) $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ достигает максимума через 1 ч после облучения и впоследствии снижается. Однако через 24 ч после облучения остается значительный уровень РИФ, статически достоверно отличающийся от контроля (тест Манна–Уитни, $P = 0,05$). При исследовании кинетики формирования γH2AX -фокусов в астроцитах максимум выхода фокусов приходится на первый час после облучения. Качественный анализ изображений зрелых нейронов гиппокампа при действии протонов показывает, что РИФ формируются в значительном количестве уже в первые минуты после облучения, однако достигают максимума через 30 мин – 1 ч после облучения. Затем, постепенно снижаясь, уровень РИФ остается значительным даже через 48 ч после облучения (рис. 5 и 6).

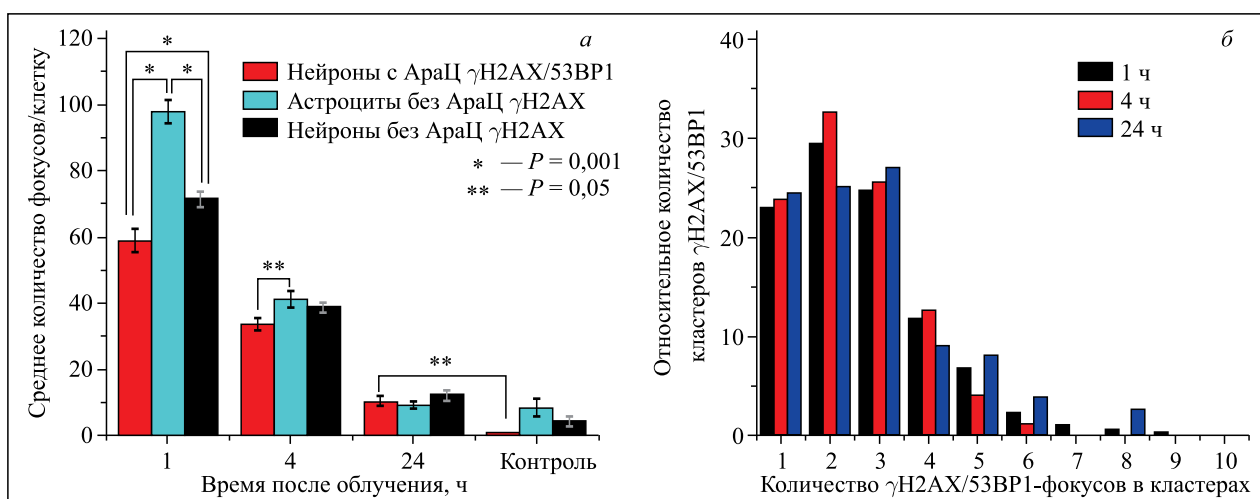


Рис. 6. *а*) Сравнительный анализ кинетик формирования $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ -фокусов в культуре нейрональных клеток и γH2AX -фокусов в нейронах и астроцитах интактной первичной культуры гиппокампа крыс. *б*) Формирование кластеров фокусов $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ в культуре нейрональных клеток после воздействия γ -квантов ^{60}Co в дозе 3 Гр

Исследование влияния протонов в присутствии АраЦ на кинетику формирования привитой животным опухоли меланомы. Продолжены исследования нового метода повышения эффективности протонов для лечения опухолевых заболеваний *in vivo* [2, 3]. Группе животных (мышам) была привита опухоль меланомы. Опухоли животных подвергались облучению протонами в пике Брэгга с предварительным введением АраЦ или без него. Контроль-

ные необлученные животные погибли на 30-е сутки в результате развития опухолевого процесса (рис. 7). На 40-е сутки обе группы облученных животных оставались живы.

Размеры опухоли меланомы у облученных животных с введением АраЦ и без него резко различались. В группе облученных животных с введением АраЦ они были в ~ 3 раза меньшими, чем в группе облученных лишь одними протонами.

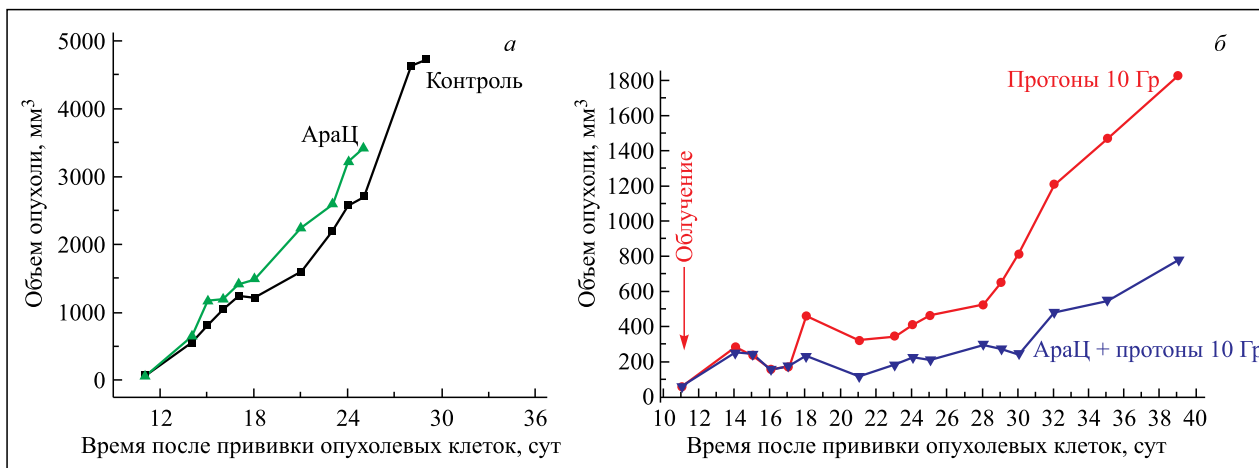


Рис. 7. Кинетика роста опухоли меланомы у мышей: а) необлученный контроль; б) облучение протонами в пике Брэгга в дозе 10 Гр

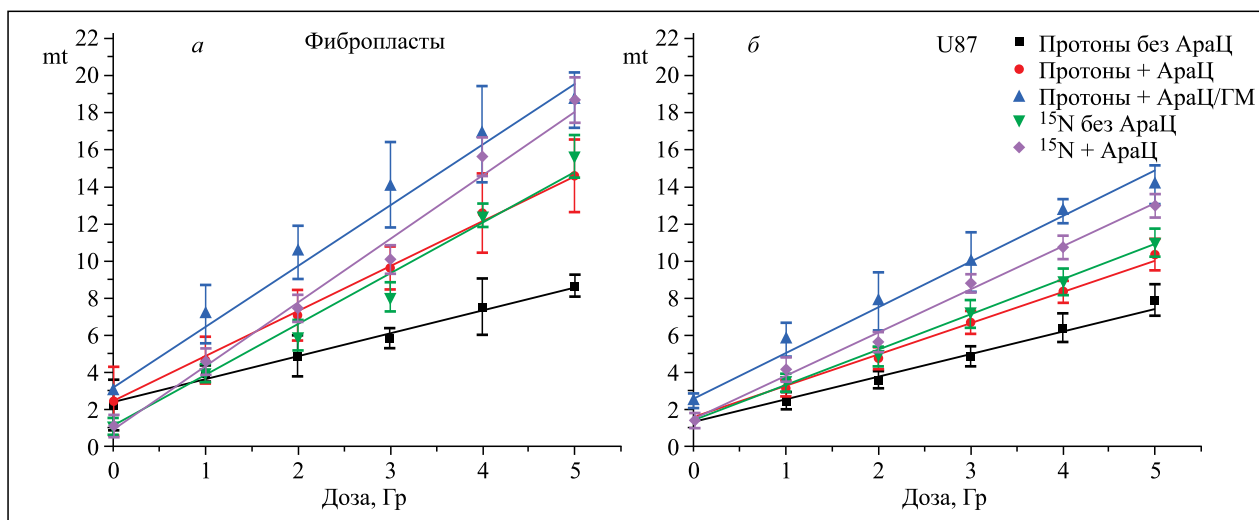


Рис. 8. Дозовая зависимость изменения параметра mt при облучении протонами и ускоренными ионами ^{15}N в нормальных условиях (а) и в условиях влияния ингибиторов АраЦ и АраЦ/ГМ (б)

Исследование формирования и элиминации ДР ДНК в нормальных и опухолевых клетках в условиях влияния АраЦ при облучении ускоренными протонами и ионами азота. С использованием метода ДНК-комет изучены закономерности формирования ДР ДНК в культуре нормальных фибробластов человека и глиобластомы U87 в условиях модифицирующего влияния ингибиторов репарации ДНК — АраЦ и гидроксимочевины (ГМ) при дей-

ствии протонов в пике Брэгга и ускоренных ионов ^{15}N (ЛПЭ 85 кэВ/мкм). На рис. 8 представлены дозовые зависимости индукции ДР ДНК. Как можно видеть, для всех использованных типов излучений наблюдается линейный характер выхода поврежденных ДНК. С увеличением ЛПЭ излучения отмечено возрастание эффективности индукции ДР ДНК. Также показано, что количество формируемых при облучении всеми типами использованных излучений

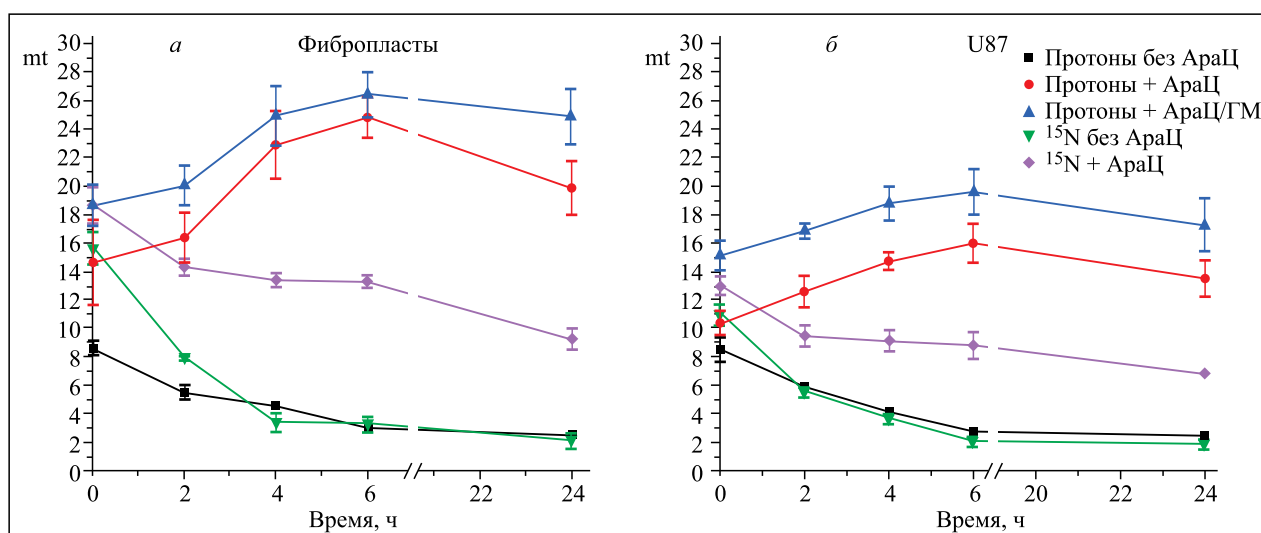


Рис. 9. Кинетика формирования и элиминации ДР ДНК в клетках фибробластов и U87 при облучении протонами и ускоренными ионами ¹⁵N в нормальных условиях (а) и в условиях модифицирующего влияния АраЦ и АраЦ/ГМ (б)

ДР ДНК в условиях влияния АраЦ достоверно возрастает. В условиях влияния комплекса модификаторов — АраЦ и ГМ — выход ДР ДНК увеличивается. При облучении ускоренными ионами азота модифицирующее влияние ингибиторов репарации снижается как для фибробластов, так и для клеток глиобластомы U87.

Изучена кинетика репарации ДР ДНК в условиях влияния радиомодификаторов (рис. 9). Показано, что в нормальных условиях элиминация повреждений реализуется по экспоненциальной кинетике и через 6 ч практически заканчивается. В условиях влияния ингибиторов кинетика репарации зависит от типа излучения. Так, при облучении протонами наблюдается не снижение количества индуцируемых ДР ДНК, а наоборот, их значительное возрастание вплоть до шестого часа пострадиационной инкубации, и только через 24 ч происходит некоторое снижение количества повреждений. После облучения ускоренными ионами азота с ЛПЭ, равной 85 кэВ/мкм, количество ДР ДНК незначительно снижается, но при этом уровень неотрепарированных повреждений даже через 24 ч остается практически в 3–4 раза выше, чем при нормальных условиях. Так же как и для дозовой зависимости, дополнительное использование ГМ приводит к увеличению выхода повреждений в фибробластах и клетках глиобластомы U87.

Цитогенетический анализ повреждений хромосомом в клетках млекопитающих и человека. Новый эффективный метод анализа хромосом человека и животных multicolor Fluorescent *in situ* Hybridization (mFISH), внедренный в ЛРБ в 2018 г., позволяет идентифицировать каждую пару хромосом человека (22, X, Y), мышей (20, X, Y), крыс и других животных и оценивать все типы хромосомных перестроек, включая симметричные наследуемые аберрации —

транслокации, а также комплексные аберрации хромосомом [4]. Первоочередной задачей являлась оценка методом mFISH относительной биологической эффективности (ОБЭ) протонов с энергией 150 МэВ и в расширенном пике Брэгга на пучке, используемом для облучения опухолей в МТК ЛЯП ОИЯИ. Применение новых методов оценки повреждений, индуцированных излучением, может снизить неопределенности в соотношении ОБЭ–ЛПЭ для протонов.

Анализ хромосомных аберраций, индуцированных в лимфоцитах крови человека γ -квантами ⁶⁰Co, протонами с энергией 150 МэВ (p_e) и протонами в расширенном пике Брэгга (p_p) в дозах 2–3 Гр (ранее пробы анализировались стандартным метафазным методом, при котором ОБЭ протонов с энергией 150 МэВ (p_e) достоверно не отличалась от единицы [5, 6]), а также ускоренными ионами азота в дозе 1 Гр (ЛПЭ 71 кэВ/мкм, облучение проводилось на циклотроне У-400М ЛЯР ОИЯИ), выявил большую эффективность корпускулярных излучений по индукции комплексных хромосомных аберраций по сравнению с фотонным излучением. Так, доля разрывов, участвующих в комплексных аберрациях, в общем числе разрывов составила 27, 37, 42 и 70 % для 3 Гр γ , p_e , p_p и 1 Гр ¹⁵N соответственно. Относительный дозовый эффект (ОДЭ) составил $1,40 \pm 0,16$, $1,58 \pm 0,17$ и $9,68 \pm 4,10$ для 3 Гр p_e и p_p и 1 Гр ¹⁵N. Важным показателем кластерности повреждений ДНК при облучении частицами является не только количество, но и сложность комплексных аберраций, которая характеризуется, например, средним числом разрывов на комплекс (рис. 10). Это число очень близко для обоих пучков протонов (4,4 (p_e) и 4,5 (p_p)) и значительно превышает показатель для γ (3,5). ОДЭ для 3 Гр составляет $1,25 \pm 0,11$ и $1,28 \pm 0,11$ для p_e и p_p соответственно.

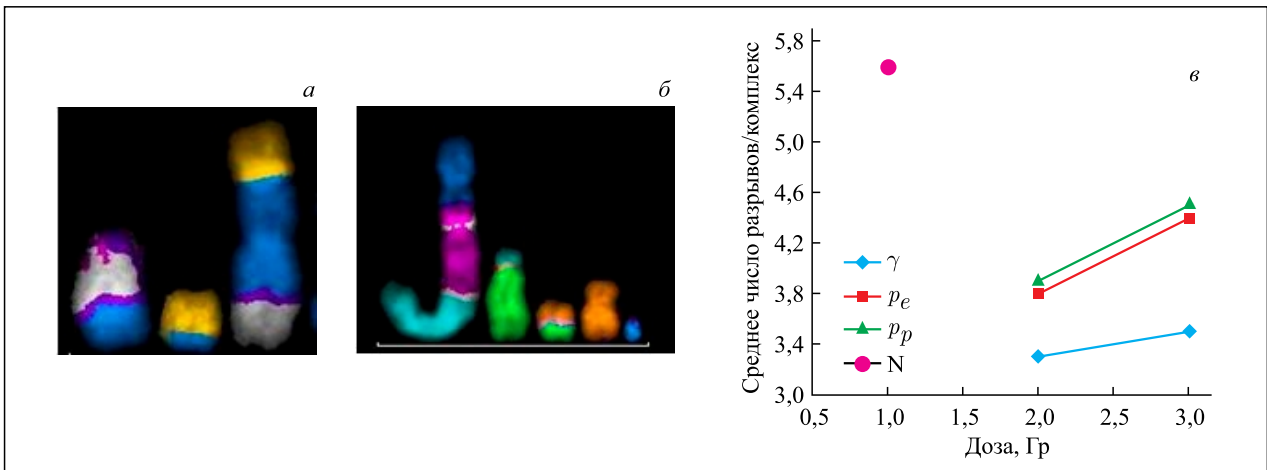


Рис. 10. Среднее число разрывов на комплексную абберацию, индуцированную пучками протонов p_e и p_p , γ -излучением (доза 3 Гр) и ионами азота (доза 1 Гр): *a*) пример типичной комплексной абберации, индуцированной γ -квантами ^{60}Co (3 разрыва/комплекс); *б*) пример типичной комплексной абберации, индуцированной протонами (4–5 разрывов/комплекс)

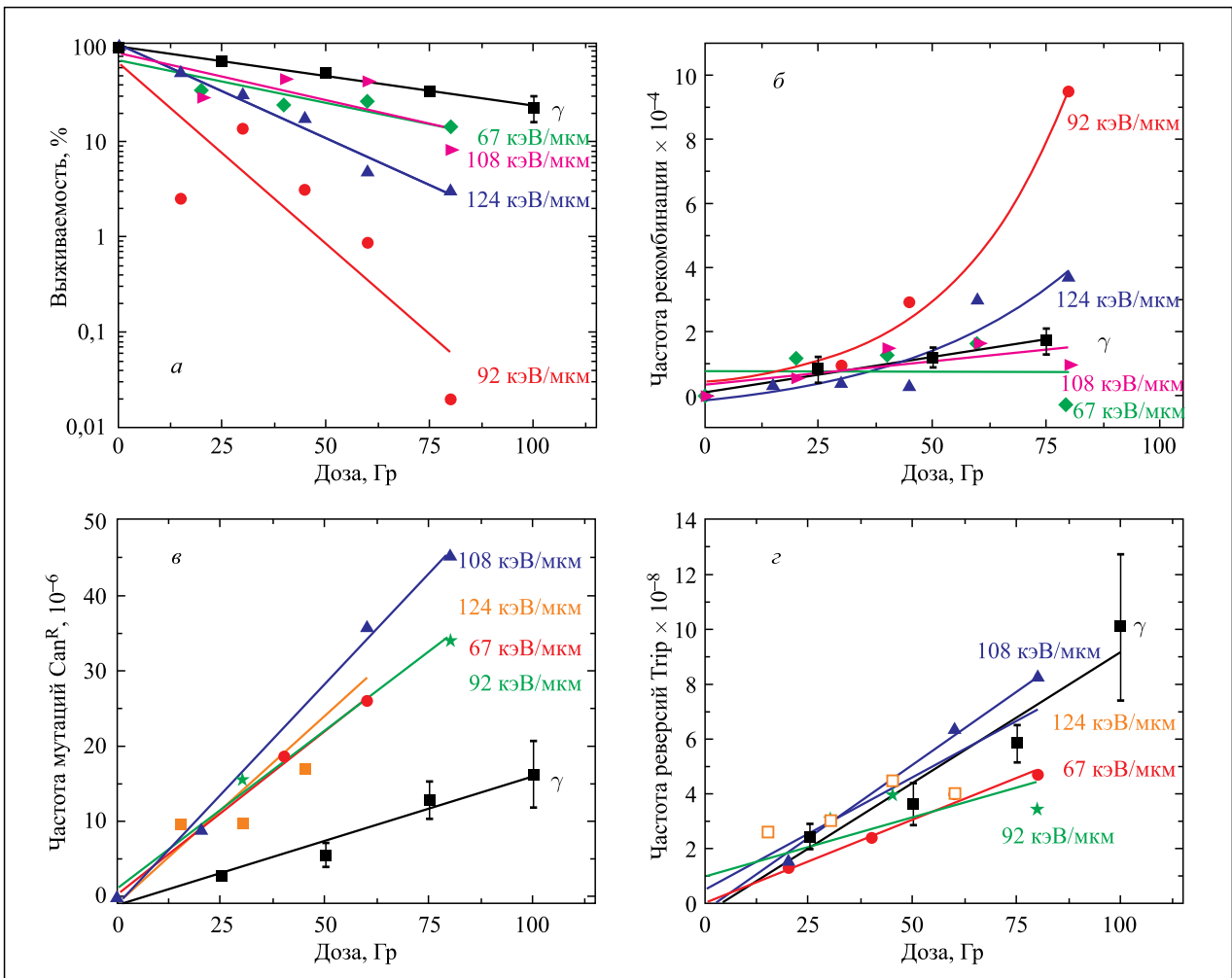


Рис. 11. Выживаемость (*a*), частота рекомбинаций (*б*) и мутаций (*в*, *г*) у гаплоидных клеток дрожжей, облученных ускоренными ионами азота с разными ЛПЭ

Таким образом, данные, полученные методом mFISH, свидетельствуют о более высокой биологической эффективности корпускулярных излучений по сравнению с фотонным, в основе которой лежит более высокая комплексность возникающих хромосомных нарушений. Соответственно, ОДЭ протонов значительно превышает единицу, которая ранее была получена стандартным метафазным анализом.

Генетические эффекты, индуцированные ионизирующим излучением у модельного одноклеточного эукариотического организма (дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*). Продолжено исследование закономерностей радиационно-индуцированных мутационных событий различной молекулярной природы на модельном организме одноклеточных эукариот [7]. Проведено облучение клеток нескольких тестерных штаммов дрожжей ионами азота с ЛПЭ 67, 92, 108 и 124 кэВ/мкм. Максимальный летальный эффект наблюдался при ЛПЭ 92–108 кэВ/мкм (рис. 11, а). В этом же диапазоне была максимальной частота рекомбинации (рис. 11, б). Поскольку эти два события связаны с индукцией ДР ДНК, то пики совпадают. Показано, что дозовая зависимость частоты прямых мутаций в гене *can1*, а также замены пар оснований (транзиции ГЦ-АТ) описываются линейными функциями. При этом ускоренные ионы более эффективно индуцируют генные прямые мутации, чем редкоизирующее γ -излучение. В то же время не на-

блюдается зависимости от ЛПЭ для частоты мутаций замены пар оснований.

Поскольку прямые мутации могут возникать вследствие любых мутаций, повреждающих ген *can1* (мутации замены пар оснований, выпадения одного или нескольких нуклеотидов, множественные мутации), проводится анализ нуклеотидной последовательности мутантных аллелей гена. Получены предварительные данные, свидетельствующие, что в необлученных культурах преимущественно возникают мутации замены пар оснований, а при облучении ускоренными ионами азота сильно возрастает доля множественных мутаций [8].

Продолжен анализ структуры фосфатазы человека, участвующей в метаболизме пуринов и контроле генетической стабильности. Проведено молекулярное моделирование фосфатазы Pro32Thr-hITPA, а именно четырех вариантов димеров: гомодимеров дикого типа (P32/P32) и мутантного (T32/T32), а также двух гетеродимеров (P32/T32 и T32/P32). При сравнении 20-нс структур не выявлено критического смещения мутантной петли между $\alpha 2$ и $\beta 2$, где локализована мутация, и выпячивания соседнего гидрофобного остатка Phe31. Таким образом, гипотеза о сигнальном гидрофобном остатке и последующей деградации белка не подтвердилась. Однако было обнаружено, что смещение мутантного димера превышает смещение отдельных субъединиц [9].

РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И НЕЙРОХИМИЯ

Исследование морфофункциональных показателей и поведенческих реакций животных при действии ионизирующих излучений разного качества. Продолжено исследование морфофункциональных показателей воздействия протонов на центральную нервную систему лабораторных животных. В экспериментах на мышах линии ICR (CD-1) установлено, что в период 1-е–8-е сутки после облучения мышей протонами с энергией 70 МэВ (протоны на выходе из замедлителя) в нелетальных дозах (0,5–5,0 Гр) происходит дозозависимое снижение основных показателей спонтанной двигательной активности грызунов (рис. 12). В то же время в экспериментах на крысах линии *Sprague Dawley* при облучении протонами с энергией 170 МэВ в дозе 1 Гр через 90 сут после облучения отмечается нормализация показателей ориентировочно-исследовательской реакции (ОИР) и эмоционального статуса (ЭС) во всех группах облученных животных по сравнению с контролем (таблица). Нарушение двигательной активности облученных протонами грызунов в ранний период и ее относительная нормализация в отдаленный после облучения период происходят на фоне

увеличенного числа морфологически измененных и дистрофических нейронов в гиппокампе и разреженности клеток Пуркинье в мозжечке (рис. 13). Это указывает на необходимость комплексного физиологического, морфологического и нейрохимического подходов при анализе радиобиологического эффекта воздействия корпускулярных излучений с учетом неравномерности дозового распределения [10].

Проведена оценка оптомоторного рефлекса и зрительного поведения крыс после облучения головы животных протонами с энергией 170 МэВ в дозе 5 Гр. Краниальное воздействие протонами на животных не привело к статистически значимому снижению оптомоторного ответа (отношения корректных и некорректных поворотов головы) у крыс на 30-е и 90-е сутки после облучения. Вместе с тем в отдаленный период после облучения были обнаружены статистически значимые изменения в зрительном поведении облученных животных [11]. Установлено, что на 90-е сутки наблюдений время пребывания головы животного в области, в которой оно способно сосредоточить внимание на визуальном стимуле, у облученных животных меньше (рис. 14).

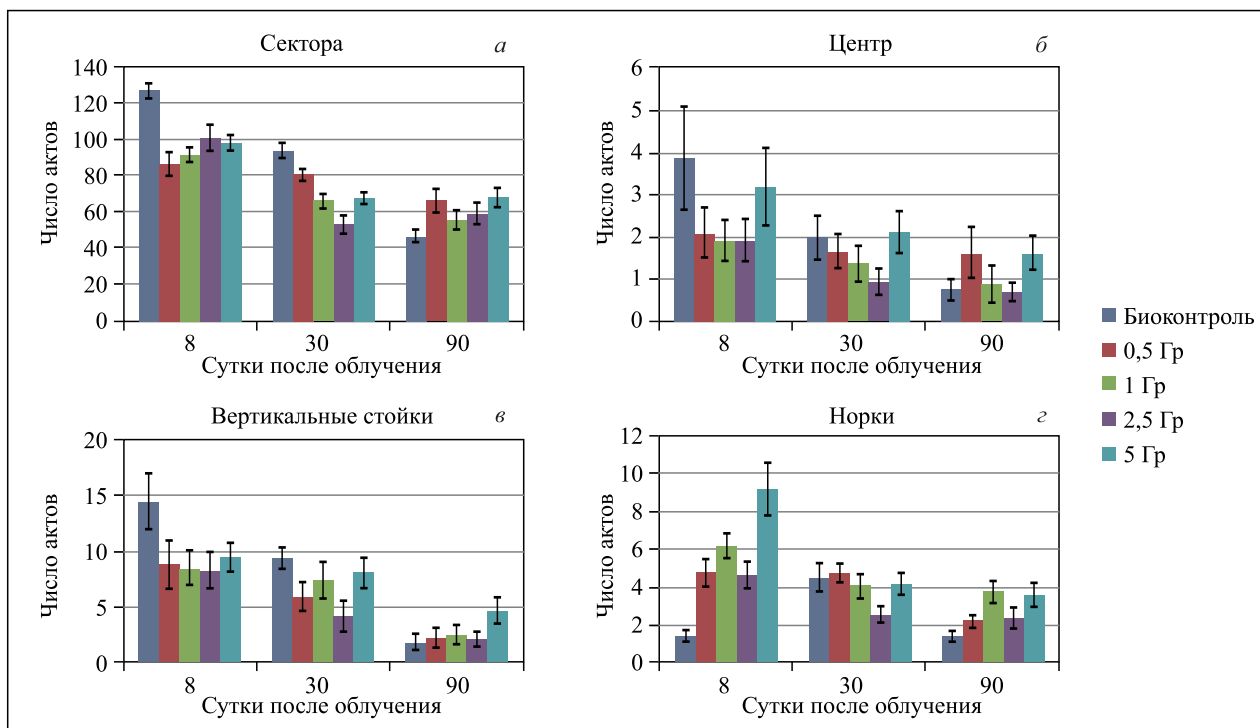


Рис. 12. Показатели (число актов за 3 мин) ОИР мышей-самок ICR CD-1 после облучения протонами с энергией 70 МэВ в дозах 0,5–5 Гр

Показатели неврологического статуса крыс-самцов *Sprague Dawley* на 90-е сутки после облучения протонами с энергией 170 МэВ в дозе 1 Гр (число актов за 1–3 и 4–6 мин)

Группа	Количество животных	Время тестирования, мин	ОИР	ЭС
Облученные	10	1–3	57,7 ± 6,1	2,7 ± 0,7
Контроль	10		35,3 ± 7,5	2,0 ± 0,3
Облученные	10	4–6	41,3 ± 5,3	3,4 ± 0,5
Контроль	10		18,8 ± 2,7	3,1 ± 0,4

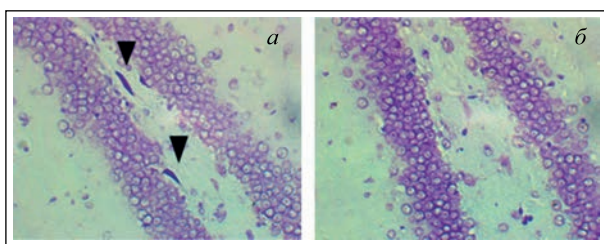


Рис. 13. Морфологические изменения нейронов в полиморфном хилусе гиппокампа облученных протонами с энергией 170 МэВ в дозе 1 Гр (а) и необлученных (б) крыс. Черными стрелками отмечены нейроны с дистрофическими изменениями (400-кратное увеличение)

Исследование воспалительной реакции в культуре микроглиальных клеток мозга мыши SIM-A9 при действии ионизирующих излучений разного качества. Активация микроглиальных клеток мозга рассматривается в качестве одной из основных при-

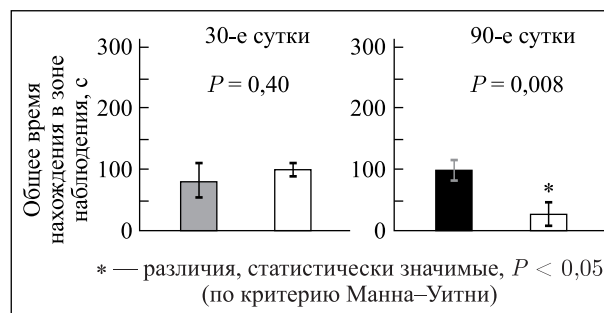


Рис. 14. Среднее значение общего времени пребывания головы животного в зоне наблюдения при низком значении контраста визуального стимула ($k = 0,5$) после краниального облучения протонами в дозе 5 Гр

чин развития когнитивных расстройств у млекопитающих, подвергшихся облучению ионизирующими излучениями. Их активация сопровождается воспалительной реакцией, вызванной секрецией данными клетками целого ряда провоспалительных цитоки-

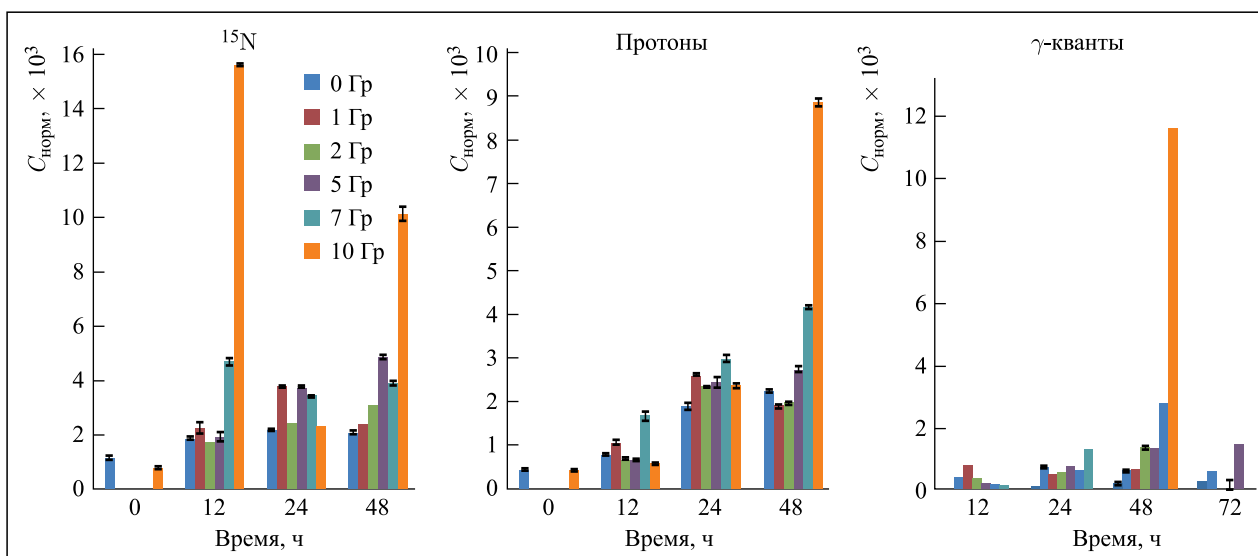


Рис. 15. Зависимость продукции МСР-1 от времени пострадиационного культивирования клеток при разных типах излучения ($C_{\text{норм}}$ — концентрация цитокина, нормированная на фиксированное число клеток)

нов, хемокинов и активных форм кислорода, что приводит к окислительному стрессу, нарушению нейrogenного сигналинга и ингибированию нейрогенеза.

Исследована воспалительная реакция в культуре микроглиальных клеток мозга мыши SIM-A9 при действии ионизирующих излучений разного качества: γ -квантов ^{60}Co , протонов в расширенном пике Брэгга и ускоренных ионов азота ^{15}N (ЛПЭ ~ 180 кэВ/мкм) при дозах 1–10 Гр. В качестве маркеров воспалительных процессов использовали концентрацию воспалительных цитокинов IL-1 β , IL-6 и МСР-1 в супернатантах. Измерения проводились в разные сроки после облучения. Выявлено, что радиационное воздействие стимулирует в культуре микроглиальных клеток продукцию цитокинов IL-6 и МСР-1. Продукция цитокина IL-1 β не обнаружена.

Концентрация IL-6 и МСР-1 возрастала с увеличением дозы облучения и сроков пострадиацион-

ного культивирования клеток (рис. 15). При максимальной использованной дозе облучения (10 Гр) концентрация цитокинов возрастала от 3 до 6 раз относительно контрольного уровня в зависимости от типа излучения. Статистически значимое увеличение концентрации МСР-1 по сравнению с контролем наблюдалось при дозах 2, 5 и 10 Гр для ионов, протонов и γ -квантов соответственно. Для IL-6 эти значения составили 1 Гр для ионов и 5 Гр для протонов в расширенном пике Брэгга, облучение γ -квантами никакого существенного влияния на выход IL-6 не имело. Эти данные свидетельствуют о том, что патологические изменения в микроглии мозга могут происходить при воздействии относительно низких доз тяжелых заряженных частиц, которые не оказывают сколько-нибудь заметного влияния на микроглиальные клетки при действии γ -квантов и протонов.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ

Продолжено моделирование структуры треков ускоренных заряженных частиц с различными характеристиками и процессов индукции первичных молекулярных повреждений. Разработаны упрощенные модели отдельных нейронов и нейронных сетей при моделировании структуры треков частиц для изучения изменения активности нейронных сетей различных отделов головного мозга, преимущественно гиппокампа и префронтальной коры, в результате действия тяжелых заряженных частиц. С использованием упрощенных и сложных (реальных) моделей нейронов разработана полная модель гиппокампа крыс при облучении. Для каждой модели нейрона определены клеточное тело (сома), содержащее ядерную ДНК, аксон и дендриты с распределенными на

них шипиками и синапсами. С помощью моделирования методом Монте-Карло в пакете Geant4 получено распределение событий энерговыделения, поглощенной дозы и продуктов радиолитиза воды в нейронах гиппокампа различной морфологии (пирамидальных нейронах, зрелых и незрелых гранулярных клетках, мшистых клетках, нервных стволовых клетках) и образуемых ими нейронных сетях при облучении заряженными частицами с различными физическими характеристиками. Проведено моделирование формирования и кластеризации молекулярных повреждений ДНК в нервных клетках различной морфологии с учетом процессов радиолитиза после радиационного поражения (рис. 16). Расчетные данные по выходу кластерных повреждений ДНК, возникающих

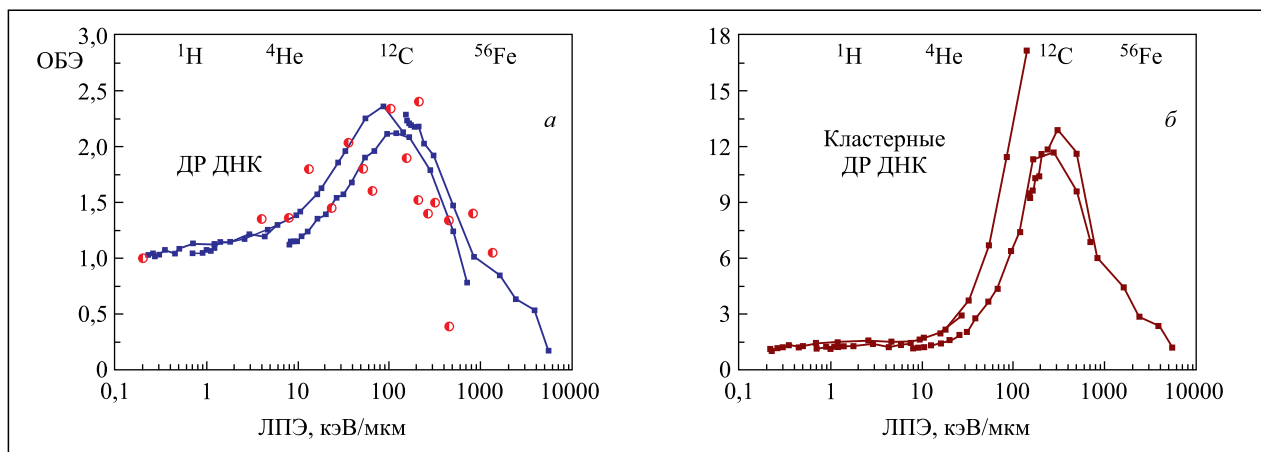


Рис. 16. Зависимость ОБЭ от ЛПЭ заряженных частиц по критерию индукции ДР (а) и кластерных ДР ДНК (б): сравнение результатов моделирования (линии с символами) и экспериментальных данных (крупные точки)

при прохождении через клетку тяжелых заряженных частиц, использованы для вычисления ОБЭ тяжелых заряженных частиц в зависимости от увеличения их ЛПЭ. ОБЭ оценивалась по критерию индукции двунитевых разрывов и кластерных двунитевых разрывов ДНК на клетку на единицу поглощенной дозы излучения (рис. 16, б). В этом случае выявлено удовлетворительное согласие между результатами моделирования и экспериментальными данными косвенного воздействия на гибель клеток [12–17].

Разработана математическая модель, описывающая радиационные изменения в клеточных популяциях, участвующих в нейрогенезе, и влияние этих изменений на обработку информации гиппокампом (рис. 17, а). Результаты моделирования показали, что тяжелые ионы могут вызывать необратимое подавление нейрогенеза, что сопровождается ошибками кодирования и извлечения информации с помощью нейронных сетей гиппокампа (рис. 17, б). Таким образом, комплексные методы моделирования позволяют интерпретировать влияние радиационных эффектов на функционирование нейронных сетей [18].

Продолжены исследования по разработке модели области СА3 гиппокампа. Построена математическая и компьютерная модель, содержащая в общей сложности 1200 нервных клеток с использованием программной среды Neuron. На основе данной модели произведен расчет возникновения синхронных нейронных осцилляций, вносящих вклад в формирование γ - и θ -ритмов. На примере ионотропного рецептора глутамата NMDA, который играет ключевую роль в регуляции синаптической пластичности, обучении и формировании различных видов памяти, проведено молекулярно-динамическое моделирование процесса активации полноатомной структуры рецептора NMDA на базе пакета NAMD (рис. 18, а).

Рассмотрено влияние одиночных и двойных точковых мутаций, а также структурной мутации (делеции) на структуру ионного канала и на функционирование нейронной сети в целом. Максимальная ионная проводимость полностью активированного канала меняется незначительно между нативным вариантом и рассмотренными формами с точковыми мутациями, но сильно уменьшается в случае делеции.

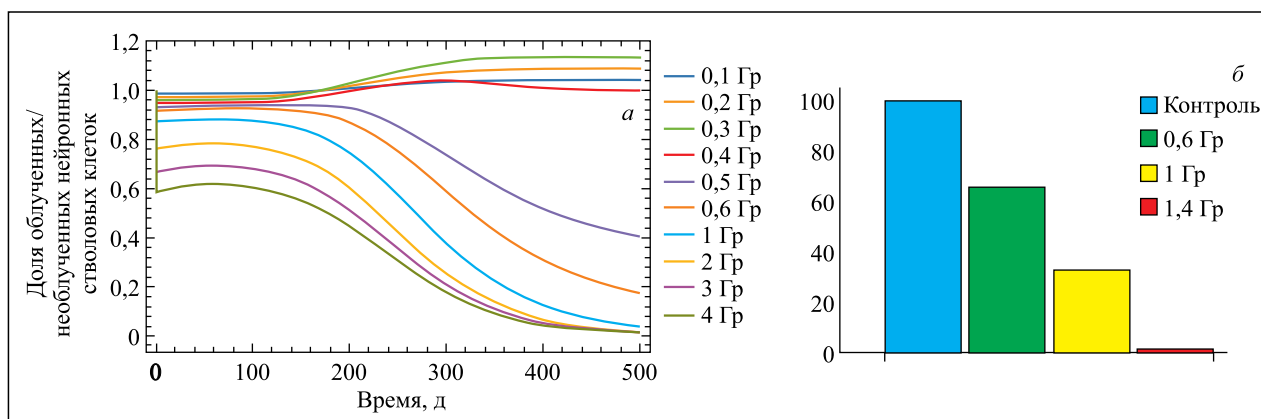


Рис. 17. Моделирование нейрогенеза гиппокампа после острого облучения ионами железа с энергией 600 МэВ/нуклон в различных дозах: а) динамика популяции стволовых клеток; б) процент успешности извлечения паттерна, рассчитанный по активности нейронной сети после облучения

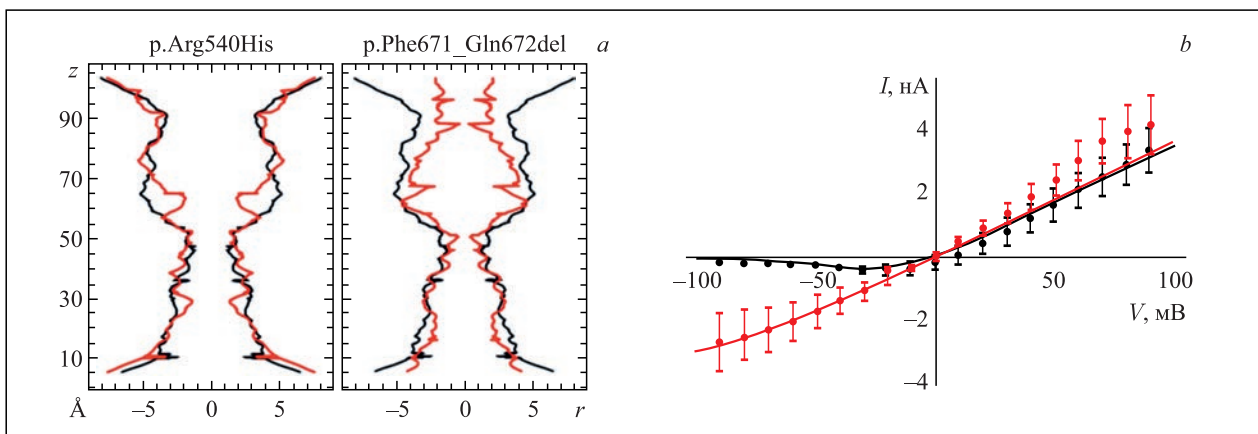


Рис. 18. Эффекты мутаций в гене GRIN2, кодирующем субъединицы синаптического рецептора NMDA: а) геометрия ионного канала для точковой мутации p.Arg540His и делеции p.Phe671_Gln672del (красный цвет) относительно нативного варианта (черный); б) сравнение расчетных (кривые) и экспериментальных (точки, по данным Fedele L. et al. 2018) вольт-амперных характеристик NMDA-рецептора в случае нативного варианта (черный) и точковой мутации p.Asn615Leu (красный)

Это соответствует электрофизиологическим измерениям, выполненным Феделе и др. (Fedele L. et al. // Nat. Commun. 2018. V.9. P.957) (рис. 18, б). Снижение времени активации вариантов p.Arg540His и p.Asn615Leu может также влиять на кинетику рецептора. Оценка макроскопического времени открытия/закрытия рецептора NMDA выходит за рамки примененного молекулярно-динамического метода, что требует расширения возможностей модели.

Предложенный модельный подход позволяет оценить влияние мутаций в генах нейронов гиппокампа на состояние синаптических рецепторов. Данный подход опробован на известных из эксперимента эффектах от мутаций в трансмембранном домене, приводящих к эпилептическим расстройствам. По характеру активности нейронной сети и соответствующей электроэнцефалограмме можно судить о макроскопическом эффекте конкретного типа мутаций [19–24].

ФИЗИКА ЗАЩИТЫ И РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В течение 2019 г. проведены два эксперимента на циклотроне ЛЯР У-400М с пучками ионов ^{15}N с начальной энергией 46 МэВ/нуклон. Осуществлена частичная модернизация установки «Геном» с заменой электромотора на шаговый двигатель и изменением интерфейса программы. Большое количество облучений образцов клеточных культур и лабораторных животных было проведено на медицинском пучке фазотрона ЛЯП (с энергией протонов 150–170 МэВ и в пике Брэгга) и в поле γ -квантов ^{60}Co облучательной установки «Рокус-М».

Выполнена градуировка многосферного спектрометра нейтронов (сферы 3'', 5'', 8'', 10'', 12'', 10''+Pb) с источником ^{252}Cf в условиях открытой геометрии. Для этой цели на стенде ДАН была собрана установка для градуировки на высоте 2,32 м над уровнем грунта и изготовлен гетерогенный теневой конус. Обобщен опыт спектрометрии нейтронов в широком диапазоне энергий в рассеянных полях на установках ОИЯИ [25].

Завершена работа по оценке эффективной дозы для астронавтов внутри обитаемого модуля космического аппарата от галактического космического излучения при полетах к Марсу [26]. Оценка эффек-

тивных доз для астронавтов проведена на основе детальных расчетов поля смешанного излучения внутри модуля [27] и предложенных коэффициентов конверсии флюенс – эффективная доза для когорты лиц, близкой к астронавтам [28].

Завершена многолетняя работа по расчету радиационной обстановки в окружающей среде вокруг ускорительного комплекса NICA с учетом всех возможных радиационных источников (инжекционного комплекса, бустера, нуклотрона, коллайдера, установок MPD, SPD и BM@N в корпусе №205) при заданных потерях пучков и временных режимах работы комплекса [29]. Расчеты выполнены с помощью универсальных программ транспорта излучений в веществе методом Монте-Карло Geant4, MCNPX, FLUKA. Показано, что при заданных проектных условиях радиационная обстановка вокруг комплекса будет удовлетворять нормативным требованиям по радиационной безопасности.

Предложена конструкция и выполнены расчеты энергетической чувствительности дозиметра нейтронов в диапазоне энергий 10^{-4} МэВ – 1 ГэВ для зонного радиационного контроля на комплексе NICA [30].

В рамках сотрудничества с Институтом космических исследований на стенде ДАН с радионуклидными источниками нейтронов и нейтронными генераторами проводилось тестирование приборов FRENД (Fine Resolution Epithermal Neutron Detector — детектор эпитепловых нейтронов высокого разрешения) и АДРОН для миссий «Экзо-Марс», «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс». Предложена схема

эксперимента по проверке метода меченых протонов на медицинском пучке фазотрона ЛЯП, подготовлена тестовая установка, выполнены эксперименты по исследованию эффективности измерения характеристического γ -излучения от планетарного грунта посадочными аппаратами в условиях большого фона [31, 32].

ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ЗЕМЛЕ И В БЛИЖАЙШЕМ КОСМОСЕ

Продолжено исследование процессов формирования сложных пребиотических соединений из более простых. Проведен ряд экспериментов по абиотическому фосфорилированию компонентов ДНК и РНК [33]. Исследована возможность формирования пребиотических соединений в результате процессов серпентинизации, происходивших в архее. Данные исследования указывают на возможность геохимического происхождения сложных органических молекул. При облучении протонами с энергией 150 МэВ смеси насыщенного щелочного раствора кремнезема и формамида выявлена высокая каталитическая активность минералов, формирующихся в данной смеси. Обнаружено образование различного вида органических молекул, включая нуклеиновые основания.

Проведены новые микропалеонтологические исследования метеоритов (углистых хондритов Оргей, Мурчисон, Полоннарува и др.) с использованием сканирующего электронного микроскопа. В метеорите Оргей обнаружены фоссилизованные бакте-

рии палочковидной и коккоидной форм, диатомовые водоросли, празиофиты, пыльцеподобные формы, а также шарообразные формы с отростками (предположительно, акритархов), раковинные амебы и нитевидные формы наподобие актиномицетов. Кроме того, в данном метеорите найдены удлинённые, богатые титаном объекты, сходные со спикулами губок (рис. 19).

Ряд находок точно интерпретировать не удалось, но форма объектов, без сомнения, указывает на их биологическое происхождение.

База метеоритов пополнена новыми образцами: Мюррей (США), Агуас Заркас (Коста-Рика), Мукундура (Индия), Татуин (Тунис), Мигей (Украина). Проведены первые исследования новых образцов. В метеорите Полоннарува найдено множество панцирей диатомей, а также бактерий нитевидных форм. В метеорите Агуас Заркас обнаружены нитевидные формы, напоминающие актиномицеты и цианобактерии. В метеорите Мурчисон были найдены празиофиты [34, 35].

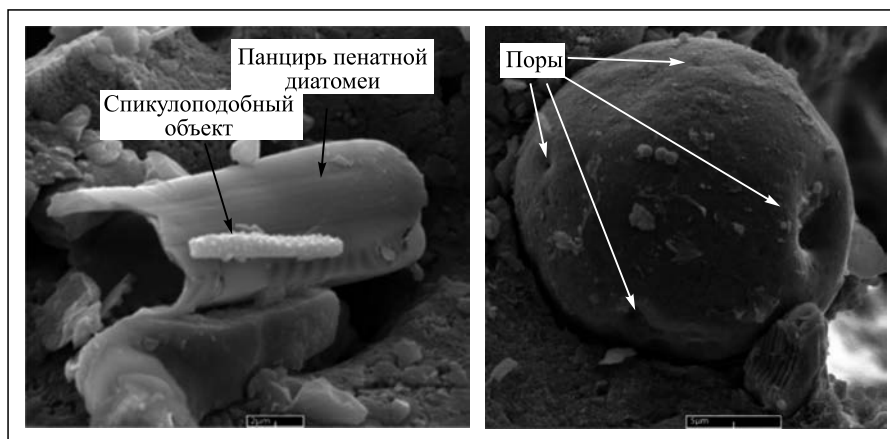


Рис. 19. Панцирь пенатной диатомеи, спикула губки (предположительно) и фоссилизованный празиофит в метеорите Оргей

КОНФЕРЕНЦИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

В течение 2019 г. сотрудники лаборатории приняли участие в 10 научных конференциях в России и 5 конференциях, проходивших в различных странах мира. Совместно с Научным советом РАН

по радиобиологии проведены конференции «Современные вопросы радиационной генетики», «Радиобиологические основы лучевой терапии». В работе конференций приняли участие более 180 ученых из

институтов и научных организаций России, Италии, Монголии, США, Словакии и Чехии.

Продолжался учебный процесс на кафедре биофизики университета «Дубна». В настоящее время на кафедре обучается 35 студентов и 8 аспирантов. 6 студентов успешно закончили обучение и получили диплом магистра по направлению «Физика». В 2019 г. успешно защищена одна докторская диссертация.

В 2019 г. получен патент №2699670 на изобретение нового метода усиления радиационного

воздействия на живые клетки «Способ повышения частоты образования двунигетых разрывов ДНК в клетках человека при действии ионизирующих излучений в условиях влияния радиомодификаторов». Авторы работы: Е. А. Красавин, А. В. Борейко, Т. С. Буланова, Е. А. Куликова, Г. Н. Тимошенко, В. Н. Чаусов. Предложенный метод существенно повышает биологическую эффективность пучков протонов и γ -терапевтических установок и значительно сближает области использования протонных и углеродных ускорителей для терапевтических целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буланова Т. С., Красавин Е. А., Борейко А. В., Куликова Е. А., Смирнова Е. В., Заднепрянец М. Г., Йежкова Л., Ву Тхи Ха, Павлова А. С., Крупнова М. Е., Филатова А. С., Тиунчик С. И., Ильина Е. В., Кожина Р. А., Шамина Д. Д. Нарушения генетических структур в клетках различных тканей при действии излучений с разными физическими характеристиками // Современные проблемы радиационной генетики: Материалы Рос. конф. с междунар. участием, Дубна, 27–28 июня 2019 г. Дубна, 2019. С. 31–32.
2. Красавин Е. А., Борейко А. В., Замулаева И. А. Новый метод повышения эффективности действия ионизирующих излучений на клетки опухолевых тканей // Материалы 3-й Рос. конф. с междунар. участием «Радиобиологические основы лучевой терапии», Дубна, 17–18 окт. 2019 г. С. 84–85.
3. Красавин Е. А., Борейко А. В., Заднепрянец М. Г., Ильина Е. В., Кожина Р. А., Кузьмина Е. А., Куликова Е. А., Смирнова Е. В., Тимошенко Г. Н., Тиунчик С. И., Чаусов В. Н. Влияние ингибиторов синтеза ДНК на биологическую эффективность пучка протонов в модифицированном пике Брэгга // Письма в ЭЧАЯ. 2019. Т. 16, №2(221). С. 181–190.
4. Насонова Е. А. mFISH: возможности и преимущества метода при анализе хромосомных aberrаций, индуцированных излучением разного качества // Материалы 3-й Рос. конф. с междунар. участием «Радиобиологические основы лучевой терапии», Дубна, 17–18 окт. 2019 г. С. 105–107.
5. Czerski K., Kowalska A., Nasonova E., Kutsalo P., Krasavin E. Modeling of Chromosome Aberration Response Functions Induced by Particle Beams with Different LET // Rad. Environ. Biophys. 2020. V. 59. P. 79–87; <https://doi.org/10.1007/s00411-019-00822-0>.
6. Kowalska A., Czerski K., Nasonova E., Kutsalo P., Krasavin E. Initial Radiation DNA Damage Observed in Prematurely Condensed Chromosomes of G2-Phase Human Lymphocytes and Analytical Model of Ion Tracks // Eur. Phys. J. D. 2020. V. 74. P. 17; <https://doi.org/10.1140/epjd/e2019-100113-3>.
7. Koltovaya N., Zhuchkina N., Lyubimova K. Gene Mutations Induced by Gamma-Rays in Haploid and Diploid Yeast Cells // Book of Abstracts of the 7th Intern. Conf. on Radiation and Applications in Various Fields of Research (RAD 2019), Herceg Novi, Montenegro, June 10–14, 2019. P. 375.
8. Zhuchkina N., Kokoreva N., Shvaneva N., Senchenko D., Koltovaya N. Power and Exponential Dose-Dependencies of UV-Induced Gene Mutations and Chromosome Rearrangements in Haploid Yeast // Mutation Res. (in press).
9. Dushanov E. B., Koltovaya N. A. Effect of Substitution Pro32Thr on the Interaction between Dimer Subunits of Human Phosphatase ITPA // Cur. Enzyme Inhibition. 2019. V. 15, Iss. 1. P. 46–54.
10. Lyakhova K. N., Kolesnikova I. A., Utina D. M., Severyukhin Yu. S., Budennaya N. N., Abrosimova A. N., Molokanov A. G., Lalkovičova M., Ivanov A. A. Morphofunctional Indicators of the Effects of Protons on the Central Nervous System // Med. Radiol. Rad. Safety. 2019. V. 64, No. 2. P. 75–81 (in Russian); doi:10.12737/article_5ca60c7bba45e9.77708543.
11. Severyukhin Yu. S., Feldman T. B., Ostrovsky M. A., Molokanov A. G. Effects of Cranial Exposure to 170-MeV Proton Radiation at a Dose of 5 Gy on the Visual Behavior and Optomotor Response of Adults Rats // Biol. Bull. 2019. V. 46, No. 12. P. 46–51; doi:10.1134/S1062359019120070.
12. Batmunkh M., Aksenova S., Bayarchimeg L., Bugay A. N., Lkhagva O. Optimized Neuron Models for Estimation of Charged Particle Energy Deposition in Hippocampus // Phys. Med. 2019. V. 57. P. 88–94; doi:10.1016/j.ejmp.2019.01.002.
13. Batmunkh M., Bayarchimeg L., Bugay A. N., Lkhagva O. Monte Carlo Track Structure Simulation in Studies of Biological Effects Induced by Accelerated Charged Particles in The Central Nervous System // Europhys. J. Web. Conf. 2019. V. 204. P. 04008; doi:10.1051/epjconf/201920404008.
14. Bayarchimeg L., Bugay A., Batmunkh M., Lkhagva O. Evaluation of Radiation-Induced Effects in Membrane Ion Channels and Receptors // Phys. Part. Nucl. Lett. 2019. V. 16, No. 1. P. 54–62; doi:10.1134/S1547477119010059.
15. Batmunkh M., Bugay A. N., Bayarchimeg L., Aksenova S. V., Lkhagva O. Computer Modeling of Radiation — Induced Damage to Hippocampal Cells // Mong. J. Phys. 2019. V. 5. P. 76–82.

16. *Togotokhtur T., Lkhagva O., Batmunkh M., Bayarchimeg L., Lkhagvajav T.* The Use of Einstein–Smoluchowski Equation to Study the Chemical Reaction-Diffusions in Neurons Induced by a Charged Particle // *Mong. J. Phys.* 2019. V. 5. P. 72–75.
17. *Батмунх М., Баярчимэг Л., Бугай А. Н., Лхагва О.* Компьютерное моделирование формирования повреждений ДНК в нервных клетках при воздействии тяжелых заряженных частиц // *Актуальные вопросы биол. физики и химии.* 2019. Т. 4, № 2. С. 214–219.
18. *Kolesnikova E. A., Bugay A. N.* Modeling the Influence of Heavy Ion Beams on Neurogenesis and Functioning of Hippocampal Neural Networks // *Europhys. J. Web Conf.* 2019. V. 204. P. 04007.
19. *Batova A. S., Bugay A. N., Dushanov E. B.* Effect of Mutant NMDA Receptors on the Oscillations in a Model of Hippocampus // *J. Bioinform. Comp. Biol.* 2019. V. 17, No. 1. P. 1940003.
20. *Аксенова С. В., Батова А. С., Бугай А. Н., Душанов Э. Б.* Влияние мутантных форм синаптических рецепторов NMDA на осцилляции в нейронных сетях // *Актуальные вопросы биологической физики и химии.* 2019. Т. 4, № 2. С. 209–213.
21. *Аксенова С. В., Батова А. С., Бугай А. Н., Душанов Э. Б.* Влияние мутаций NMDA рецептора на функционирование нейронных сетей гиппокампа // 26-я междунар. конф. «Математика. Компьютер. Образование», Симп. с междунар. участием «Биофизика сложных систем: вычислительная биология и молекулярное моделирование», Пушкино, 28 янв. – 2 февр. 2019 г. С. 114.
22. *Аксенова С. В., Батова А. С., Бугай А. Н., Душанов Э. Б.* Влияние мутаций на структуру и функции белков синаптических рецепторов // *Материалы Рос. конф. с междунар. участием «Современные проблемы радиационной генетики»*, Дубна, 27–28 июня 2019 г. Дубна: ОИЯИ, 2019. С. 10–11.
23. *Dushanov E. B., Aksenova S. V., Batova A. S., Bugay A. N.* Effects of Mutations in the Protein Complexes of Synaptic Receptors of Hippocampal Neurons // *Book of Abstracts of the Ninth Intern. Conf. “Modern problems of nuclear physics and nucleartechnologies”*, Tashkent, Sept. 24–27, 2019. P. 151–153.
24. *Аксенова С. В., Батова А. С., Бугай А. Н., Душанов Э. Б.* Влияние мутаций на структуру и функции белковых комплексов синаптических рецепторов // *Новости ОИЯИ.* 2019. № 2. С. 26–28.
25. *Timoshenko G.* Neutron Spectrometry at JINR Nuclear Facilities // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2019. V. 945, No. 21. P. 512–518.
26. *Timoshenko G., Gordeev I.* Estimation of the Astronaut’s Doses Inside the Spacecraft Habitable Module in Deep Space // *Phys. Part. Nucl.* 2020 (in press). doi:10.1007/s.120.36-020-9620-3.
27. *Timoshenko G., Gordeev I.* Simulation of Radiation Field Inside Interplanetary Spacecraft // *J. Astrophys. Astron.* 2020. V. 41. P. 5. doi:10.1007/s.120.36-020-9620-3.
28. *Timoshenko G., Belvedersky M.* Fluence-to-Effective Dose Conversion Coefficients for Male Astronauts // *J. Radiol. Protection.* 2019. V. 39, No. 2. P. 511–521.
29. *Тимошенко Г. Н., Гордеев И. С.* Прогнозирование радиационной обстановки вокруг бустера NICA // *Письма в ЭЧАЯ.* 2020. Т. 17, № 3. С. 316–327.
30. *Chan Ngok Toan, Beskrovnaya L. G., Timoshenko G. N., Latysheva L. N., Sobolevsky N. M.* Dosimeter for Measuring the Ambient Dose of Neutrons with Energy from 10^{-4} MeV to 1 GeV Based on a Cylindrical Polyethylene Moderator // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2019. V. 16, No. 1. P. 63–69.
31. *Mitrofanov I. G. et al.* First Results for Laboratory Tests of a Concept of Space Gamma-Spectrometer with Tagged Protons Method at the JINR Particle Accelerator // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2019. V. 16, No. 3. P. 251–255.
32. *Митрофанов И. Г. и др.* Гамма-спектрометрия составных мишеней-аналогов планетного вещества на протонном пучке ускорителя ОИЯИ с использованием метода меченых протонов // *Письма в ЭЧАЯ.* 2020. Т. 17, № 3. С. 299–313.
33. *Saladino R., Bizzarri B. M., Šponer J. E., Šponer J., Cassone G., Kapralov M. K., Timoshenko G. N., Kravain E. A., Fanelli G., Timperio A. M., Di Mauro E.* Meteorite Assisted Phosphorylation of Adenosine under Proton Irradiation Conditions // *Eur. J. Chem.* 2020. V. 2, No. 3. chem.201903337; doi/full/10.1002/syst.201900039
34. *Hoover R. B., Rozanov A. Yu.* Evidence for Indigenous Microfossils in Carbonaceous Chondrites // *Book of Abstract of the Tenth Moscow Solar System Symp. Space Res. Inst., Moscow, Oct. 7–11, 2019.* P. 494–496.
35. *Ryumin A. K., Kapralov M. I.* Astrobiological Studies in Dubna // *Book of Abstract of the Tenth Moscow Solar System Symp., Space Res. Inst., Moscow, Oct. 7–11, 2019.* P. 256–257.



УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Почти 30 лет, начиная со времени создания в 1991 г., Учебно-научный центр (УНЦ) ОИЯИ занимается организацией, проведением и развитием программы подготовки научных и инженерных кадров для Института и партнерских исследовательских центров в государствах-членах ОИЯИ. УНЦ обеспечивает образовательный процесс для студентов базовых кафедр вузов РФ в ОИЯИ, создает условия для подготовки квалификационных работ студентами и аспирантами университетов государств-членов Института, проводит международные студенческие программы, практики и школы. Большое внимание уделяется работе со школьниками и учителями. Активно работает и развивается система курсов повышения квалификации, подготовки и переподготовки технического и инженерно-технического персонала ОИЯИ.

Образовательный процесс на базе ОИЯИ. Около 500 студентов обучались на базовых кафедрах МГУ, МФТИ, МИФИ, СПбГУ, Казанского федерального университета и государственного университета «Дубна», а также университетов государств-членов ОИЯИ в 2019 г. Летние учебные и производственные практики были организованы для почти 500 студентов из вузов Армении, Белоруссии, Казахстана, Кубы, России, Сербии, Украины.

В 2019 г. к ОИЯИ были прикреплены 27 соискателей из Белоруссии, Вьетнама, Казахстана, Монголии, России и Украины для подготовки диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки в аспирантуре.

В 2019/2020 учебном году для студентов базовых кафедр МФТИ, МГУ и государственного университета «Дубна» подготовлены 153 лекционных образовательных курса. С их программами можно ознакомиться на сайте УНЦ (uc.jinr.ru).

Международная студенческая практика. За 15 лет проведения международных практик по направлениям исследований ОИЯИ в них приняли участие более 1700 представителей государств-членов, ассоциированных членов ОИЯИ и других государств.

В 2019 г. международная практика проводилась в четыре этапа для 134 представителей Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Египта, Кубы, Польши, Румынии, Сербии, Словакии, Чехии, Чили и ЮАР.

Первый этап практики начался 3 июня для 22 студентов из ЮАР. Во втором этапе практики с 8 июля принимали участие 66 студентов из Азербайджана, Болгарии, Польши, Румынии, Словакии и Чехии. 22 студента из Белоруссии, Сербии, Кубы, Чили и ЮАР стали участниками третьего этапа, начавшегося 9 сентября. Завершающий, четвертый, этап международной студенческой практики 2019 г. проходил с 8 декабря. Для участия в нем 24 студента из Египта прошли конкурсный отбор на основе собеседования в Академии научных исследований и технологий Арабской Республики Египет.

Практиканты прослушали обзорные лекции о деятельности лабораторий ОИЯИ, совершили экскурсии на базовые установки. Основное время трехнедельной практики было посвящено практической работе над учебно-исследовательскими проектами под руководством специалистов лабораторий ОИЯИ.

Летняя студенческая программа ОИЯИ 2019 г. 58 студентов и аспирантов из Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Египта, Италии, Казахстана, Кубы, Мексики, Нидерландов, Польши, России, Румынии, Сербии, Словакии, Узбекистана и Украины принимали участие в летней студенческой программе 2019 г. Среди российских участников — студенты МГУ, МИФИ, государственного университета «Дубна», университетов Белгорода, Иванова, Иркутска, Казани, Новосибирска, Самары, Санкт-Петербурга, Томска, Тулы и Ярославля. В течение 4–8 недель студенты выполняли исследовательские проекты в научных подразделениях ОИЯИ.

Международные научные школы для учителей физики в ОИЯИ и ЦЕРН. 10 лет УНЦ совместно с Европейской организацией ядерных исследований (ЦЕРН) организует международные научные школы для учителей физики из государств-членов ОИЯИ.

За это время участниками мероприятий стали более 400 педагогов из России, Азербайджана, Армении, Белоруссии, Казахстана, Молдовы и Украины.

23 учителя и почти 100 школьников из Белоруссии, России, Казахстана и Украины стали участниками очередной летней школы «Физика. Математика. Информатика». Впервые в 2019 г. традиционная школа для учителей проводилась в ОИЯИ совместно с государственным университетом «Дубна». Отбор учителей физики, математики и информатики проходил по результатам рассмотрения заявочных анкет через сайт УНЦ teachers.jinr.ru, конкурс для учащихся проводился государственным университетом «Дубна».

Обновленная и расширенная программа для учителей включала в себя научно-популярные лекции ведущих специалистов ОИЯИ, посещение экспериментальных установок и лабораторий ОИЯИ, дискуссии и круглые столы по проблемам школьного образования, обмен опытом преподавания. Школьники занимались в лабораторном практикуме по физике, в мастер-классах по программированию, решали олимпиадные задачи, выполняли учебно-исследовательские проекты, слушали лекции и совершали экскурсии в лаборатории.

Организаторы и партнеры летней школы — ОИЯИ, ЦЕРН, государственный университет «Дубна», ОКБ «Аэрокосмические системы», АО «ПКК Миландр», АО «НПК “Дедал”», АО «ПРОМТЕХ-Дубна». Генеральный партнер школы — Яндекс, официальный информационный партнер — телеканал «360°».

С 3 по 10 ноября в Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН) проходила XII Международная научная школа для учителей физики из государств-членов ОИЯИ. 24 преподавателя из Белоруссии, России и Украины участвовали в программе, включающей научно-популярные лекции, знакомившие их с миром элементарных частиц, устройством ускорителей и детекторов, гравитационными волнами, процессом и технологиями обработки экспериментальных данных. На одной из лекций был представлен школьный учебник «Ядерная физика», разработанный сотрудниками ОИЯИ. Для участников были организованы экскурсии на тематические выставки и действующие установки ЦЕРН.

Лекторий. В рамках популяризации современных научных знаний и достижений УНЦ ОИЯИ организует социально-просветительские мероприятия, в том числе лекторий для учащихся 7–11-х классов. Лекции помогают расширять знания о передовых научно-технических открытиях и достижениях на примере исследований, проводимых в ОИЯИ. Сотрудники Института читают лекции по актуальным вопросам физики, информатики и биологии. В начале 2019 г. лекторий стартовал в общеобразовательных учреждениях Дубны Московской обл.

За 10 месяцев было проведено 22 мероприятия, которые посетили около 1080 учащихся из школ Дубны и Москвы.

Мероприятия. Для популяризации науки было организовано участие ОИЯИ в таких научных фестивалях, как:

- «Ночь науки» Казанского федерального университета;
- фестиваль науки, технологий и искусства «Geek Picnic» в Санкт-Петербурге и Москве в зонах фестиваля «Habitat» и «Outer Space»;
- Всероссийский фестиваль науки «НАУКА0+» в Москве и на региональной площадке — в государственном университете «Дубна». В рамках фестиваля науки были проведены:
 - публичные научные лекции;
 - открытый телемост МГУ с ЛЯР ОИЯИ;
 - увлекательные научные шоу с физическими и химическими опытами;
 - интерактивные выставки;
 - демонстрация макетов установок ОИЯИ;
 - демонстрации научно-популярных роликов, рассказывающих об Институте, его основных направлениях исследований и базовых установках.

Также организован и проведен Всемирный день темной материи в Дубне.

Всего за 2019 г. прочитано 36 просветительских лекций для более чем 2200 слушателей.

За 2019 г. стенд ОИЯИ, размещенный группой социальных коммуникаций на пяти различных мероприятиях, посетило около 10 000 человек.

Прямые включения — онлайн-экскурсии. В 2019 г. было запущено тестирование и проведение онлайн-экскурсий из лабораторий ОИЯИ (ЛЯР, ЛФВЭ), во время которых научные сотрудники Института отвечают на вопросы аудитории в режиме реального времени. Экскурсии ориентированы на учащихся школ, студентов и аспирантов, руководителей кружков и факультативов естественно-научного профиля.

Социальные сети. Продолжается ведение новостных потоков ОИЯИ в основных социальных сетях: ВКонтакте, Facebook, Instagram, Twitter. Дополнительно к ним в 2019 г. создан молодежный информационный канал УНЦ — «ДубниУм/DubniUm» на площадках ВКонтакте, Facebook, Instagram, YouTube с целью повышения интереса к науке и информированности целевой аудитории о возможностях научной карьеры в ОИЯИ. За минувший год на площадке «DubniUm» в YouTube было произведено и загружено 30 видеороликов.

Разработка брошюр и информационных материалов. С целью популяризации фундаментальных и прикладных исследований, достижений и открытий ОИЯИ были разработаны и изданы информационные материалы для школьников.

Работа со школьниками. Межшкольным физико-математическим факультативом в 2019/2020 учебном году для учащихся 6–11-х классов организованы занятия по физике и математике, включая подготовку к сдаче ЕГЭ. Начались занятия по программированию в группах Яндекс-лицея.

Учащиеся межшкольного физико-математического факультатива стали победителями и призерами традиционной 27-й открытой городской физико-математической олимпиады, 1-й олимпиады им. П. Л. Капицы по экспериментальной физике в Долгопрудном, 1-го Московского областного турнира юных математиков (МОТЮМ), организованного «Физтех-лицеем» им. П. Л. Капицы в Долгопрудном.

Дни физики 2019 г. 13–14 апреля 6-й раз прошел научный фестиваль для детей и взрослых «Дни физики». В 2019 г. он был посвящен 150-летию Периодической таблицы Д. И. Менделеева. Программа включала физические и химические опыты, мастер-классы, квесты и викторины. Кроме дубненцев в фестивале принимали участие школьники из Брянска, Волгограда, Глазова, Истры, Москвы и Санкт-Петербурга.

8-й турнир CyberDubna-2019. 9–10 февраля в ДК «Мир» проходил 8-й турнир по робототехнике Открытой Верхневолжской образовательной кибернетической сети CyberDubna-2019. Организаторы турнира — ОИЯИ, Международная компьютерная школа им. В. Волокитина и Е. Ширковой и Центр информационных технологий и аналитики «Дистанционная электронная лаборатория». В турнире принимали участие школьники от 8 до 17 лет из Дубны, Дмитрова, Яхромы, Протвино и с. Ельдигино (Пушкинского р-на) Московской обл., а также из Москвы. Они создавали автоматизированные модели, участвовали в соревнованиях «Гонки по линии» и мастер-классах по основам конструирования и программирования микроконтроллеров.

Международная компьютерная школа 2019 г. 31-я Международная компьютерная школа им. В. Во-

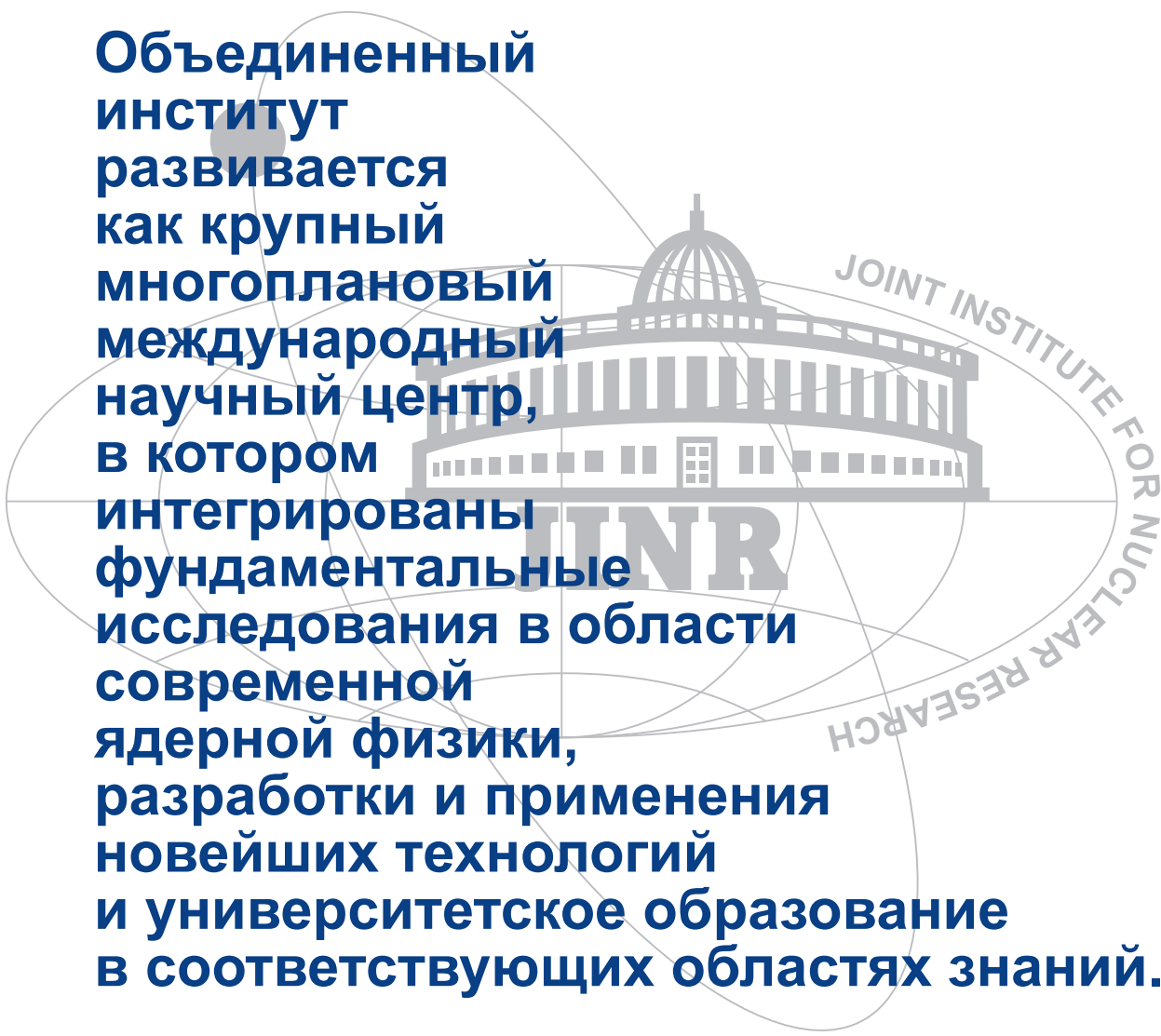
локитина и Е. Ширковой (МКШ-2019), организованная при поддержке и участии УНЦ ОИЯИ, проходила с 3 по 17 августа. Школьники выполняли учебно-исследовательские проекты, слушали общеобразовательные научные лекции. В программу входили также интеллектуальные соревнования, а в свободное время — кинозал, настольные игры и многое другое. В МКШ-2019 участвовали 45 слушателей от 7 до 16 лет из России, США и Черногории.

Организация визитов. В 2019 г. были организованы ознакомительные программы для 23 групп из Германии, Израиля, Франции, Чехии. 619 школьников и учителей познакомились с деятельностью ОИЯИ, современными исследованиями в лабораториях, посетили базовые установки, а также Музей истории науки и техники ОИЯИ.

Подготовка специалистов и повышение квалификации. Руководящие работники, ИТР и служащие ОИЯИ, всего 220 человек, обучались на курсах повышения квалификации и прошли аттестацию в Центральной аттестационной комиссии Института по нормативным правовым актам и нормативно-техническим документам, устанавливающим требования промышленной безопасности в различных отраслях надзора, и в Территориальной аттестационной комиссии Центрального управления Ростехнадзора. Для 110 сотрудников ОИЯИ рабочих специальностей были организованы курсы по подготовке персонала, обслуживающего объекты, подведомственные Ростехнадзору. 123 сотрудника прошли обучение по пожарно-техническому минимуму. Производственная практика в ОИЯИ была организована для 30 учащихся колледжа государственного университета «Дубна» и Аграрно-технологического техникума «Дубна».

160 сотрудников ОИЯИ в 2019/2020 учебном году посещали курсы иностранных языков. В группах английского языка занимались 115 человек, французского и немецкого — по 18, в группах русского языка — 9 иностранных специалистов.

Объединенный институт развивается как крупный многоплановый международный научный центр, в котором интегрированы фундаментальные исследования в области современной ядерной физики, разработки и применения новейших технологий и университетское образование в соответствующих областях знаний.





Москва–Дубна, 9–13 сентября. Международная Боголюбовская конференция «Проблемы теоретической и математической физики»



Дубна, 19 июня. Семинар, посвященный памяти профессора Г. В. Ефимова (1934–2015)

Дубна, 17 сентября. Юбилейный научный семинар, посвященный 70-летию главного научного сотрудника Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ профессора В. В. Бузова





Дубна, 22 июля – 2 августа. Организаторы и слушатели Гельмгольцевской международной школы «Квантовая физика предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков»



Дубна, 5 августа. Гельмгольцевская международная школа «Космология, струны и новая физика»

Дубна, 16–19 сентября. Участники 2-го Международного совещания «Теория адронной материи при экстремальных условиях»





Дубна, 14–15 марта. Участники заседания секции ядерной физики Отделения физических наук РАН на экскурсии в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина

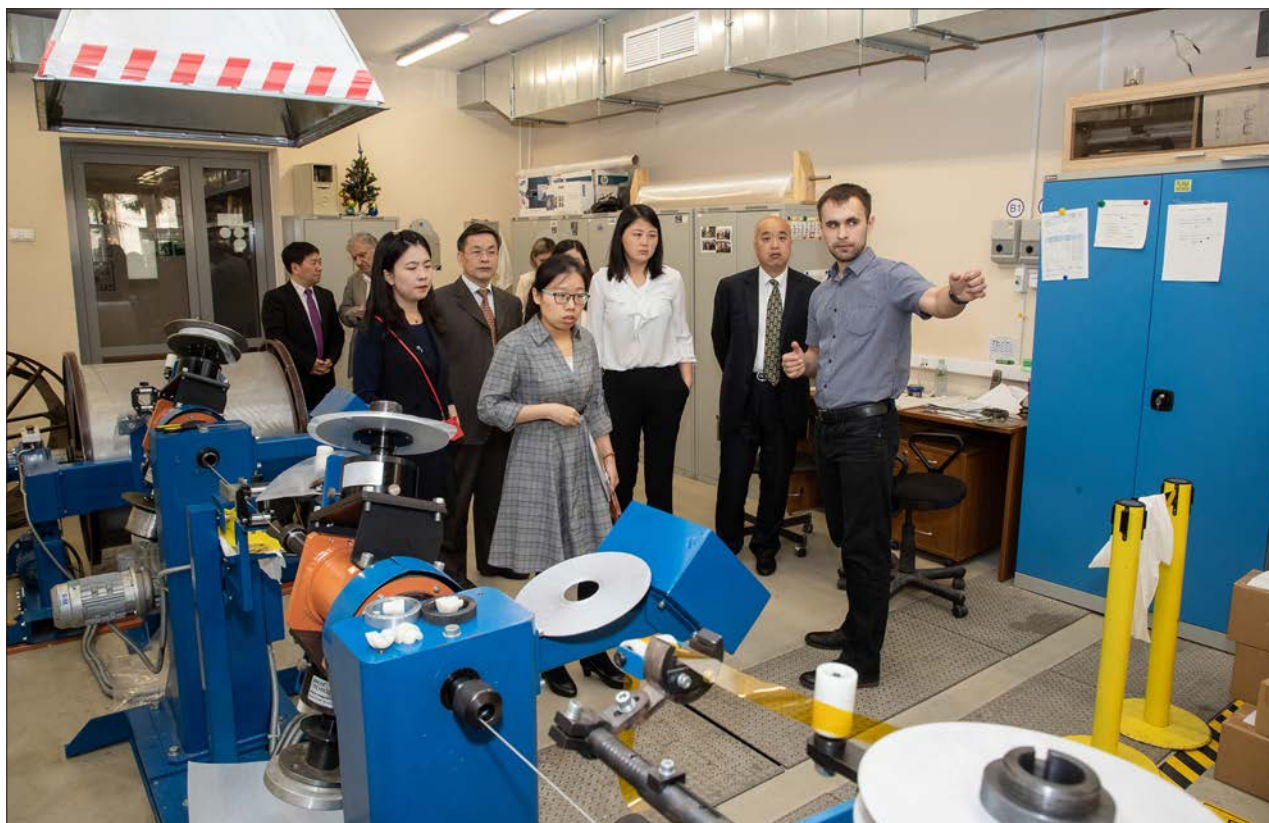
Дубна, 18–19 апреля. Межведомственная делегация из Социалистической Республики Вьетнам на экскурсии в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина





Дубна, 3 апреля. Заседание рабочей группы по участию Китая в мегасайенс-проекте NICA

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 31 мая. ОИЯИ с рабочим визитом посетила делегация из г. Хэфэй Китайской Народной Республики





Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 17 мая. Президент Азиатско-Тихоокеанского центра теоретической физики Юн Кью Пан на фабрике сверхпроводящих магнитов

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 19 июня.
Встреча руководства коллаборации CMS с группой участников проекта CMS от ОИЯИ





Дубна, 12 июля. Визит в ОИЯИ представителей Министерства науки и высшего образования РФ, МГТУ им. Н. Э. Баумана и МФТИ

Дубна, 29 августа. Делегация из Федеративной Республики Германии на экскурсии в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина





Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 27 июня.
На заключительном заседании диссертационного совета лаборатории

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина,
14–15 октября. Участники 4-го коллаборационного совещания по эксперименту $BM@N$





Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 19 сентября.
Презентация Вычислительного центра NICA с участием членов Ученого совета

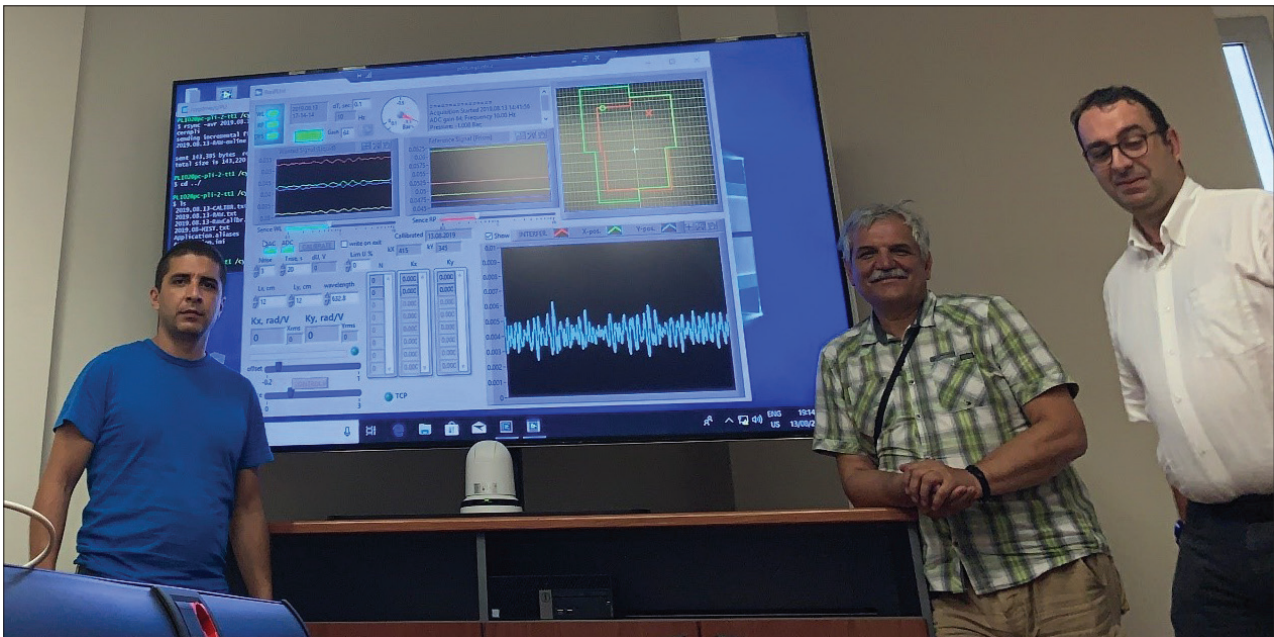
Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина,
23 декабря. Запуск технологических испытаний бустера для ускорительного комплекса NICA





Дубна, 22 февраля. Премия им. В. П. Дзелепова вручена главному научному сотруднику ЛЯП В. И. Комарову. Слева направо: В. А. Бедняков, В. И. Комаров, В. А. Матвеев

Визуализация регистрируемых прецизионным лазерным инклинометром угловых микросейсмических колебаний в конференц-зале VIRGO. Слева направо: Н. С. Азарян, М. В. Ляблин, Б. Ди Джироламо





Дубна, 1–5 июля. 69-я Международная конференция по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра «Ядро-2019»

Приэльбрусье, 10–18 апреля.
Участники 16-й Баксанской международной школы «Частицы и космология» (фото А. Юдина, Г. Рубцова)





Байкал, апрель. Глубоководные работы по монтажу гирлянды нейтринного телескопа Байкал-GVD



Очередной оптический модуль телескопа подготовлен к погружению

Последнее фото перед уходом со льда. Байкальская экспедиция 2019 г. завершена!



Дубна, 25 марта.
Торжественный запуск
циклотрона ДЦ-280
фабрики СТЭ
и открытие аллеи
им. А. Хрынкевича



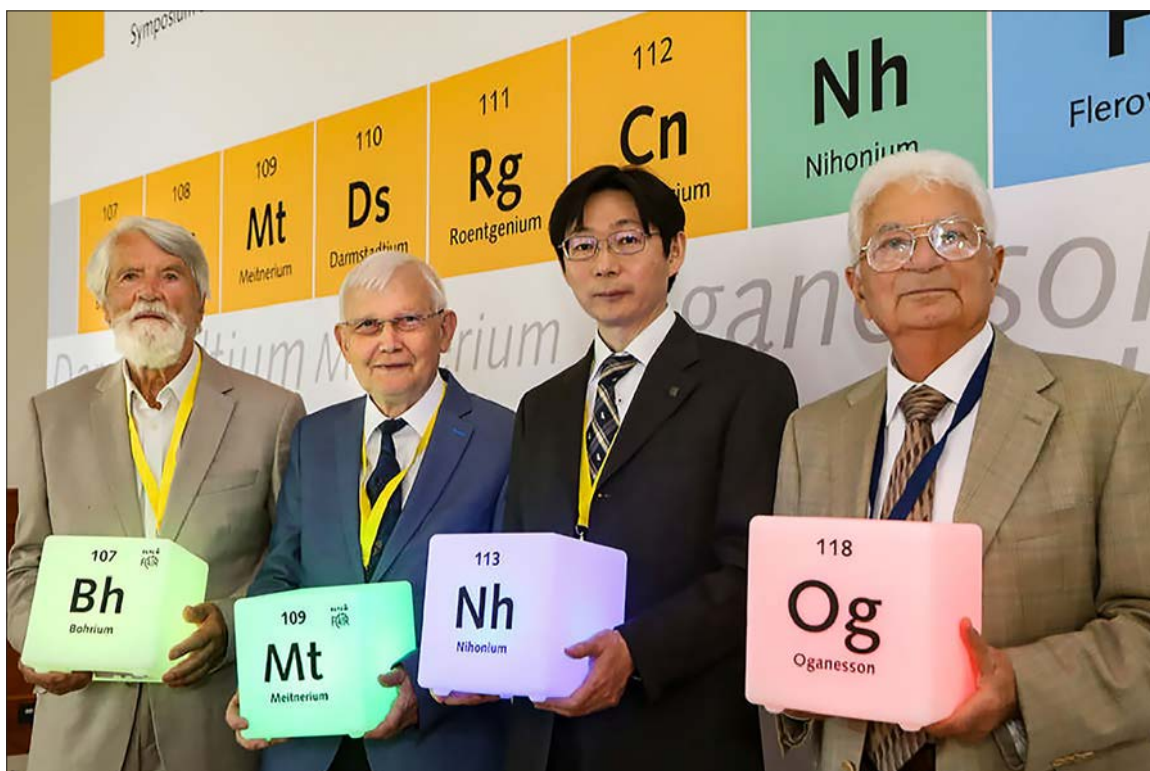


Дубна, 30–31 мая.
Международный симпозиум «Настоящее и будущее Периодической таблицы химических элементов»

Научный руководитель ЛЯР им. Г. Н. Флерова академик Ю. Ц. Оганесян и лауреаты премии им. Г. Н. Флерова — член-корреспондент РАН Н. П. Тарасова, профессор Ноттингемского университета сэр М. Полякофф, выпускники лицея № 6 им. Г. Н. Флерова А. Суркова и Г. Адамян

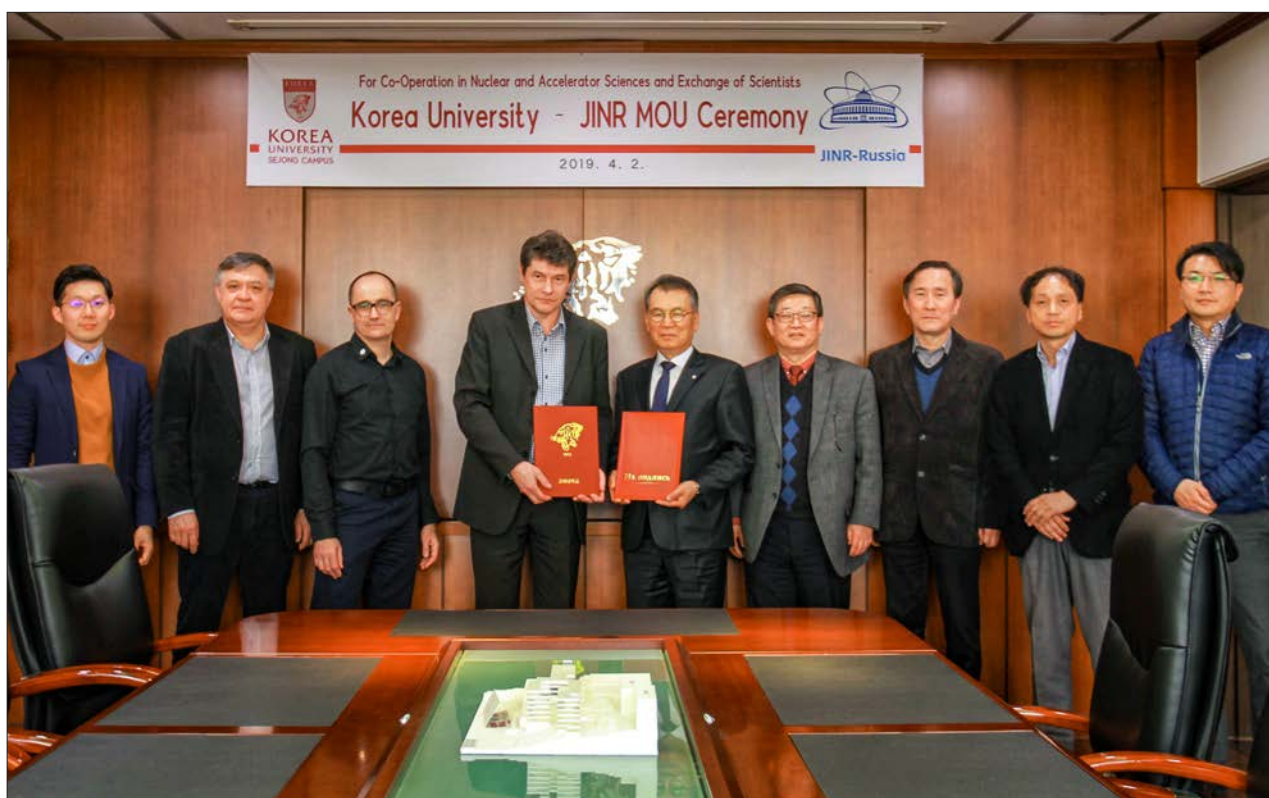






Вильгельмсхафен (Германия), 25–30 августа. Первооткрыватели химических элементов (слева направо): профессор П. Армбрустер и профессор Г. Мюнценберг (GSI, Германия), доктор К. Моримото (Центр ускорительных наук RIKEN Nishina, Вако, Япония), профессор Ю. Ц. Оганесян (ОИЯИ, Дубна) (фото: Бьерн Люббе, *Wilhelmshavener Zeitung*)

Седжон (Южная Корея), 2 апреля. Подписан протокол о сотрудничестве между ОИЯИ и Корейским университетом





Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, 4 апреля. Встреча министра образования и науки Республики Армения А. Арутюняна и министра транспорта, связи и информационных технологий РА А. Аршакяна с научным руководителем лаборатории академиком Ю. Ц. Оганесяном в рамках ознакомительного визита в ОИЯИ

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, 18 апреля. Экскурсия делегации Министерства науки, технологий и окружающей среды Республики Кубы и посольства Республики Кубы в РФ на фабрику сверхтяжелых элементов





Дубна, 5 июня. Делегация Китайского института атомной энергии во главе с директором Вань Ганом на экскурсии в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка

Дубна, 10–14 июня. Участники 27-го Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-27)





6 ноября в Дубне торжественно открыт памятник академику И. М. Франку



Лаборатория информационных технологий, 14 мая. Представители дирекции Института, руководители подразделений управления посетили лабораторию для ознакомления с новыми возможностями суперкомпьютера «Говорун»

Стара-Лесна (Словакия), 1–5 июля. Участники международной конференции «Математическое моделирование и вычислительная физика» (MMCP'2019)





Будва (Республика Черногория), 30 сентября – 4 октября. Участники 27-го Международного симпозиума по ядерной электронике и компьютерингу и международной студенческой школы в рамках симпозиума NEC'2019

Лаборатория информационных технологий, 15 ноября. Участники семинара-тренинга «Архитектуры и технологии Intel для высокопроизводительных вычислений и задач машинного/глубокого обучения (ML/DL)»





Лаборатория информационных технологий, 14 ноября. Презентация второй очереди суперкомпьютера «Говорун» в машинном зале ЛИТ

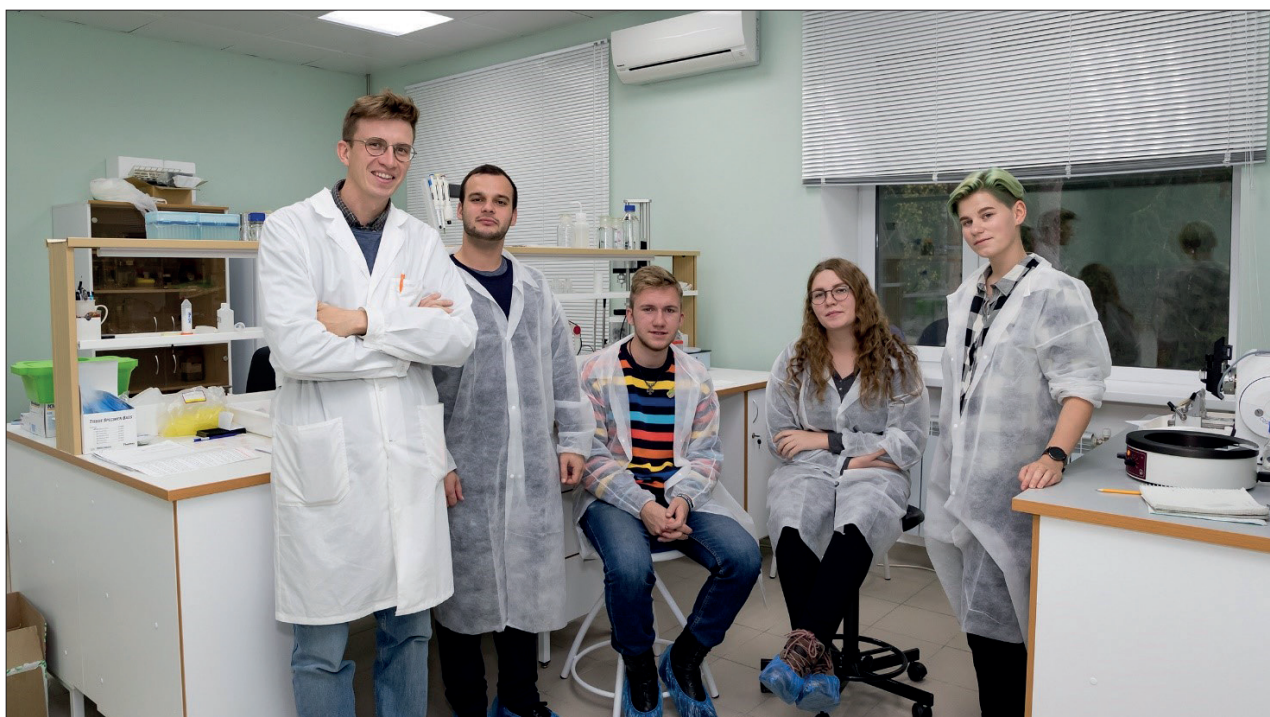


Дубна, 17–18 октября. 3-я Российская научная конференция «Радиобиологические основы лучевой терапии» с участием зарубежных специалистов



Дубна, 27–28 июня. Участники конференции «Современные вопросы радиационной генетики»

Лаборатория радиационной биологии, 24 сентября. Практическое занятие для студентов





Южная Африка, 10–29 января. Сотрудники ОИЯИ и студенты ЮАР — участники физической школы в iThemba LABS

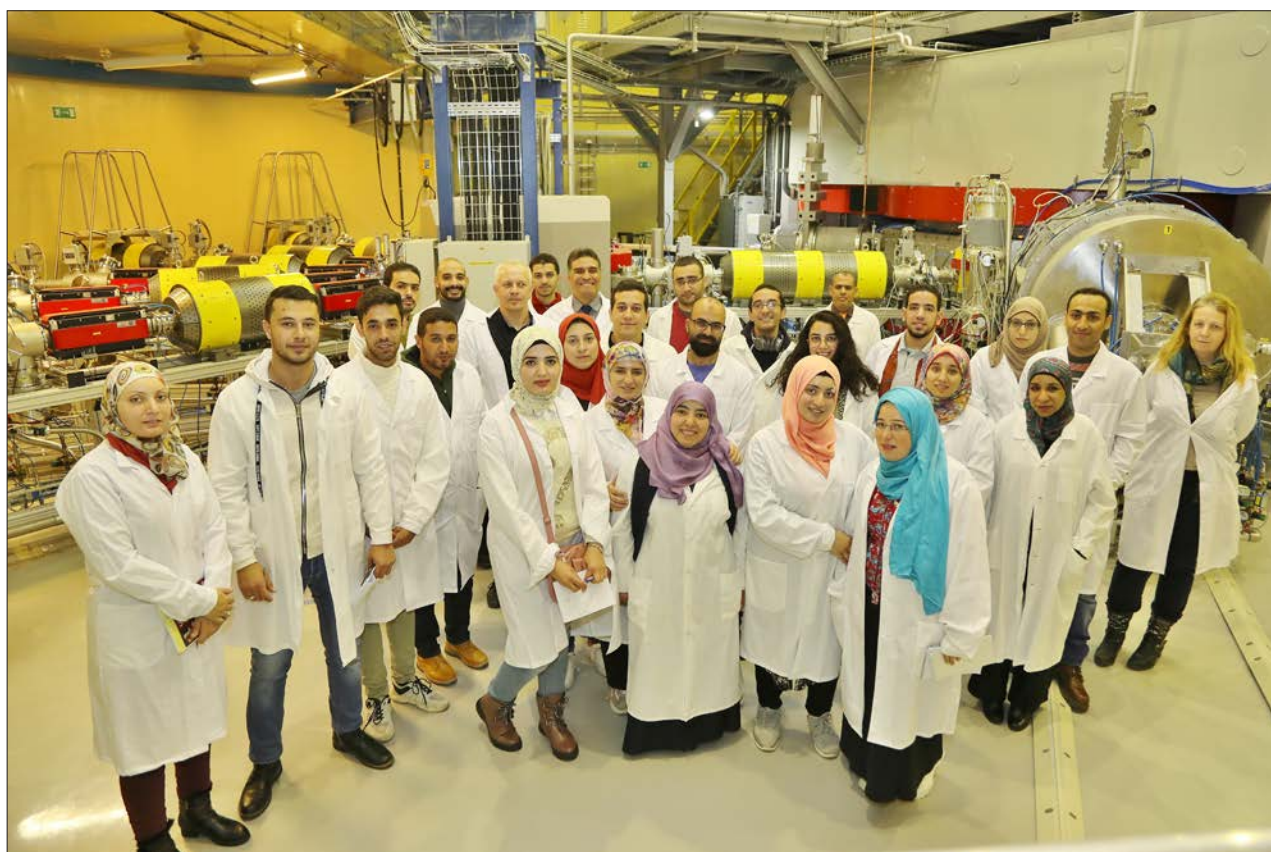
Дубна, 17 сентября. «Международное утро» — неформальное мероприятие в рамках студенческих практик Учебно-научного центра ОИЯИ





ЦЕРН (Женева), 3–10 ноября. 12-я научная школа для учителей физики из государств-членов ОИЯИ

Дубна, 8–26 декабря. Участники 4-го этапа международной практики 2019 г. — студенты из Арабской Республики Египет на экскурсии в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова





Синая (Румыния), 1–10 сентября. Участники 8-й Международной школы по физике нейтрино им. Б. Понтекорво.
Лекцию читает профессор С. Биленький

Дубна, 29 октября – 6 ноября.
Объединенная международная ускорительная школа ЦЕРН–Япония–Россия «Физика ионных коллайдеров»





Дубна, 15–19 апреля. 23-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ

Липня, 26–28 июля. 23-я летняя школа молодых ученых и специалистов («Липня-2019»)



2019





ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 2019 г. в издательском отделе вышло в свет 61 наименование публикаций, 43 наименования служебных материалов.

Среди изданных в 2019 г. сборников аннотаций и трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ, можно назвать: труды конференции «Новые тенденции в физике высоких энергий» (Будва, Черногория, 24–30 сентября 2018 г.), труды 26-го Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами ISINN-26 (Сиань, Китай, 28 мая – 1 июня 2018 г.), материалы российской конференции с международным участием «Современные вопросы радиационной генетики» (Дубна, 27–28 июня 2019 г.), сборник аннотаций LXIX Международной конференции по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра «Ядро-2019» (Дубна, 1–5 июля 2019 г.), труды 14-го международного совещания «Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ» (Стара-Лесна, Словацкая Республика, 27 мая – 1 июня 2019 г.).

Вышли из печати годовые отчеты ОИЯИ за 2018 г. (на русском и английском языках).

В 2019 г. увидели свет два тома издания «Прецизионный лазерный инклинометр» под редакцией Ю. Будагова, Б. Ди Джироламо, М. Ляблина (на английском языке), книга А. П. Исаева и В. А. Рубакова «Теория групп и симметрий. Представления групп Ли и алгебр Ли. Приложения», сборник «Универсальная библиотека им. Д. И. Блохинцева», приуроченный к 70-летию библиотеки, монография И. З. Каманиной, С. П. Каплиной, О. А. Макарова и Н. А. Кликотуевой «Комплексная оценка экологического состояния наукограда Дубна».

В 2019 г. вышли из печати 6 выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 49 статей. Издано 6 номеров журнала «Письма в ЭЧАЯ», содержащих 133 статьи.

Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

В 2019 г. был отпечатан 51 номер еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс».

В рамках обмена научными публикациями в сотрудничающие с Институтом организации из более чем 40 стран мира рассылались издания ОИЯИ: препринты и сообщения ОИЯИ, информационный бюллетень «Новости ОИЯИ», годовые отчеты ОИЯИ, журналы «ЭЧАЯ» и «Письма в ЭЧАЯ».

В редакции журналов, на различные конференции, симпозиумы, совещания и школы, проводившиеся как в странах-участницах ОИЯИ, так и в других странах, издательским отделом направлено 176 статей и докладов, содержащих результаты работ дубненских ученых. Статьи сотрудников ОИЯИ направлялись в журналы «Ядерная физика», «Теоретическая и математическая физика», «Известия Российской академии наук. Серия физическая», «Приборы и техника эксперимента», «Ядерная физика и инжиниринг», «Радиохимия», «Кристаллография», «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования» и др.

Оперативному информированию читателей Научно-технической библиотеки о новых поступлениях служат выпускаемые издательским отделом экспресс-бюллетени НТБ. Увидел свет «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 2018 г.». Продолжался выпуск экспресс-бюллетеней отдела лицензий и интеллектуальной собственности.

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на печать постеров — стендовых докладов сотрудников Института для представления на конференциях и совещаниях.

По заявкам лабораторий и других подразделений ОИЯИ выполнялись переплетные работы, копирование и сканирование научно-технической и инженерно-конструкторской документации. Отпечатано около 123 тысяч различных бланков.

Издательским отделом начата 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.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 2019 г. число читателей Научно-технической библиотеки составило 2000 человек. Действует электронная система учета выдачи и возврата литературы. Количество выданной литературы — 6600 экземпляров. На 1 января 2020 г. библиотечный фонд составил 429965 экз., из них 194072 экз. на иностранных языках.

По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 172 издания, выполнена 61 заявка из других библиотек. По всем источникам комплектования поступило 2116 экз. книг, периодических изданий, препринтов, диссертаций и авторефератов, 746 из них на иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге, каталогах филиала, а также в автоматизированной информационно-библиотечной системе «Absotheque». Ежедневно выпускались экспресс-бюллетени «Книги», «Статьи», «Препринты» (вышло в свет 156 номеров) с информацией относительно 8308 названий. Электронные версии информационных бюллетеней ежедневно рассылаются по 100 адресам по e-mail. Подписаться можно в разделе «Сервисы» на сайте НТБ: http://lib.jinr.ru/ntb_mail/newslst.html.

Каждую неделю обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий, диссертаций и авторефератов. На них представлено 1593 издания. Организовано шесть тематических выставок.

Электронные каталоги журналов, статей, препринтов, книг, диссертаций и авторефератов доступны в Интернете по адресу: <http://lib.jinr.ru:8080/OpacUnicode/>.

Общее количество обращений к электронным каталогам НТБ составило 15 тыс. 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 2018 г.» (1465 записей). Указатель с ссылками на полные тексты публикаций доступен в Интернете (см. сайт НТБ, раздел «Сервисы») http://lib.jinr.ru/buk/2016/bibl_uk.php. Подготовлено 3 биобиблиографических указателя.

Отсканировано и размещено в электронном каталоге 2496 препринтов и сообщений ОИЯИ. База данных работ сотрудников ОИЯИ доступна в Интернете через электронные каталоги.

Библиотека получает 109 названий периодических изданий. Благодаря тому, что НТБ выписывает иностранные журналы, сотрудники Института имеют доступ к полнотекстовым электронным версиям этих журналов в Интернете. Активно используется читателями «Научная электронная библиотека». Общее количество обращений к электронным версиям журналов через «Научную электронную библиотеку» и через сайты зарубежных издательств составило 150 тыс.

Благодаря участию НТБ в консорциумах Министерства науки и высшего образования и РФФИ сотрудники ОИЯИ получили электронный доступ к журналам издательств «Elsevier», «Wiley», «American Physical Society», «American Institute of Physics», журналам «Nature», «Science», журналам и книгам издательства «Шпрингер», к IEEE Digital Library, к мировым реферативным базам данных научных публикаций «Web of Science», «MathSciNet», «Scopus».

В рамках проекта «История ОИЯИ и г.Дубны на страницах книг, журналов и центральных газет» введено 72 новых библиографических описания. Информационно-поисковая система «Литература об ученых ОИЯИ» доступна для пользователей в разделе сайта НТБ «Публикации об ОИЯИ» <http://whois-who.jinr.ru/catalog3/main.html>.

В 2019 г. в порядке обмена на публикации, выпускаемые издательским отделом ОИЯИ, поступило 438 изданий из 10 стран. В частности, на долю России приходится 54, Украины — 18, Румынии — 22, Германии — 214, Франции — 9, Японии — 16, ЦЕРН — 15.

В 2019 г. в автоматизированную информационно-библиотечную систему «Absotheque» введено: книг — 793 названия; журналов — 1526 номеров; препринтов — 2836 названий; диссертаций и авторефератов — 515 названий; книжных статей — 417 названий и журнальных статей — 7316 названий.

На 1 января 2020 г. количество библиографических описаний в АИБС «Absotheque» составило 312424 записи.

Библиометрические показатели публикационной активности сотрудников ОИЯИ за 2019 г. (по данным международной базы данных «Web of Science» на 31.01.2020):

- всего публикаций — 1 316;
- суммарное количество цитирований — 1 388;

- без самоцитирования — 1 120;
- среднее число цитирований документа — 1,05;
- индекс Хирша — 12.

Количество совместных публикаций сотрудников ОИЯИ с авторами из научных организаций других стран представлено в табл. 1–3.

Таблица 1. Совместные публикации с авторами из государств-членов ОИЯИ

Страна *	Количество публикаций
Армения	314
Азербайджан	210
Белоруссия	271
Болгария	193
Вьетнам	24
Грузия	221
Казахстан	41
Куба	78
Молдавия	10
Монголия	72
Польша	447
Словакия	245
Румыния	253
Украина	259
Узбекистан	41
Чехия	419

* В алфавитном порядке.

Таблица 2. Совместные публикации с авторами из стран — ассоциированных членов ОИЯИ

Страна *	Количество публикаций
Венгрия	360
Германия	597
Египет	140
Италия	470
Сербия	244
Южно-Африканская Республика	208

* 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	510	Эстония	119
Китай	452	Эквадор	116
Франция	438	Новая Зеландия	1116
Англия	382	Латвия	115
Швейцария	379	Литва	115
Турция	370	Чили	111
Бразилия	357	Аргентина	110
Индия	333	Катар	106
Австрия	320	Словения	103
Греция	310	Марокко	100
Южная Корея	287	ОАЭ	98
Япония	285	Саудовская Аравия	97
Испания	277	Шри Ланка	81
Швеция	271	Индонезия	78
Пакистан	269	Перу	78
Тайвань	264	Палестина	27
Нидерланды	261	Черногория	18
Португалия	254	Таджикистан	9
Австралия	233	Венесуэла	9
Хорватия	232	Уругвай	5
Финляндия	223	Мальта	4
Колумбия	220	Уганда	4
Мексика	209	Уэльс	4
Норвегия	202	Ливан	3
Таиланд	198	Нигерия	2
Дания	189	Оман	2
Бельгия	149	Судан	2
Шотландия	136	Албания	1
Канада	135	Алжир	1
Кипр	128	Босния и Герцеговина	1
Израиль	126	Коста-Рика	1
Иран	124	Иордания	1
Малайзия	123	Македония	1
Ирландия	122	Тунис	1

* По мере убывания числа публикаций.



ОТДЕЛ ЛИЦЕНЗИЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

В 2019 г. работа отдела лицензий и интеллектуальной собственности (ОЛИС) проводилась по следующим направлениям.

В области работы по защите промышленной интеллектуальной собственности. Велась работа по заявкам на патенты ОИЯИ, прошедшим формальную экспертизу Федерального института промышленной собственности (ФИПС) в 2018–2019 гг. Проведено согласование, внесены изменения, добавления, уточнения в заявочные документы по замечаниям экспертов ФИПС. Выполнена экспертиза ряда проектных разработок сотрудников ОИЯИ на предмет патентоспособности, включающая определение объектов правовой охраны и их классификацию в соответствии с Международной патентной классификацией (МПК), поиск аналогов и прототипов. Подготовлены отчеты о патентных исследованиях, по пяти разработкам совместно с авторами подготовлены комплекты заявочных документов, которые поданы в Роспатент РФ для получения патентов на изобретения:

- «Сверхпроводящий компактный изохронный циклотрон»;
- «Способ формирования равновесных траекторий в циклическом ускорителе с постоянным радиусом орбиты»;
- «Магнитная система индукционного синхротрона с постоянным во времени магнитным полем»;
- «Способ прогнозирования риска развития заболеваний, связанных с уровнем иммуноглобулина E(IgE) в сыворотке крови человека»;
- «Наноионный конденсатор на основе нанопорошков».

В 2019 г. завершена работа и получено семь патентов РФ на изобретения:

- «Устройство для вывода заряженных частиц из циклического ускорителя» автора Г. В. Долбилова;
- «Способ анализа атомного состава органических веществ и устройство для его осуществления» авторов С. И. Тютюнникова, В. Н. Шаляпина;
- «Устройство для наблюдения солнечной короны» автора А. Н. Бородина;

— «Устройство для исследования свойств строутрубки координатного детектора частиц» авторов А. Д. Волкова, М. Д. Кравченко, А. В. Павлова;

— «Способ моделирования химического поведения атомов сверхтяжелых элементов» автора В. П. Доманова;

— «Способ повышения частоты образования двунитевых разрывов ДНК в клетках человека при действии ионизирующих излучений в условиях влияния радиомодификаторов» авторов Е. А. Красавина, А. В. Борейко, Е. А. Куликовой, Т. С. Булановой, Г. Н. Тимошенко, В. Н. Чаусова;

— «Сверхпроводящий компактный изохронный циклотрон» авторов К. С. Бунятова, Г. Д. Ширкова, С. Г. Ширкова, Г. А. Карамышевой, О. В. Карамышева, В. А. Малинина, С. В. Гурского, Д. В. Попова.

Зарегистрированы в Роспатенте три программы ЭВМ: «Программа визуализации спектрометрических данных Spectra Viewer» авторов А. С. Кирилова, Л. А. Трунтовой, И. В. Гапона; «Программный комплекс Sonix+» авторов А. С. Кирилова, И. А. Морковникова, С. М. Мурашкевич, Т. Б. Петуховой, Л. А. Трунтовой; «Программа юстировки нейтронных рефлектометров ICE» авторов А. С. Кирилова, И. В. Гапона.

На 1 января 2020 г. ОИЯИ обладает 73 действующими патентами РФ на изобретения.

В области патентно-информационной работы. В 2019 г. получено 36 номеров официального издания Федерального государственного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» бюллетеня «Изобретения. Полезные модели». Информация, опубликованная в этих бюллетенях, обработана с учетом тематики ОИЯИ. Результаты обработки оформлены в 12 выпусках бюллетеня ОЛИС «Патенты». Фонд отдела сейчас составляет 3379 бюллетеней.

Оформляются информационные листы ОЛИС о получении Институтом новых патентов и государственной регистрации объектов промышленной интеллектуальной собственности. Эта инфор-

мация регулярно включается в раздел «Патенты» на Интернет-сайте ОИЯИ (<http://www.jinr.ru/posts/category/patents-ru/>).

Обновляется Интернет-страница ОЛИС на сайте ОИЯИ (<https://oliis.jinr.ru/>).

В области стандартизации. Библиотека стандартов пополнена 20 новыми межгосударственными и государственными стандартами РФ, 12 указателями ГОСТов и информационными указателями стандартов за 2019 г.; указателями национальных стандартов, технических условий, руководящих документов, рекомендаций и правил 2019 г. На основании этих нормативных документов внесено 187 изменений в соответствующие документы фонда библиотеки стандартов и экземпляры абонентов. В постоянное пользование в подразделения выдано 15 официальных копий ГОСТов. Информация о новых нормативных документах и изменениях в них регулярно сообщается в подразделения.

Поддерживается база данных «Перечень нормативно-технических документов, действующих в Объединенном институте ядерных исследований», которая по состоянию на декабрь 2019 г. включает в себя около 10000 стандартов и нормативных документов с гиперссылками на документы, размещенные на сайтах Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) и справочно-правовой системы «Консультант Плюс». Проведена работа по классификации входящих в БД документов согласно Общероссийскому классификатору стандартов ОК (МК (ИСО/ИНФКО МКС) 001-96. «Перечень нормативно-технических документов, действующих в Объединенном институте ядерных исследований» размещен на Интернет-странице ОЛИС. Ведется актуализация используемой нормативно-технической документации, относящейся к деятельности ОИЯИ.

2019

**АДМИНИСТРАТИВНО-
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH



КАДРЫ

Численность персонала ОИЯИ на 1 января 2020 г. составила 5176 человек.

В ОИЯИ работают: академики РАН В. А. Матвеев, И. Н. Мешков, Ю. Ц. Оганесян, М. А. Островский, Г. В. Трубников, Б. Ю. Шарков; члены-корреспонденты РАН В. Л. Аксенов, Л. В. Григоренко, Д. И. Казаков, В. Д. Кекелидзе, Е. А. Красавин,

А. А. Старобинский, Г. Д. Ширков; члены других государственных академий наук И. Звара, Г. Зиновьев, Б. С. Юлдашев, О. Чулуунбаатар; 52 профессора, 27 доцентов, 234 доктора наук, 621 кандидат наук.

В 2019 г. в ОИЯИ принято на работу 592 человека, уволен за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 481 человек.

НАГРАЖДЕНИЯ

За плодотворную работу в ОИЯИ и международное сотрудничество награждены юбилейной медалью «90 лет Московской области» — 1 сотрудник, благодарностью губернатора Московской области — 1 сотрудник, Почетной грамотой главы городского округа Дубна — 3 сотрудника, благодарностью главы

городского округа Дубна — 1 сотрудник, Почетной памятной медалью ОИЯИ — 2 сотрудника. Десяти сотрудникам присуждено звание «Почетный сотрудник ОИЯИ». Также сотрудники Института отмечены другими ведомственными, областными, городскими и институтскими наградами.



Ответственный за подготовку отчета – Б. М. Старченко

Отчет подготовили:

**А. В. Андреев
Н. А. Боклагова
А. Е. Васильев
Н. А. Головков
О. Ю. Дереновская
С. Н. Доценко
Е. В. Иванова
А. В. Карпов
И. В. Кошлань
О. К. Кронштадтов
С. З. Пакуляк
Д. В. Пешехонов
И. В. Титкова
Л. А. Тютюнникова
Д. М. Худоба
А. Н. Шабашова
Ю. Г. Шиманская
И. Ю. Щербакова**

Художник

Ю. Г. Мешенков

В отчете использованы фотографии:

**И. А. Лапенко
Е. В. Пузыниной**

Объединенный институт ядерных исследований. 2019

Годовой отчет

2020-12

Выпускающий редактор *Е. В. Калининкова*
Редакторы: *Е. В. Григорьева, М. И. Зарубина*
Корректор *Е. А. Черногорова*

Подписано в печать 14.05.2020.
Формат 60×84/8. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 25,58. Уч.-изд. л. 31,32. Тираж 220 экз. Заказ № 59930.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.
E-mail: publish@jinr.ru
www.jinr.ru/publish/