



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**  
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2832195

Способ изготовления соединения высокотемпературопрочных сверхпроводящих кабелей

Патентообладатель: *Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) (RU)*

Авторы: *Шемчук Андрей Васильевич (RU), Ильин Максим Валерьевич (RU), Новиков Михаил Станиславович (RU)*

Заявка № 2024102420  
Приоритет изобретения 31 января 2024 г.  
Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 23 декабря 2024 г.  
Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 31 января 2044 г.

Руководитель: \_\_\_\_\_

# ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

# ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

## ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

В 2024 г. продолжались работы по созданию Инновационного центра ядерно-физических исследований в сфере наук о жизни, биомедицинских технологий, радиационной биологии и радиационного материаловедения, а также экологии и информационных систем. В рамках данной инициативы для специалистов из стран-участниц, работающих над прикладными задачами и созданием новых технологий, формируется специализированная пользовательская инфраструктура вокруг действующих уникальных установок ОИЯИ, создаются новые установки, имеющие значительный потенциал использования в инновационной сфере.

В ЛФВЭ с завершением монтажа магнитной системы и с созданием соответствующей инженерной инфраструктуры для доставки и гибкого управления пучками заряженных частиц, используемыми в новых станциях для прикладных исследований — ИСКРА (испытательной станции компонентов радиоэлектронной аппаратуры) и СИМБО (станции исследований медико-биологических объектов), полностью подготовлена к работе зона прикладных исследований на базе выведенных пучков ускорительного комплекса NICA (ARIADNA — работы в области наук о жизни, биомедицинские приложения, исследования радиационной стойкости полупроводниковой электроники, ядерно-физические данные для новой энергии; пучки с энергиями от МэВ/нуклон до ГэВ/нуклон).

Продолжается разработка вспомогательного оборудования зоны прикладных исследований, детекторных и дозиметрических систем, идет создание целевой лаборатории ИМБП РАН для совместных работ в области космической биологии и медицины, изучения радиационно-защитных свойств материалов для космических аппаратов и радиобиологических исследований на лабораторных животных.

В коллаборации ARIADNA (в 2024 г. в нее вошли четыре новые организации из России, Беларуси и Узбекистана) выполнена серия научно-методических работ в области наук о жизни и радиационного материаловедения. В целях повышения эффективности регистрации двунитевых разрывов

ДНК — наиболее тяжелых повреждений, формируемых при воздействии ускоренных ионов, совместно с ФМБЦ им. А. И. Бурназяна был разработан метод экспресс-оценки количества фокусов белков репарации ДНК уН2АХ и фосфорилированного АТМ (рАТМ) в облученных клетках. В области радиационного материаловедения в сотрудничестве с Федеральным исследовательским центром химической физики им. Н. Н. Семенова РАН методами оптической спектроскопии, спектроскопии диффузного и зеркального отражения исследованы оптические характеристики пленок терморadiационно-модифицированного политетрафторэтилена (ТРМ-ПТФЭ) толщиной 100 мкм, облученных ионами ксенона с энергией 3,2 МэВ/нуклон и протонами с энергией 260 МэВ.

На установке СОЧИ (станции облучения чипов, ARIADNA) было проведено пять сеансов облучения декапсулированных микросхем. Облучено шесть типов микросхем с целью исследования воздействия импульсной структуры пучка на электронно-компонентную базу. Усовершенствовано диагностическое оборудование станции, позволяющее с высокой достоверностью определять основные параметры ионных пучков и потоков ионов на мишень.

Продолжались работы по развитию технологии высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП): разработан модельный магнит с обмоткой из ВТСП-кабеля для работы при температуре 50 К, изготовлена и запущена в эксплуатацию машина для изготовления кабеля типа нуклотрон из ВТСП.

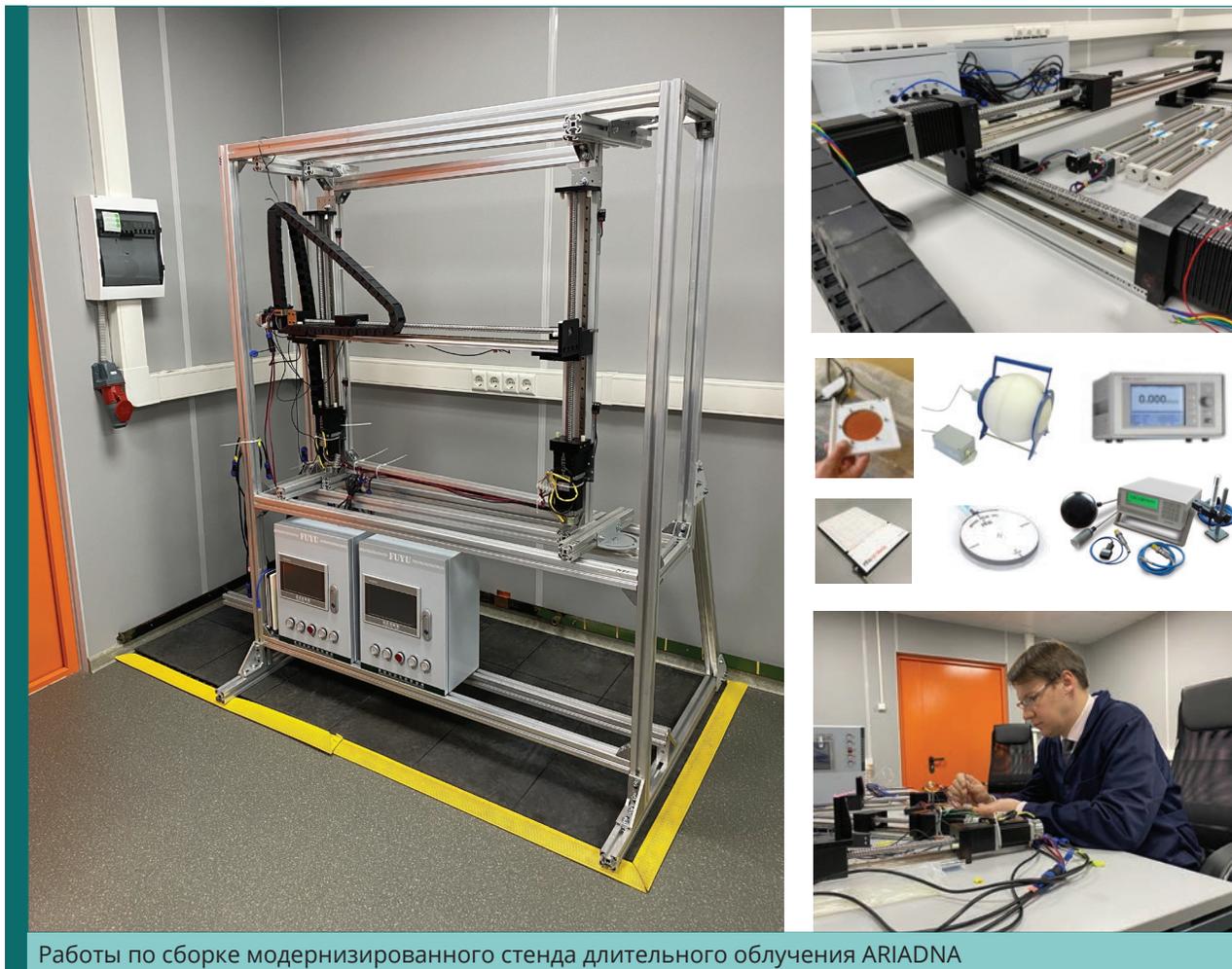
В ЛЯП был подготовлен запуск новой базовой установки ОИЯИ с высоким потенциалом использования в прикладных и инновационных проектах, в том числе в области радиационного материаловедения, радиобиологии и радиохимии, — Линак-800 на базе электронного ускорителя, где для экспериментов будут доступны пучки в широком диапазоне энергий: от 24 до 800 МэВ. Закончены разработка и монтаж систем безопасности ускорителя АСРК (автоматической системы радиационного контроля) и СБИС (системы блокировки и сигнализации) линейного ускорителя электронов Линак-800. Были реализованы три



Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, февраль.  
Торжественное открытие станций для прикладных исследований на NICA по проекту ARIADNA



Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина. Каналы транспортировки пучков в зоне прикладных исследований на базе выведенных пучков ускорительного комплекса NICA



Работы по сборке модернизированного стенда длительного облучения ARIADNA

вывода для энергий: 24, 133,5, 207 МэВ. Завершается подготовка магнитов и вакуумных камер для вывода на 60 МэВ.

В рамках разработки медицинского сверхпроводящего циклотрона МСЦ-230 (рис. 1), предназначенного для проведения протонной лучевой терапии и медико-биологических исследований,

проведены расчеты характеристик электромагнита, резонансной системы, динамики пучка протонов в зоне ускорения и вывода циклотрона, а также завершены проектирование и изготовление гелиевого рефрижератора. Продолжаются техническое проектирование систем циклотрона и подготовка инфраструктуры для проведения



Рис. 1. 3D-модель циклотрона МСЦ-230



Рис. 2. Препаративная система тангенциальной фильтрации для R&D и биотехнологий (ЦПФ ЛЯР)

криогенных испытаний сверхпроводящего соленоида.

В Центре прикладной физики (ЦПФ) ЛЯР развиваются новые направления поисковых исследований и разработок, нацеленных на создание продуктов и технологий на базе трековых мембран. Создана препаративная система тангенциальной фильтрации, предназначенная для быстрой микро-, ультра- и диафильтрации проб (культуральной среды, плазмы крови, буферных и прочих растворов) (рис. 2). Это уникальная технология получения пористых структур с регулируемой степенью анизотропии в полиэфирных пленках, которая позволяет ориентировать микрокапилляры в полимерной матрице заданным образом, прецизионно задавать радиус этих капилляров и объемную пористость. Таким образом можно получать трековые мембраны, обладающие преимущественным направлением ориентации пор, что обеспечивает предпочтительное направление для движения фронта жидкости.

Данный результат позволяет начать работы по созданию иммунохроматографических тест-полосок, предназначенных для простого, быстрого и недорогого средства первичного обнаружения заболевания или состояния организма по технологии point-of-care (по месту лечения).

Совместно с НМИЦ эндокринологии продолжались исследования, направленные на разработку имплантируемого биореактора для последующей загрузки тканеинженерным материалом и питательной средой с целью оценки применимости трековой мембраны в качестве материала для создания тканеинженерной конструкции (поджелудочной железы) с различными инсулинпродуцирующими клетками.

Были продолжены работы в партнерстве с инновационными компаниями, в том числе с резидентами ОЭЗ «Дубна». В ЦПФ ЛЯР реализуется проект, нацеленный на разработку новых материалов для водородной энергетики и преодоление недостатков существующих коммерческих

протонпроводящих мембран, в котором изучается возможность создания гибридных мембран на основе модифицированных фторированных пленок для применения в качестве протонпроводящих мембран для водородно-воздушных и метанольных топливных элементов. Для использования в стоматологии разрабатывается костно-пластический материал (барьерная мембрана) на основе трековых мембран, покрытых методом электроспиннинга слоем коллагена. Продолжались совместные с промышленным партнером эксперименты по использованию микропланшетов, полученных с применением ионно-трековых технологий, а также с разработанной совместно со специалистами сектора молекулярной генетики ЛЯП модифицированной трековой мембраной, способной избирательно аккумулировать макромолекулы ДНК. Перспективным направлением применения этих разработок является лабораторная диагностика резистентности бактерий к антимикробным препаратам.

Совместно с партнером из ОЭЗ «Дубна» в ЛНФ и ЦПФ ЛЯР ведутся исследования по созданию доступных биоподобных роговичных графтов длительного хранения, пригодных для основных видов кератопластики и обладающих высокой степенью биосовместимости, что, как ожидается, позволит полноценно заменить человеческий донорский материал в офтальмологии. Оптимизация параметров развиваемого метода проведена по результатам экспериментов по малоугловому рентгеновскому рассеянию (МУРР) на станции USAXS/SAXS/WAXS XEUS 3.0.

В рамках проекта TANGRA специалистами ЛНФ и ЛФВЭ в сотрудничестве с промышленным партнером и профильными институтами продолжались работы по созданию мобильной установки и отработке методики определения содержания углерода в почве для использования в рамках мониторинга эмиссии и поглощения парниковых газов, а также разработки более экологических технологий агроиндустрии и климатических проектов. Проведены совместные



Сканер на основе меченых нейтронов (ЛНФ и «Диамант») на беспилотной транспортной платформе, созданной в университете «Дубна»

со специалистами профильных климатических и агрополигонов эксперименты по применению разработанного в ОИЯИ сканера на основе метода меченых нейтронов в полевых условиях с использованием различных вариантов беспилотных транспортных платформ, в том числе платформы, созданной в университете «Дубна».

В ЛЯП в рамках проекта «Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований» продолжается создание полупроводникового пиксельного энергочувствительного детектора, работающего в режиме регистрации отдельных фотонов (SPC-детектора). Главные области применения таких детекторов: компьютерная томография (КТ) для медицинской диагностики и для аппаратов, неразрушающий контроль готовых изделий в промышленности.

Ключевой элемент SPC-детектора — пиксельная микросхема (ASIC). Разработка собственной микросхемы JIMed ведется в ЛЯП совместно с коллегами из НИИ ядерных проблем Белорусского государственного университета. В феврале 2024 г. на АО «Микрон» (Зеленоград) в рамках MPW тестового проекта была запущена в производство первая часть JIMed — аналоговый усилитель.

Совместно с коллегами из МГУ ведутся разработка и изучение оксидных наночастиц ( $\text{Ln}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ ) и их композитов (КА) для создания новых способов визуализации в медицине. Разработаны новые методы идентификации КА в КТ, позво-

ляющие определять наличие КА и измерять их концентрацию, начиная от 0,1 мг/мл.

Разработан счетчик нейтронов для измерения потоков нейтронов на уровне  $10^{-6} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ , и получен патент № 226117 «Компактный низкофоновый счетчик нейтронов на основе гелий-3». Для поиска безнейтринного двойного  $\beta$ -распада  $^{130}\text{Te}$  разработан сцинтиллятор на основе полистирола и комплекса оксида дифенилтеллура с ди-(2-этилгексил) фосфорной кислотой. Световых выход (доля металла 1 %) образцов относительно стандартного пластика составляет ~ 60 %. Методом ускоренных климатических испытаний спрогнозирован срок службы сцинтиллятора, который составляет ~ 4 года (до уменьшения световых выходов на 10 %).

Участники проекта от России, Болгарии, Азербайджана и ЮАР провели запуск масс-спектрометра (МС-ИСП). Определены выходы реакций  $^{59}\text{Co}(\gamma, xn)^{55-58}\text{Co}$ ,  $^{52-56}\text{Mn}$ ,  $^{49,51}\text{Cr}$  с использованием тормозного излучения Линак-200 при энергии электронов 40–130 МэВ. Впервые измерено отношение выходов для изомерной пары  $^{52m/52g}\text{Mn}$  в области 80–130 МэВ. Расчетные сечения по программе TALYS-1.96 оказались в согласии с экспериментальными данными.

В рамках проекта «Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов» с помощью инклинометров проводилось мониторингирование «балконов» для вывода пучков в зал MPD коллайдера NICA. Проведен эксперимент по определению собственных частот «балкона», они составляют 2,5, 5, 7,5 и 9 Гц.



Дубна, 10–20 сентября. Делегация из Вьетнама — участники рабочего совещания по ускорительным технологиям на установке Линак-200 в ЛЯП



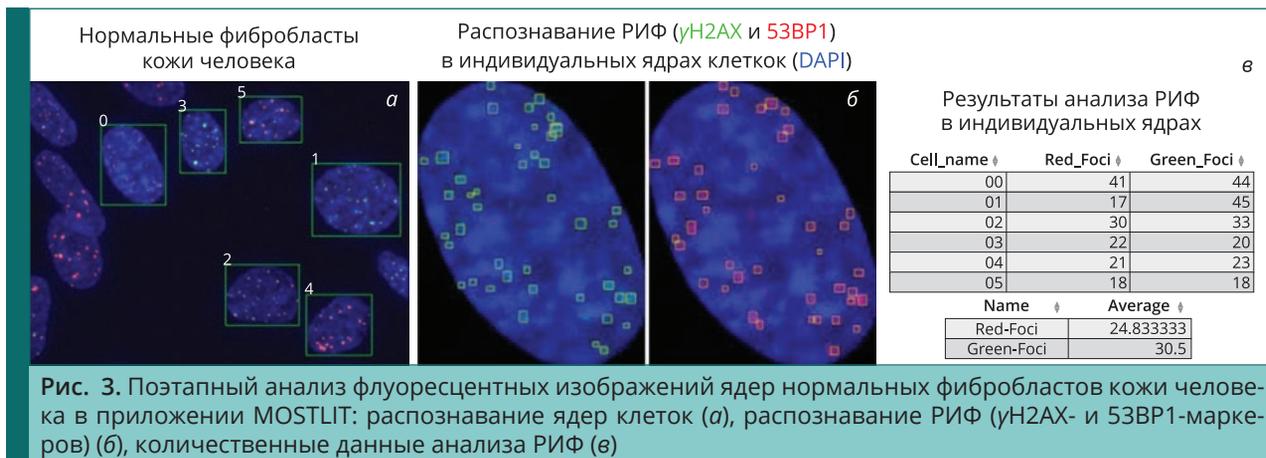
Установка позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС)

В течение 2024 г. разрабатывался прецизионный лазерный инклинометр (ПЛИ) нового типа — интерферометрический (ИПЛИ). Принцип его действия использует запатентованные технические решения. Создан прототип прибора, на котором исследовались: температурная стабильность ИПЛИ, влияние мощности лазера, необходимость использования вакуумирования. Основная задача — создание инклинометра более простого и надежного, чем МПЛИ (малогабаритного ПЛИ), с уменьшением каналов счи-

тывания, меньших габаритов и более низким частотным диапазоном работы.

В 2024 г. в рамках проекта «Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (PAS)» в ЛЯП был установлен и протестирован ионный источник, предназначенный для стравливания тонких слоев материала с образцов.

В дополнение к методу доплеровского уширения аннигиляционной линии (ДУАЛ) на потоке позитронов был запущен метод ДУАЛ на совпа-



дении, с помощью которого можно исследовать структуру дефектов и их химическое окружение с высокой точностью. Применение этих двух методов позволяет проводить анализ концентрации и распределения дефектов в материалах, анализ сплавов, наноструктур, тонкопленочных покрытий, характеризацию материалов, используемых в электронике, катализе и ядерной энергетике, исследование окружения дефектов для изучения химического состава материала.

В сотрудничестве ЛРБ и ЛИТ ОИЯИ продолжается разработка приложения (MOSTLIT) для анализа флуоресцентных изображений радиационно-индуцированных фокусов (РИФ), полученных с использованием метода иммуноцитохимии (рис. 3). На базе нейросетевого подхода разработан алгоритм по автоматическому анализу и подсчету РИФ в ядрах клеток нормальных фибробластов человека. Данные автоматического подсчета с использованием алгоритма MOSTLIT хорошо коррелируют с результатами, полученными при анализе изображений операторами. Сервис доступен на сайте [mostlit.jinr.ru](http://mostlit.jinr.ru).

В рамках проекта совместных исследований с Институтом микробиологии им. Стефана Ангелова (София, Болгария) изучены закономерности индукции мутаций антибиотикорезистентности у дрожжевых и бактериальных пробиотических штаммов. Высокая радиорезистентность и низкая мутабельность протестированных пробиотических препаратов свидетельствуют о возможности их использования в условиях космических полетов.

Создана программа прогнозирования радиационного повреждения нервных клеток с учетом детального описания субнейронной мишени, структуры трека и механизма радиолиза. Программа позволяет моделировать геометрию нервных клеток с учетом пространственной организации многочисленных дендритных шипиков и объединять их с моделью структуры трека на физической и радиационно-химической стадии. Результатом работы программы являются высокоточное предсказание величины поглощенной дозы и вероятности попадания частиц

в различные части клетки (тело, аксон, дендриты, шипики) при воздействии в широком диапазоне ускоренных частиц.

Реализована в программном виде математическая модель симулятора галактических космических лучей (ГКЛ) — специальной установки, потенциально способной воспроизводить на пучке релятивистских тяжелых ядер смешанное поле ионизирующего излучения для имитации радиационных условий космоса. В дальнейшем предполагаются создание и испытание прототипа симулятора ГКЛ в рамках комплекса NICA на прикладной станции СИМБО для проведения радиобиологических экспериментов в полях излучения, имитирующих радиационные поля в космосе.

Создана расчетная модель дозиметра нейтронов с гетерогенным замедлителем и гелиевым счетчиком с помощью кода MCNP для измерения амбиентной дозы нейтронов в широком диапазоне энергий: от тепловой области до высокоэнергетической (от  $10^{-9}$  МэВ до 1 ГэВ). Программа предназначена для восстановления нейтронных спектров на ядерно-физических установках методом статистической регуляризации по показаниям детекторов спектрометра Боннера. В программу вводятся данные счетов детекторов спектрометра Боннера, энергетические функции чувствительности детекторов, перечень используемых детекторов, а также априорная информация о максимальной энергии нейтронов.

В целях создания инновационных продуктов на базе исследовательской инфраструктуры и компетенций Института, развития международных, межлабораторных, междисциплинарных инициатив по актуальным для технологической повестки государств-членов Института направлениям подготовлено проведение конкурса инновационных разработок молодых ученых ОИЯИ, в рамках которого получают ежегодную поддержку 5–10 молодежных команд разработчиков из стран-участниц ОИЯИ.

Создан информационный ресурс по детекторным технологиям ОИЯИ — «Карта детекторных технологий» (Detector Center). Для форми-

рования и визуализации подобных баз данных в ОИЯИ создано интерактивное приложение. С его помощью формируется аналогичная база по ускорительным технологиям ОИЯИ — «Карта ускорительных технологий» (Accelerator Center). Базы данных по детекторным и ускорительным технологиям ОИЯИ наполняют молодежные межлабораторные команды Института. По SSO доступен контекстный поиск информации об имеющемся в лабораториях Института оборудовании, об опыте использования компонентов и материалов, об имеющихся компетенциях в об-

ласти создания современных детекторов, а также разработки и эксплуатации ускорителей частиц.

Для приведения в соответствие с законодательством страны местопребывания ОИЯИ действующего в Институте порядка по выплате вознаграждений авторам служебных результатов интеллектуальной деятельности во взаимодействии с лабораториями и службами Института подготовлено и введено в действие Положение о размерах и порядке выплаты вознаграждения за служебные результаты интеллектуальной деятельности.

## ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Отделом инноваций и интеллектуальной собственности СГИ ОИЯИ было продолжено взаимодействие с Федеральным институтом промышленной собственности (ФИПС) Федеральной службы РФ по интеллектуальной собственности (Роспатент) по заявкам на патенты ОИЯИ, прошедшим формальную экспертизу ФИПС Роспатента в 2023–2024 гг. С целью определения технического уровня новых разработок сотрудников ОИЯИ на предмет патентоспособности выполнена экспертиза ряда проектных разработок, включающая определение объектов правовой охраны и их классификацию в соответствии с Международной патентной классификацией (МПК), поиск аналогов и прототипов. Совместно с сотрудниками лабораторий готовились отчеты о патентных исследованиях.

По девяти разработкам совместно с авторами подготовлены комплекты заявочных документов, которые поданы в Роспатент РФ для получения патентов на изобретения.

Получено семь патентов РФ на изобретения и полезную модель:

— (RU) 2813557 «Позиционно-чувствительный детектор тепловых и холодных нейтронов на основе плоскопараллельной резистивной камеры», авторы: М. О. Петрова, А. А. Богдзель, В. И. Боднарчук, О. Даулбаев, В. М. Милков, А. К. Курилкин, К. В. Булатов, А. В. Дмитриев, В. А. Бабкин, М. М. Румянцев;

— (RU) 2814514 «Полупроводниковый лавинный детектор», авторы: З. Я. Садыгов, Н. И. Замятин, Р. А. Акберов, Т. Ю. Бокова, Ф. И. Ахмадов, А. З. Садыгов;

— (RU) 2816244 «Позиционно-чувствительный детектор тепловых и холодных нейтронов от компактного исследуемого образца», авторы: А. Г. Колесников, Б. Ж. Залиханов, В. И. Боднарчук;

— (RU) 2816242 «Способ сборки супермодулей для детектирования ионизирующего излучения», авторы: В. В. Елша, Д. В. Дементьев, А. Д. Шереметьев, А. Л. Воронин, Ю. А. Мушин;

— (RU) 226117 «Компактный низкофононовый счетчик нейтронов на основе гелий-3», авто-

ры: С. А. Евсеев, А. Н. Емельянов, И. И. Камнев, С. В. Розов, Е. А. Якушев;

— (RU) 2828765 «Способ охлаждения потока нейтронов и устройство для его реализации», автор С. Н. Доля;

— (RU) 2832195 «Способ изготовления соединения высокотемпературных сверхпроводящих кабелей», авторы: А. В. Шемчук, М. В. Ильин, М. С. Новиков.

Также в конце года получено положительное решение Роспатента РФ на выдачу патента по заявке 2024112102 «Способ импульсного напуска и запираения нейтронов в кольцевом накопителе нейтронов», авторы: Ю. В. Никитенко, Е. Д. Колупаев, В. В. Журавлев.

В реестре программ для электронных вычислительных машин Роспатента зарегистрированы 12 программ для ЭВМ:

— 2024612337 «Программа View\_KEE\_KSH дистанционного управления ключами эвакуации энергии коллайдера», авторы: А. К. Панфилов, Р. М. Ахмадриязлов, В. Н. Карпинский, С. В. Киров, А. В. Копченков, А. В. Сергеев;

— 2024616778 «Программа формирования управляющих сигналов для источника тока стенда испытаний сверхпроводящих магнитов», авторы: В. Н. Карпинский, Н. А. Блинов, А. Г. Зорин;

— 2024618617 «Программа визуализации данных компьютерной модели облучательной установки, имитирующей поле смешанного излучения на ускорителях заряженных частиц», автор И. С. Гордеев;

— 2024681268 «Программа прогнозирования радиационного повреждения нервных клеток с учетом детального описания субнейронной мишени, структуры трека и механизма радиолиза», авторы: Мунхбаатар Батмунх, Лхагваа Баярчимэг;

— 2024611065 «Интеллектуальная координационная система управления на основе квантового нечеткого выхода для Tango Controls», авторы: П. В. Зрелов, М. С. Катулин, А. Г. Решетников, С. В. Ульянов;

— 2024611064 «Программа восстановления нейтронных спектров по показаниям спектрометра Боннера (RECONST)», автор Л. Г. Бескровная;

— 2024661482 «Нейтронно-активационный анализ на установке РЕГАТА реактора ИБР-2», авторы: Д. С. Гроздов, В. А. Галустов;

— 2024661642 «Программа расчета спектров первичных частиц галактического космического излучения при различной солнечной активности GCRs Спектра», автор И. С. Гордеев;

— 2024661481 «Программа управления пневмотранспортной установкой РЕГАТА на реакторе ИБР-2», автор Д. С. Гроздов;

— 2024666033 «Программа регистрации заявок для иностранных сотрудников, приглашенных в ОИЯИ от лабораторий института», авторы: В. П. Елисеев, И. А. Журавлева;

— 2024666184 «Программа прямого доступа к таблицам данных регистрации командировок», автор В. П. Елисеев;

— 2024690973 «Программа визуализации и учета технологий и компетенций организации», авторы: А. В. Ильина, И. С. Пелеванюк.

В 2024 г. осуществлялась поддержка действия 72 патентов ОИЯИ. Проводилась работа с лабо-

раториями по выявлению патентов с приоритетом больше 10 лет, необходимость в дальнейшем поддержании действия которых отсутствует. В области патентно-информационной работы в 2024 г. в ОИЯИ поступило в электронном виде 36 номеров бюллетеня Роспатента «Изобретения. Полезные модели».

Оформляются информационные листы ОИиИС о получении Институтом новых патентов и государственной регистрации других объектов промышленной интеллектуальной собственности (программ для ЭВМ, баз данных и ТИМС). Эта информация регулярно включается в раздел «Патенты» на интернет-сайте ОИЯИ (<http://www.jinr.ru/posts/category/patents-ru/>), а также в разделы интернет-страницы ОИиИС «Действующие патенты» (<https://oliis.jinr.ru/index.php/patentovanie-2/8-russian/25-dejstvuyushchie-patenty-oiyai>) и «Программы ЭВМ, зарегистрированные ОИЯИ» (<https://oliis.jinr.ru/index.php/patentovanie-2/8-russian/28-programmy>).