Приложение 3.

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

___________/________________/

“____“________________202_ г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОТКРЫТИЯ ПРОЕКТА ПО НАПРАВЛЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ ОИЯИ

1. Общие сведения о проекте

1.1. Шифр темы

03-2-1100-2010

1.2. Шифр проекта

-

1.2. Лаборатория

Лаборатория ядерных проблем

1.3. Научное направление

IV Ядерная физика

1.4. Наименование проекта

Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины

1.5. Руководитель проекта

Д.В. Философов

1.6. Заместители руководителя проекта

А. Баймуханова, А.И. Величков, Ю.Б. Гуров, А.Х. Иноятов, Д.В. Караиванов, Д.Х. Хушвактов

2. Научное обоснование и организационная структура

2.1. Аннотация

Данный проект направлен на развитие методов ядерной спектроскопии и радиохимии, которые помимо собственных задач, охватывают ряд материально-технических и научных основ построения и совершенствования соответствующих экспериментов в областях астрофизики и нейтринной физики (методики регистрации частиц, калибровка, описание фона, уникально чистые материалы и т.п.), а также ядерной медицины (получение и очистка радиоизотопов, разработка и синтез радиофармпрепаратов, исследование механизмов воздействия на вещество в локациях распада радионуклидов и др.). Очень часто применение того или иного современного метода регистрации, уникально чистого материала, препарата конкретного радионуклида и т.п. являются необходимым условием достижения цели в заявленных областях. Проект нацелен как на разработку и реализацию методик для актуальных проектов лаборатории (института), так и на методики для расширения их горизонта. Конкретные области:

а) новые детекторы (полупроводниковые детекторы, жидкие и пластмассовые органические сцинтилляторы, композиционные сцинтилляционные системы регистрации, детекторы нейтронов и радона и др.);

б) «постраспадная» спектроскопия электронов и других излучений с акцентом на предельно низкие энергии;

в) традиционная гамма-спектроскопия на полупроводниковых детекторах (ППД), с акцентом на прецизионность определения энергии излучений и активностей источников (как точеных, так и объемных) в целях изучения мод распада и определения сечений ядерных реакций;

г) применение методов сверхтонких взаимодействий (СТВ) с использованием радиоактивных меток, а именно метода возмущенных угловых корреляций (ВУК) и эмиссионной моды Мессбауэровской спектроскопии для изучения радиофармпрепаратов и их прекурсоров в водосодержащих системах и других матриц;

д) разработка методов получения и очистки радионуклидных препаратов для синтеза радиофармпрепаратов, в том числе развитие генераторных способов их получения, развитие физико-химических методов оценки свойств радионуклидов и радиофармпрепаратов (их прекурсоров) в гомогенных и гетерогенных системах;

е) разработка и применение методов и методик для получения и анализа низкофоновых материалов с уникально низким содержанием радиоактивных примесей, в том числе применение метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой МС-ИСП, а также других аналитических и ядерно-спектроскопических методов.

2.2. Научное обоснование (цель, актуальность и научная новизна, методы и подходы, методики, ожидаемые результаты, риски)

Целью проекта является разработка и реализация методов и методик радиохимии и спектрометрии, применяемых в астрофизике, нейтринной физике и ядерной медицине.

Использование методов ядерной спектроскопии и радиохимии при изучении свойств нейтрино, поиске частиц темной материи, исследованиях редких и других физических процессов твердо и заслуженно зарекомендовано в многочисленных экспериментах, проводимых по данным тематикам фундаментальной физики. Практически тоже самое можно сказать и о их роли в ядерной медицине. Таким образом актуальность данной тематики несомненна. Залогом научной новизны проекта, является его нацеленность на разработку методик и методов, позволяющих расширить горизонт заявленных целевых экспериментов. Для этого во многих случаях необходимо улучшать энергетическое (либо/и временное) разрешение детекторов, с учетом оптимизации их размеров как, впрочем, и «излучающих» образцов, а также других свойств. При этом ярко проявляется требования к всевозможной чистоте используемых материалов. Последний пункт практически всегда требует уникально низкого уровня примесей, что, несомненно, преобразует возникающие при этом препаративные и аналитические задачи из технических в передовые научные. Подобное можно сказать о любой весомой спектрометрической характеристике установок. Также весьма важно подчеркнуть, что требования астрофизических, нейтринных и ядерно-медицинских исследований зачастую параллельны либо являются обратной задачей. Например, очистка низкофонового материала от радиоактивных примесей и выделение радионуклидов из облученных мишеней формально являются обратной задачей, а на практике сводятся к единой задаче отделения микроколичества вещества от макроколичеств. Следующий факт - в ядерной медицине (радиобиологии) и современной спектрометрии важнейшей общей, не до конца решенной научной проблемой, является перераспределение энергии в области менее 500 эВ между носителями (электроны, ионы, возбужденные частицы-дефекты, фотоны, фононы) в конденсированной среде как при радиоактивном распаде, так и при ионизации внешним облучением. Подобные примеры можно продолжить.

Подразделы проекта:

а) новые детекторы - разработка и применение детекторов на основе карбида кремния (SiC) для регистрации ядерных излучений. SiC-детекторы, обладающие высокой радиационной стойкостью (на порядок выше, чем у кремния) и работоспособностью при высоких температурах > 400°C, планируется использовать для контроля работы сильноточных ускорителей, ядерных реакторов, а также для диагностики горячей плазмы;

- разработка и исследование жидких теллуросодержащих сцинтилляторов для поиска двойного безнейтринного β-распада (возможно использование в крупномасштабном детекторе JUNO), а также других типов жидких и пластмассовых сцинтилляторов;

- разработка композиционных сцинтилляционных систем регистрации для нейтринных экспериментов;

- разработка и применение ^{3}He-счетиков для регистрации низких потоков нейтронов (менее 10^{-6} n×см$^{-2}$×с), разработка компактного чувствительного детектора радона, разработка технологии изготовления низкорадиоактивных деталей с использованием 3D-печати;

б) экспериментальное исследование спектров низкоэнергетических электронов (0 -50 кэВ) на спектрометре ESA-50 и спектров гамма- и рентгеновского излучений на ППД при радиоактивном распаде с целью получения новых данных о низковозбужденных состояниях ядер и пострaспадной релаксации атомных систем, поиск способов спектрометрии пострaспадных фотонов (от края инфракрасного излучения до мягкого рентгеновского) в области энергий 1-200 эВ;

в) разработка методики применения кодов моделирования (Geant4, MCNP и FLUKA) характеристик HPGe спектрометров, как на ускорителе электронов ЛИНАК-200 с целью определения выходов фотоядерных реакций, так и на других базовых установках ОИЯИ. Изучение мод распада широкого круга радионуклидов, их содержания в образцах (^{96}Zr, ^{40}K, ^{138}La и др.) для изучения редких процессов;

г) совершенствование методов возмущенных угловых корреляций (ВУК) и Мессбауэровской спектроскопии (эмиссионная мода) с использованием радиоактивных меток ^{111}In, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{119}Sb, ^{119m}Sn, ^{57}Co, ^{161}Tb и др., для изучения радиофармпрепаратов и их прекурсоров (составных частей) в водосодержащих системах, а также других матриц, развитие физико-химических методов оценки свойств радионуклидов и радиофармпрепаратов в гомогенных и гетерогенных системах;

д) радиохимия и ядерная медицина - исследование сорбционных процессов для различных систем раствор-сорбент как химическую основу методик очистки радиопрепартов (как, впрочем, и очистки низкофоновых материалов) и приготовления радионуклидных генераторов для производства радиофармпрепаратов;

- разработка методов производства и выделения (в том числе и с использованием масс-сепарации) радионуклидов из мишеней, облученных протонами, нейтронами и гамма-квантами для производства радиофармпрепаратов (^{103}Pd, ^{119}Sb, ^{161}Tb, ряд альфа-излучателей и др.);

- на основе реверсно-тандемных методов будет продолжена разработка большого круга радионуклидных генераторов ($^{44}Ti \rightarrow {}^{44}Sc$, $^{68}Ge \rightarrow {}^{68}Ga$, $^{90}Sr \rightarrow {}^{90}Y$, $^{238}U \rightarrow {}^{234}Th$, $^{237}Np \rightarrow {}^{233}Pa$, $^{229}Th \rightarrow {}^{225}Ac$, $^{227}Ac \rightarrow {}^{227}Th \rightarrow {}^{223}Ra$, $^{202}Pb \rightarrow {}^{202}Tl$, $^{194}Hg \rightarrow {}^{194}Au$, $^{32}Si \rightarrow {}^{32}P$ и др.) для расширения возможностей получения медицинских радионуклидов. Будет рассмотрена возможность создания 1-2 генераторов значимой активности для внешних пользователей;

- разработка методик мечения радионуклидами радиофармпрепаратов на основе хелаторов с «медленной» кинетикой, исследование проблемы хелатирования радия;

е) разработка и реализация методов получения образцов (^{82}Se, ^{96}Zr, материалы защиты, припой и т.п.) для астрофизических и нейтринных задач на новом ультранизком уровне содержания примесей (от мБк/кг к мкБк/кг по Th и U). Основные подходы к решению обозначенных задач: применение противоточной хроматографии, низкокипящих и других подготовленных либо отобранных реагентов, использование отобранных и подготовленных материалов реакторов;

- разработка и реализация методов анализа образцов на ультранизком уровне чувствительности (от мБк/кг к мкБк/кг по Th и U) с использованием МС-ИСП, нейтроноактивационного анализа (НАА) и других методов, разработка методик прецизионного определения химического и изотопного составов веществ – материалов, используемых в астрофизических и нейтринных экспериментах.

2.3. Предполагаемый срок выполнения

До 2028 г. Проект будет продолжатся дальше в зависимости от полученных результатов.

2.4. Участвующие лаборатории ОИЯИ

2.4.1. Потребности в ресурсах МИВК

Вычислительные ресурсы	Распределение по годам				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Хранение данных (ТБ) - EOS - Ленты					
Tier 1 (ядро-час)					
Tier 2 (ядро-час)					
СК «Говорун» (ядро-час) - CPU - GPU					
Облака (CPU ядер)					

2.5. Участвующие страны, научные и научно-образовательные организации

Организация	Страна	Город	Участники	Тип соглашения

2.6. Организации-соисполнители *(те сотрудничающие организации/партнеры без финансового, инфраструктурного участия которых выполнение программы исследований невозможно. Пример — участие ОИЯИ в экспериментах LHC в CERN)*

3. Кадровое обеспечение

3.1. Кадровые потребности в течение первого года реализации

№№ п/п	Категория работника	Основной персонал, сумма FTE	Ассоциированный персонал, сумма FTE
1.	научные работники	16,35	-
2.	инженеры	11,05	-
3.	специалисты	1	-
4.	служащие	-	-
5.	рабочие	1,1	-
	Итого:	**29,5**	**-**

3.2. Доступные кадровые ресурсы

3.2.1. Основной персонал ОИЯИ

№№ п/п	Категория работников	ФИО	Подразделение	Должность	Сумма FTE
1.	научные работники	Баймуханова Аягоз	ЛЯП	научный сотрудник	
		Ваганов Юрий Аркадьевич	ЛЯП	научный сотрудник	
		Величков Атанас Иванов	ЛЯП	старший научный сотрудник	
		Воробьёва Мария Юрьевна	ЛЯП	научный сотрудник	
		Гуров Юрий Борисович	ЛЯП	начальник сектора	
		Дадаханов Жахонгир Абдулхаевич	ЛЯП	младший научный сотрудник	
		Иноятов Анвар Хидоятович	ЛЯП	начальник сектора	
		Караиванов Димитр Веселинов	ЛЯП	старший научный сотрудник	
		Картавцев Олег Иванович	ЛЯП	старший научный сотрудник	
		Мирзаев Ниджат Агиль оглы	ЛЯП	младший научный сотрудник	
		Морозов Владимир Александрович	ЛЯП	главный научный сотрудник	
		Пономарев Дмитрий Владимирович	ЛЯП	младший научный сотрудник	
		Расулова Фазилат Абдувалиевна	ЛЯП	младший научный сотрудник	
		Рахимов Алимардон Восибович	ЛЯП	научный сотрудник	
		Розов Сергей Владимирович	ЛЯП	заместитель начальника отдела	

		Саламатин Александр Васильевич	ЛЯП	старший научный сотрудник	
		Саламатин Денис Александрович	ЛЯП	младший научный сотрудник	
		Сандуковский Вячеслав Григорьевич	ЛЯП	консультант при дирекции ЛЯП	
		Солнышкин Александр Александрович	ЛЯП	старший научный сотрудник	
		Стегайлов Владимир Ильич	ЛЯП	научный сотрудник	
		Суслов Иван Андреевич	ЛЯП	младший научный сотрудник	
		Темербулатова Наргиза	ЛЯП	младший научный сотрудник	
		Тимкин Виктор Владимирович	ЛЯП	научный сотрудник	
		Трофимов Владимир Николаевич	ЛЯП	научный сотрудник	
		Философов Дмитрий Владимирович	ЛЯП	начальник сектора	
		Хушвактов Журабек Хатамович	ЛЯП	старший научный сотрудник	
		Якушев Евгений Александрович	ЛЯП	начальник отдела	
		Немченок Игорь Борисович	ЛЯП	начальник группы	
2.	инженеры	Абд Альнгар Махмуд Абдулилах Махмуд	ЛЯП	инженер	
		Алексеев Игорь Васильевич	ЛЯП	старший инженер	
		Вагина Ольга Васильевна	ЛЯП	инженер	
		Винокуров	ЛЯП	старший	

		Николай Алексеевич		инженер	
		Вольных Владимир Петрович	ЛЯП	ведущий инженер	
		Дадаханова Хилола Самаджоновна	ЛЯП	инженер	
		Денисова Екатерина Александровна	ЛЯП	инженер	
		Евсеев Сергей Александрович	ЛЯП	инженер	
		Калинова Боряна Евтимова	ЛЯП	инженер	
		Камнев Илья Ильич	ЛЯП	инженер	
		Катулин Сергей Анатольевич	ЛЯП	старший инженер	
		Катулина Светлана Леонидовна	ЛЯП	старший инженер	
		Куракина Елена Сергеевна	ЛЯП	инженер	
		Морозова Наталья Владимировна	ЛЯП	инженер	
		Мухина Марина Васильевна	ЛЯП	старший инженер	
		Розова Ирина Евгеньевна	ЛЯП	инженер	
		Саматов Журабой Киличович	ЛЯП	инженер	
		Фатеев Сергей Вадимович	ЛЯП	инженер	
		Шахов Константин Викторович	ЛЯП	инженер	
		Шевченко Марина Юрьевна	ЛЯП	инженер	
		Щербакова Ирина Сергеевна	ЛЯП	инженер	
3.	специалисты	Кулькова Елена	ЛЯП	специалист	

		Юрьевна		по документообороту	
		Ледницка Татьяна	ЛЯП	лаборант	
		Морозова Татьяна Анатольевна	ЛЯП	старший инспектор	
		Хусенова Юлдуз Каримовна	ЛЯП	лаборант	
4.	рабочие	Емельянов Андрей Николаевич	ЛЯП	слесарь-ремонтник	
		Заикин Андрей Анатольевич	ЛЯП	механик экспериментальных стендов и установок	
		Фарисеева Валентина Васильевна	ЛЯП	старший техник	
	Итого:	**57**			**29,5**

3.2.2. Ассоциированный персонал ОИЯИ

№№ п/п	Категория работников	Организация-партнер	Сумма FTE
1.	научные работники		
2.	инженеры		
3.	специалисты		
4.	рабочие		
	Итого:		

4. Финансовое обеспечение

4.1. Полная сметная стоимость проекта

Прогноз полной сметной стоимости (указать суммарно за весь срок. за исключением ФЗП).

3000 тыс.долл.

Детализация приводится в отдельной форме.

4.2. Внебюджетные источники финансирования

Предполагаемое финансирование со стороны соисполнителей/заказчиков — общий объем.

Руководитель проекта _________/ Д. В. Философов /

Дата представления проекта в ДНОД _________

Дата решения НТС Лаборатории «6» апреля 2023 г, номер документа № 2023-6

Год начала проекта 2023 г.

Предлагаемый план-график и необходимые ресурсы для осуществления Проекта: **Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины**

Наименования затрат. ресурсов. источников финансирования			**Стоимость (тыс. долл.) потребности в ресурсах**	**Стоимость. распределение по годам**				
				1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
		Международное сотрудничество (МНТС)	550	110	110	110	110	110
		Материалы	600	120	120	120	120	120
		Оборудование и услуги сторонних организаций (пуско-наладочные работы)	1500	300	300	300	300	300
		Пуско-наладочные работы	100	20	20	20	20	20
		Услуги научно-исследовательских организаций	50	10	10	10	10	10
		Приобретение программного обеспечения	100	20	20	20	20	20
		Проектирование/строительство						
		Сервисные расходы (*планируются в случае прямой принадлежности к проекту)*	100	20	20	20	20	20
Необходимые ресурсы	**Нормо-час**	Ресурсы						
		– сумма FTE.	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
		– ускорителя/установки.						
		– реактора…..						
Источники финансирования	**Бюджетные средства**	Бюджет ОИЯИ *(статьи бюджета)*	3000	600	600	600	600	600
	Внебюджет (доп. смета)	Вклады соисполнителей Средства по договорам с заказчиками Другие источники финансирования						

Руководитель проекта _________/ Д.В. Философов /

Экономист Лаборатории _________/ Г.А. Усова /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ ПРОЕКТА

НАИМЕНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины

УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА

ШИФР ПРОЕКТА

ШИФР ТЕМЫ

03-2-1100-2010

ФИО РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА

Д.В. Философов

СОГЛАСОВАНО

ВИЦЕ-ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА	____________	__________	__________
	ПОДПИСЬ	ФИО	ДАТА
ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ	____________	__________	__________
ИНСТИТУТА	ПОДПИСЬ	ФИО	ДАТА
ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР	____________	__________	__________
	ПОДПИСЬ	ФИО	ДАТА
ДИРЕКТОР ЛАБОРАТОРИИ	____________	__________	__________
	ПОДПИСЬ	ФИО	ДАТА
ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ЛАБОРАТОРИИ	____________	__________	__________
	ПОДПИСЬ	ФИО	ДАТА
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ЛАБОРАТОРИИ	____________	__________	__________
	ПОДПИСЬ	ФИО	ДАТА
РУКОВОДИТЕЛЬ ТЕМЫ	____________	__________	__________
	ПОДПИСЬ	ФИО	ДАТА
РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА	____________	__________	__________
	ПОДПИСЬ	ФИО	ДАТА
ОДОБРЕН ПКК ПО НАПРАВЛЕНИЮ	____________	__________	__________
	ПОДПИСЬ	ФИО	ДАТА

Приложение 4.

1. Общие сведения по проекту

1.1. Научное направление

IV Ядерная физика

1.2. Наименование проекта

Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины

1.3. Шифр проекта

-

1.4. Шифр темы

03-2-1100-2010

1.5. Фактический срок реализации проекта

1.6. Руководитель проекта

Д.В. Философов

2. Научный отчет

2.1. Аннотация

Данный проект открывается впервые. Однако следует отметить, что круг вопросов и работ проекта являются традиционными для коллектива, которые выполнялись в рамках проектов темы 03-2-1100-2010 либо в рамках активностей данной темы. По соответствующей тематике и в прошлые годы и совсем в недавнее время был выполнен очень большой объем работ и получены значимые научные результаты. Новые результаты:

- разработана методика изготовления SiC-детекторов на основе диодов Шоттки;

- разработана серия новых теллуросодержащих сцинтилляторов;

- получены спектры электронов низких энергий для определения мод распада;

- определены сечения фотоядерных реакций на гольмии (Ho);

- определены характеристики динамического процесса образования и устойчивости прекурсоров радиофармпрепаратов методом ВУК;

- определены параметры сорбционных процессов для различных систем раствор-сорбент с использованием радиоактивных меток и метода МС-ИСП;

- разработаны методики очистки и анализа низкофоновых материалов;

- разработаны методики выделения радионуклидов для получения радиофармпрепаратов (ускорительные эксперименты, генераторные пары), опубликованы обзорные статьи по данной тематике.

2.2. Развернутый научный отчет

2.2.1. Описание режима работы и функционирования основных систем и оборудования (для подпроекта КИП).

2.2.2. Описание проведенных экспериментов (для экспериментальных проектов):

- подготовка и проведение облучения разработанных SiC-детекторов ионами Xe с энергией 165 МэВ;

- оптимизация химического процесса (выбор реагентов, оборудования, условий синтеза и т.п.) для получения жидких и пластмассовых теллуросодержащих сцинтилляторов;

- изготовление источников и проведение измерений на ESA 50 с разрешением ~ 4 эВ спектров электронов из распада радионуклидов в диапазоне энергий 0 - 40 кэВ;

- подготовка и проведение экспериментов по определению сечений фотоядерных реакций при облучении на ускорителе электронов ЛИНАК-200;

- изготовление источников медицинских изотопов и их аналогов (^{111}In, ^{152}Eu, ^{154}Eu и др.). выполнение измерений с использованием метода ВУК динамического процесса образования и устойчивости прекурсоров (комплексы с ДТПА в растворах), а также измерение с помощью ВУК сверхтонкого взаимодействия в твердотельных образцах;

- изготовление радиоактивных меток. измерение характеристик сорбционных процессов для различных систем раствор-сорбент с использованием радионуклидных методик и метода МС-ИСП;

- выбор и подготовка систем разделения и кондиционирования для очистки низкофоновых материалов, реализация указанных методик и анализ полученных образцов;

- выбор ядерной реакции и/либо генераторной пары для получения радионуклидов, выбор параметров облучения мишеней и/либо физико-химической схемы генератора, выделение радиопрепаратов, выбор методики кондиционирования радиопрепаратов для синтеза радиофармпрепаратов, в ряде случаев выбор методики синтеза радиофармпрепаратов, реализация и оптимизация указанных процессов.

2.2.3. Описание проделанной научной работы и полученных результатов:

- разработана методика изготовления SiC-детекторов на основе диодов Шоттки; впервые показано, что при облучении SiC-детекторов ионами Xe (E = 165 МэВ) их радиационная стойкость значительно выше, чем у кремниевых детекторов;

- разработаны стабильные во времени жидкие сцинтилляторы с рекордной концентрацией теллура, пригодных для использования в крупномасштабных детекторах (JUNO); впервые получены пластмассовые теллуросодержащие сцинтилляторы;

- определена структура низкоэнергетических переходов ^{227}Th, заселяемых из β-распада ^{227}Ac; показано, что переход 9.2 кэВ в ^{227}Th имеет смешанный тип мультипольности M1+E2;

- впервые экспериментально определены сечения (γ,n), (γ,3n), (γ,4n), (γ,5n) и (γ,6n) фотоядерных реакций на ядрах ^{165}Ho в диапазоне энергий 50 - 110 МэВ;

- с использованием метода ВУК показано, что при распаде электронным захватом в водных растворах ДТПА в области лантаноидов практически все дочерние ядра выходят из окружения материнского ($^{152}Eu(EC)^{152}Sm$), в случае β^-- распада дочерние ядра не покидают комплекс ($^{154}Eu(\beta^-)^{154}Gd$), а в случае $^{111}In(EC)^{111}Cd$ половина дочерних ядер остается в комплексе. Это позволило определить термодинамические и кинетические характеристики прекурсоров радиофармпрепаратов медицинских радионуклидов и их аналогов на примере ^{154}Eu и ^{111}In, более того это открывает возможности для проведения таким способом исследований радиофармпрепаратов *in vitro* и даже in *vivo.* Также исследованы сверхтонкие взаимодействия ряда твердотельных образцов;

- определены коэффициенты распределения элементов в различных системах раствор-сорбент с использованием радионуклидных меток и метода МС-ИСП;

- разработана методика очистки и кондиционирования изотопа ^{82}Se (суммарный вес порядка 2 кг) с уникально низким содержанием радиоактивных примесей (десятки-сотни мкБк/кг по Th и U), указанный изотоп будет использован для поиска безнейтринной моды двойного бета распада в эксперименте NEMO-Demonstrator;

- разработаны методики приготовления низкофоновых припоя и флюсов, анализ данных материалов с помощью методик МС-ИСП и НАА показал, что содержание примесей в них составляет мБк/кг и ниже по Th и U;

- разработаны методики получения радиопрепаратов для ядерной медицины: получение радионуклидов для позитронно-эмиссионной томографии ПЭТ при помощи радионуклидных генераторов $^{68}Ge\rightarrow^{68}Ga$, $^{86}Zr\rightarrow^{86}Y$; реверсно-тандемная схема генератора $^{44}Ti\rightarrow^{44}Sc$; получение изотопа ^{44}Sc на ускорителе; получение терапевтических изотопов ^{119}Sb и ^{225}Ac; для ряда полученных радионуклидов отработаны методики синтеза радиофармпрепаратов на их основе; опубликованы обзорные статьи о роли радионуклидных источников для синтеза радиофармпрепаратов.

2.2.4. Список основных публикаций авторов ОИЯИ. включая ассоциированный персонал по результатам работы по проекту (список библиографических ссылок).

1. Filosofov D. V., Baimukhanova A. E., Kurakina E. S., Karaivanov D. V., Velichkov A. I., Radchenko V. I., Yakushev Y. A. "Radiochemical Investigations for Radiopharmaceutical Nuclear Medicine at JINR Laboratory of Nuclear Problems." Physics of Particles and Nuclei 2, 2023. Accepted. IF 0.786
2. I. Alekseev, K. Balej, V. Belov, S. Evseev, D. Filosofov, M. Fomina, Z. Hons, D. Karaivanov, S. Kazartsev, J. Khushvaktov, A. Kuznetsov, A. Lubashevskiy, D. Medvedev, D. Ponomarev, A. Rakhimov, K. Shakhov, E. Shevchik, M. Shirchenko, K. Smolek, S. Rozov, I. Rozova, S. Vasilyev, E. Yakushev, I. Zhitnikov. "First results of the νgeN experiment on coherent elastic neutrino-nucleus scattering." *Physical Review D* 106, 5, 2022, ISSN 2470-0010, https://doi.org/10.1103/PhysRevD.106.L051101. IF 5.296
3. E. Armengaud and EDELWEISS collaboration. "Search for sub-GeV dark matter via the Migdal effect with an EDELWEISS germanium detector with NbSi transition-edge sensors." *Physical Review D* 106, 6, 2022, ISSN 2470-0010, https://doi.org/10.1103/PhysRevD.106.062004. IF 5.296
4. E.S. Kurakina, L. Wharton, C. Hoehr, C. Orvig, E.P. Magomedbekov, D. Filosofov, V. Radchenko. "Improved separation scheme for ^{44}Sc produced by irradiation of ^{nat}Ca targets with 12.8 MeV protons." *Nuclear Medicine and Biology* 104, 2022, pp. 22-27, ISSN 0969-8051, https://doi.org/10.1016/j.nucmedbio.2021.11.002. IF 2.947

5. Yu. B. Gurov, S. A. Evseev, N. I. Zamyatin, Yu. A. Kopylov, S. V. Rozov, V. G. Sandukovsky, E. A. Streletskaia, L. Hrubcin, B. Zat'ko, P. Boháček. "Radiation Resistance of SiC Detectors after Neutron Irradiation", Physics of Particles and Nuclei Letters, 19, 6, 740, 2022, ISSN 1547-4771, https://doi.org/10.1134/S1547477122060115 IF 0.57

6. B. Zaťko, L. Hrubčín, A. Šagátová, J. Osvald, P. Boháček, E. Kováčová, Y. Halahovets, S. V. Rozov, V.G. Sandukovskij. "Study of Schottky barrier detectors based on a high quality 4H-SiC epitaxial layer with different thickness", Applied Surface Science, 536, 1-3,14780, 2021, ISSN:0169-4332, https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.147801 IF 1.147

7. M. Agostini and GERDA collaboration. "Search for exotic physics in double-β decays with GERDA Phase II." *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 2022, 12, 2022, ISSN 1475-7516, https://doi.org/10.1088/1475-7516/2022/12/012. IF 7.28

8. N. A. Mirzayev, Kh. F. Mammadov, Zh. P. Burmii, D. V. Karaivanov, E. S. Kurakina, N. T. Temerbulatova, A. Baimukhanova, A. V. Rakhimov, S. V. Rozov, G. K. Salimova, A. A. Mirsagatova, I. I. Sadikov, D. V. Filosofov, E. A. Yakushev. "High-purity ammonium acetate solution for low-background electronics." *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 331, 12, 2022, pp. 5539-5545, ISSN 0236-5731, https://doi.org/10.1007/s10967-022-08608-3. IF 1.754

9. J. H. Khushvaktov, V. I. Stegailov, J. Adam, V. V. Kobets, A. A. Solnyshkin, J. Svoboda, Yu. G. Teterev, P. Tichy, S. I. Tyutyunnikov, J. Vrzalova, B. S. Yuldashev, M. Zeman. "Study of Photonuclear Reactions in ^{165}Ho Nucleus at the LINAC-200 Accelerator." *Physics of Particles and Nuclei Letters* 19, 4, 2022, pp. 347-352, ISSN 1547-4771, https://doi.org/10.1134/S1547477122040161. IF n/a

10. A. Baimukhanova, G. Engudar, G. Marinov, E. Kurakina, J. Dadakhanov, D. Karaivanov, H. Yang, C. F. Ramogida, P. Schaffer, E.P. Magomedbekov, D. Filosofov, V. Radchenko. "An alternative radiochemical separation strategy for isolation of Ac and Ra isotopes from high energy proton irradiated thorium targets for further application in Targeted Alpha Therapy (TAT)." *Nuclear Medicine and Biology* 112, 2022, pp. 35-43, ISSN 0969-8051, https://doi.org/10.1016/j.nucmedbio.2022.06.003. IF 2.947

11. D. Filosofov, E. Kurakina, V. Radchenko. "Potent candidates for Targeted Auger Therapy: Production and radiochemical considerations." *Nuclear Medicine and Biology* 94, 2021, pp. 1-19, ISSN 0969-8051, https://doi.org/10.1016/j.nucmedbio.2020.12.001. IF 2.947

12. Abusleme, A…., I. Nemchenok and JUNO collaboration. "Optimization of the JUNO liquid scintillator composition using a Daya Bay antineutrino detector." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 988, 2021, ISSN 0168-9002, https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164823. IF 1.445

13. Abusleme, A…., I. Nemchenok and JUNO collaboration. "The design and sensitivity of JUNO's scintillator radiopurity pre-detector OSIRIS." *European Physical Journal C* 81, 11, 2021, ISSN 1434-6044, https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-021-09544-4. IF 4.994

14. J. Dadakhanov, A. Marinova, A. Baimukhanova, D. Karaivanov, N. Temerbulatova, J. Kozempel, F. Roesch, D. Filosofov. "Sorption of various elements on ion-exchange resins in acetic media." *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 327, 3, 2021, pp. 1191-1199, ISSN 0236-5731, https://doi.org/10.1007/s10967-021-07600-7. IF 1.754

15. A. Kovalík, A.Kh. Inoyatov, L.L. Perevoshchikov, M. Ryšavý, D.V. Filosofov, P. Alexa, J. Kvasil. "The first experimental evidence for the (M1 + E2) mixed character of the 9.2 keV transition in ^{227}Th." *Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics* 820, 2021, ISSN 0370-2693, https://doi.org/10.1016/j.physletb.2021.136593. IF 4.95

16. V. Radchenko, A. Baimukhanova, D. Filosofov. "Radiochemical aspects in modern radiophar-

maceutical trends: a practical guide." *Solvent Extraction and Ion Exchange* 39, 7, 2021, pp. 714-744, ISSN 0736-6299, https://doi.org/10.1080/07366299.2021.1874099. IF 2.513
17. D. Ponomarev, D. Filosofov, J. Khushvaktov, A. Lubashevskiy, I. Rozova, S. Rozov, K. Shakhov, Yu. Shitov, V. Timkin, E. Yakushev, I. Zhitnikov. "NaI(Tl+Li) scintillator as multirange energies neutron detector." *Journal of Instrumentation* 16, 12, 2021, ISSN 1748-0221, https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/12/P12011. IP 1.121
18. A. Kovalík, A. Kh. Inoyatov, L. L. Perevoshchikov, M. Ryšavý, D. V. Filosofov, J. A. Dadakhanov. "Experimental investigation of the 9.2 and 24.3 keV nuclear transitions in ^{227}Th." *European Physical Journal A* 57, 10, 2021, ISSN 1434-6001, https://doi.org/10.1140/epja/s10050-021-00577-7. IF 3.131
19. Rakhimov, A.V and SuperNemo collaboration. "Development of methods for the preparation of radiopure ^{82}Se sources for the SuperNEMO neutrinoless double-beta decay experiment." *Radiochimica Acta* 108, 2, 2020, pp. 87-97, ISSN 0033-8230, https://doi.org/10.1515/ract-2019-3129. IF 2.083
20. E. S. Kurakina, V. Radchenko, A. N. Belozub, G. Bonchev, G. A. Bozhikov, A. I. Velichkov, M. Stachura, D. V. Karaivanov, E. P. Magomedbekov, D. V. Filosofov. "Perturbed Angular Correlation as a Tool to Study Precursors for Radiopharmaceuticals." *Inorganic Chemistry* 59, 17, 2020, pp. 12209-12217, ISSN 0020-1669, https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.0c01208. IF 5.436
21. N.A. Mirzayev, D. Filosofov, Kh. Mammadov, M. De Jésus, D.V. Karaivanov, D. Ponomarev, A. Rakhimov, I. Rozova, S. Rozov, N. Temerbulatova. "Low radioactive NH_4Cl flux." *Journal of Instrumentation* 155, 2020, ISSN 1748-0221, https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/05/T05004. IP 1.121
22. J.H. Khushvaktov, P. Tichý, J. Adam, A.A. Baldin, M. Baznat, M. Brunčiaková, W.I. Furman, S.A. Gustov, D. Král, A.A. Solnyshkin, V.I. Stegailov, J. Svoboda, V.M. Tsoupko-Sitnikov, S.I. Tyutyunnikov, R. Vespalec, J. Vrzalová, V. Wagner, I.P. Yudin, B.S. Yuldashev, L. Závorka, M. Zeman. "Study of the residual nuclei generation in a massive lead target irradiated with 660 MeV protons." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 959, 2020, ISSN 0168-9002, https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.163542. IF 1.445

2.2.5. Полный список публикаций (приложение в электронном виде. для журнальных публикаций с указанием импакт-фактора журнала).

1. Filosofov, D. et al. "Radiochemical Investigations for Radiopharmaceutical Nuclear Medicine at JINR Laboratory of Nuclear Problems." Physics of Particles and Nuclei 2, 2023. Accepted. IF 0.786
2. Chen, S. et al. "Determination of distribution coefficients of mercury and gold on selected extraction chromatographic resins - towards an improved separation method of mercury-197 from proton-irradiated gold targets." *Journal of Chromatography A* 1688, 2023, 463717, https://doi.org/10.1016/j.chroma.2022.463717. IF 4.759
3. Wang, J. et al. "Damping signatures at JUNO, a medium-baseline reactor neutrino oscillation experiment." *Journal of High Energy Physics* 6, 2022, ISSN 1029-8479, https://doi.org/10.1007/JHEP06(2022)062. IF 6.376
4. Abusleme, A. et al. "Sub-percent precision measurement of neutrino oscillation parameters with JUNO." *Chinese Physics C* 46, 12, 2022, ISSN 1674-1137, https://doi.org/10.1088/1674-1137/ac8bc9. IF 2.944
5. Alekseev, I. et al. "First results of the νgeN experiment on coherent elastic neutrino-nucleus scattering." *Physical Review D* 106, 5, 2022, ISSN 2470-0010,

https://doi.org/10.1103/PhysRevD.106.L051101. IF 5.296
6. Agostini, M et al. "Pulse shape analysis in Gerda Phase II." *European Physical Journal C* 82, 4, 2022, ISSN 1434-6044, https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-022-10163-w. IF 4.994
7. Armengaud, E. et al. "Search for sub-GeV dark matter via the Migdal effect with an EDEL-WEISS germanium detector with NbSi transition-edge sensors." *Physical Review D* 106.6, 2022, ISSN 2470-0010, https://doi.org/10.1103/PhysRevD.106.062004. IF 5.296
8. Abusleme, A. et al. "Mass testing and characterization of 20-inch PMTs for JUNO." *European Physical Journal C* 82, 12, 2022, ISSN 1434-6044, https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-022-11002-8. IF 4.994
9. Kurakina, E.S. et al. "Improved separation scheme for ^{44}Sc produced by irradiation of ^{nat}Ca targets with 12.8 MeV protons." *Nuclear Medicine and Biology* 104, 2022, pp. 22-27., ISSN 0969-8051, https://doi.org/10.1016/j.nucmedbio.2021.11.002. IF 2.947
10. Y.B. Gurov et al. "Radiation Resistance of SiC Detectors after Neutron Irradiation", Physics of Particles and Nuclei Letters, 19, 6, 740, 2022, ISSN 1547-4771, https://doi.org/10.1134/S1547477122060115 IF 0.57
11. B. Zat'ko et al. "Study of Schottky barrier detectors based on a high quality 4H-SiC epitaxial layer with different thickness", Applied Surface Science, 536, 1-3, 14780, 2021, ISSN:0169-4332, https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.147801 IF 1.147
12. Kurakina, E.S. et al. "An improved separation scheme for ^{44}Sc purification from proton irradiated calcium." *Nuclear Medicine and Biology*, 96-97-S1, 2021. https://doi.org/10.1016/s0969-8051(21)00417-0. IF 2.947
13. Radchenko, V. et al. "Production of emerging theranostic radionuclides at TRIUMF." *Nuclear Medicine and Biology*, 108-109-S172, 2021. https://doi.org/10.1016/s0969-8051(21)00417-0. IF 2.947
14. Huang, X et al. "Potential of core-collapse supernova neutrino detection at JUNO." *Proceedings of Science* 395, 2022, ISSN 1824-8039. IF n/a
15. Zhao, J. et al. "Feasibility and physics potential of detecting ^{8}B solar neutrinos at JUNO." *Proceedings of Science* 395, 2022, ISSN 1824-8039. IF n/a
16. Andre, J.P. et al. "JUNO Physics Prospects." *Proceedings of Science* 395, 2022, ISSN 1824-8039. IF n/a
17. Cheng, J. et al. "Detection of the diffuse supernova neutrino background with JUNO." *Proceedings of Science* 395, 2022, ISSN 1824-8039. IF n/a
18. Agostini, M. et al. "Search for exotic physics in double-β decays with GERDA Phase II." *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 2022, 12, 2022, ISSN 1475-7516, https://doi.org/10.1088/1475-7516/2022/12/012. IF 7.28
19. Marnieros, S et al. "High Impedance TES Bolometers for EDELWEISS." *Journal of Low Temperature Physics*, 2022, ISSN 0022-2291, https://doi.org/10.1007/s10909-022-02899-2. IF 1.618
20. Mirzayev, N.A. et al. "High-purity ammonium acetate solution for low-background electronics." *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 331, 12, 2022, pp. 5539-5545., ISSN 0236-5731, https://doi.org/10.1007/s10967-022-08608-3. IF 1.754
21. Agostini, M. et al. "Erratum: First Search for Bosonic Superweakly Interacting Massive Particles with Masses up to 1 MeV / c2 with GERDA." *Physical Review Letters,* 2020, 125 (011801), https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.011801. IF 9.161
22. Khushvaktov, J.H. et al. "Study of Photonuclear Reactions in ^{165}Ho Nucleus at the LINAC-200 Accelerator." *Physics of Particles and Nuclei Letters* 19, 4, 2022, pp. 347-352, ISSN 1547-4771, https://doi.org/10.1134/S1547477122040161. IF n/a
23. Baimukhanova, A. et al. "An alternative radiochemical separation strategy for isolation of Ac

and Ra isotopes from high energy proton irradiated thorium targets for further application in Targeted Alpha Therapy (TAT)." *Nuclear Medicine and Biology* 112, 2022, pp. 35-43., ISSN 0969-8051, https://doi.org/10.1016/j.nucmedbio.2022.06.003. IF 2.947

24. Alekseev, I. et al. "Observation of the temperature and barometric effects on the cosmic muon flux by the DANSS detector." *European Physical Journal C* 82, 6, 2022, ISSN 1434-6044, https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-022-10471-1. IF 4.994

25. Alekseev, I. et al. "Optimized scintillation strip design for the DANSS upgrade." *Journal of Instrumentation* 17, 4, 2022, ISSN 1748-0221, https://doi.org/10.1088/1748-0221/17/04/P04009. IP 1.121

26. Abusleme, A. et al. "Calibration strategy of the JUNO experiment." *Journal of High Energy Physics* 2021, 3, 2021, ISSN 1029-8479, https://doi.org/10.1007/JHEP03(2021)004. IF 6.376

27. Filosofov, D et al. "Potent candidates for Targeted Auger Therapy: Production and radiochemical considerations." *Nuclear Medicine and Biology* 94, 2021, pp. 1-19, ISSN 0969-8051, https://doi.org/10.1016/j.nucmedbio.2020.12.001. IF 2.947

28. Abusleme, A. et al. "Optimization of the JUNO liquid scintillator composition using a Daya Bay antineutrino detector." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 988, 2021, ISSN 0168-9002, https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164823. IF 1.445

29. Abusleme, A. et al. "Feasibility and physics potential of detecting ^{8}B solar neutrinos at JUNO." *Chinese Physics C* 45, 2, 2021, ISSN 1674-1137, https://doi.org/10.1088/1674-1137/abd92a. IF 2.944

30. Abusleme, A. et al. "JUNO sensitivity to low energy atmospheric neutrino spectra." *European Physical Journal C* 81, 10, 2021, ISSN 1434-6044, https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-021-09565-z. IF 4.994

31. Abusleme, A. et al. "Radioactivity control strategy for the JUNO detector." *Journal of High Energy Physics* 2021, 11, 2021, ISSN 1029-8479, https://doi.org/10.1007/JHEP11(2021)102. IF 6.376

32. Agostini, M. et al. "Characterization of inverted coaxial ^{76}Ge detectors in GERDA for future double- β decay experiments." *European Physical Journal C* 81, 6, 2021, ISSN 1434-6044, https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-021-09184-8. IF 4.994

33. Abusleme, A. et al. "The design and sensitivity of JUNO’s scintillator radiopurity pre-detector OSIRIS." *European Physical Journal C* 81, 11, 2021, ISSN 1434-6044, https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-021-09544-4. IF 4.994

34. Agostini, M. et al. "Calibration of the Gerda experiment." *European Physical Journal C* 81, 8, 2021, ISSN 1434-6044, https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-021-09403-2. IF 4.994

35. Dadakhanov, J. et al. "Sorption of various elements on ion-exchange resins in acetic media." *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 327.3, 2021, pp. 1191-1199., ISSN 0236-5731, https://doi.org/10.1007/s10967-021-07600-7. IF 1.754

36. Kovalik, A. et al. "The first experimental evidence for the (M1 + E2) mixed character of the 9.2 keV transition in ^{227}Th." *Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics* 820, 2021, ISSN 0370-2693, https://doi.org/10.1016/j.physletb.2021.136593. IF 4.95

37. S. R. Palvanov et al. “Excitation of Isomeric states in the reactions (γ,n) and (n,2n) on the ^{81}Br nucleus.” *Physics of Particles and Nuclei Letters* 18, 2021, 672-675. IF n/a

38. Radchenko, V. et al. "Radiochemical aspects in modern radiopharmaceutical trends: a practical guide." *Solvent Extraction and Ion Exchange* 39, 7, 2021, pp. 714-744., ISSN 0736-6299, https://doi.org/10.1080/07366299.2021.1874099. IF 2.513

39. Ponomarev, D. et al. "NaI(Tl+Li) scintillator as multirange energies neutron detector." *Journal of Instrumentation* 16, 12, 2021, ISSN 1748-0221, https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/12/P12011.

IP 1.121
40. Kovalik, A. et al. "Experimental investigation of the 9.2 and 24.3 keV nuclear transitions in ^{227}Th." *European Physical Journal A* 57.10, 2021, ISSN 1434-6001, https://doi.org/10.1140/epja/s10050-021-00577-7. IF 3.131
41. Zavorka, L et al. "Transmutation efficiency of the spallation neutron target measured with the actinide sandwiches." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 988, 2021, ISSN 0168-9002, https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164934. IF 1.445
42. Agostini, M. et al. "Final Results of GERDA on the Search for Neutrinoless Double- β Decay." *Physical Review Letters* 125, 25, 2020, ISSN 0031-9007, https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.252502. IF 9.161
43. Arnaud, Q. et al. "First Germanium-Based Constraints on Sub-MeV Dark Matter with the EDELWEISS Experiment." *Physical Review Letters* 125, 14, 2020, ISSN 0031-9007, https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.141301. IF 9.161
44. Agostini, M. et al. "First Search for Bosonic Superweakly Interacting Massive Particles with Masses up to 1 MeV/c2 with GERDA." *Physical Review Letters* 125, 1, 2020, ISSN 0031-9007, https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.011801. IF 9.161
45. Agostini, M. et al. "Modeling of GERDA Phase II data." *Journal of High Energy Physics* 2020.3, 2020, ISSN 1126-6708, https://doi.org/10.1007/JHEP03(2020)139. IF 6.376
46. Rakhimov, A.V. et al. "Development of methods for the preparation of radiopure ^{82}Se sources for the SuperNEMO neutrinoless double-beta decay experiment." *Radiochimica Acta* 108, 2, 2020, pp. 87-97., ISSN 0033-8230, https://doi.org/10.1515/ract-2019-3129. IF 2.083
47. Kurakina, E.S. et al. "Perturbed Angular Correlation as a Tool to Study Precursors for Radio-pharmaceuticals." *Inorganic Chemistry* 59, 17, 2020, pp. 12209-12217., ISSN 0020-1669, https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.0c01208. IF 5.436
48. Kurakina, E.S. et al. "Production of ^{111}In and Radioisotopes of Te and Sn from an Antimony Target Irradiated with High-Energy Protons." *Radiochemistry* 62, 3, 2020, pp. 393-399., ISSN 1066-3622, https://doi.org/10.1134/S1066362220030121. IF 0.9
49. Khushvaktov, J.H. et al. "Study of the Rate of Photonuclear Reactions in ^{165}Ho Nucleus." *Physics of Particles and Nuclei Letters* 17, 6, 2020, pp. 821-825., ISSN 1547-4771, https://doi.org/10.1134/S1547477120060060. IF n/a
50. Mirzayev, N.A. et al. "Low radioactive NH_4Cl flux." *Journal of Instrumentation* 15.5, 2020, ISSN 1748-0221, https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/05/T05004. IP 1.121
51. Agostini, M. et al. "Searching for neutrinoless double beta decay with GERDA." *Journal of Physics: Conference Series* 1342, 1, 2020, ISSN 1742-6588, https://doi.org/10.1088/1742-6596/1342/1/012005. IF 0.547
52. Holomb, R.R. et al. "Experimental and simulated data at fragment productions in 100 MeV proton-induced reaction on ^{232}Th." *Proceedings - 2020 21st International Scientific Conference on Electric Power Engineering, EPE 2020*, 2020, https://doi.org/10.1109/EPE51172.2020.9269277. IF n/a
53. Haysak, I.I. et al. "Monte carlo simulation of bremsstrahlung spectra for low energy electron accelerators." *Proceedings - 2020 21st International Scientific Conference on Electric Power Engineering, EPE 2020*, 2020, https://doi.org/10.1109/EPE51172.2020.9269252. IF n/a
54. Kral, D. et al. "Measurement of activation products in chloride salts irradiated by spallation neutrons." *Proceedings - 2020 21st International Scientific Conference on Electric Power Engineering, EPE 2020*, 2020, https://doi.org/10.1109/EPE51172.2020.9269174. IF n/a

55. Khushvaktov, J.H. et al. "Study of the residual nuclei generation in a massive lead target irradiated with 660 MeV protons." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 959, 2020, ISSN 0168-9002, https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.163542. IF 1.445

2.2.6. Список докладов на международных конференциях и совещаниях (приложение в электронном виде).

1. Kurakina E.S. et al. An improved separation scheme for ^{44}Sc purification from proton irradiated calcium, Virtual meeting Society of Radiopharmaceutical Sciences, 17-19 May, USA.
2. Chen S. Towards an improved methodology for separating mercury-197 from proton-irradiated gold targets – a study of mercury adsorption behaviour on different extraction resins in hydrochloric acid, Virtual meeting Society of Radiopharmaceutical Sciences, 17-19 May, USA.
3. Kurakina E.S. et al. ^{44m}Sc/^{44g}Sc generator based on the after-effects of radioactive decay, The XXV International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists, 11-15 October, 2021, Almaty, Kazakhstan.
4. Khushvaktov J.H. et al. Study of photonuclear reactions in ^{165}Ho nucleus at the LINAC-200 accelerator, The International conference “Modern Problems of nuclear energetics and nuclear technologies”, 23-25 November, 2021, Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan.
5. Tyutyunnikov S.I. et al. Results of the investigation into nucleus isomers far from the target nuclei of ^{209}Bi, ^{165}Ho, ^{238}U on the beams of accelerators at JINR, The International conference “Modern Problems of nuclear energetics and nuclear technologies”, 23-25 November, 2021, Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan.
6. Tyutyunnikov S.I. et al. An investigation of products of (n,f), (n,γ) and (γ, f), (γ,xn,p) reactions on samples of uranium and bismuth using the phasotron and LINAC-200 accelerators at JINR: experiments and calculations, The International conference “Modern Problems of nuclear energetics and nuclear technologies”, 23-25 November, 2021, Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan.
7. Tyutyunnikov S.I., et al. On the relevance of using large-volume HPGe detectors in spectrometric studies of reaction products on proton and electron beams of JINR accelerators, The International conference “Modern Problems of nuclear energetics and nuclear technologies”, 23-25 November, 2021, Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan.
8. Salamatin D. The pals study of B20 monosilicides, International conference HYPERFINE interactions and their applications, 5-10 September, 2021, Brasov, Romania.
9. Zaťko B. Study of the pulse height defect of ^{4}H-SiC Schottky barrier detectors in heavy ion detection, 23-25 June, 2021, Strbske pleso, Slovakia.
10. Kovalík A. Et al. Natural widths of atomic levels in thorium determined by the ices method, LXXII International conference "Nucleus-2022: Fundamental problems and applications", July 11-16, 2022, Moscow, Russia.
11. Inoyatov A. Kh. et al. Experimental investigations of the 9.2, 15.1, and 24.3 keV nuclear transitions in ^{227}Th and consequences of their results for spin-parity assignment to low-lying states of ^{227}Th, LXXII International conference "Nucleus-2022: Fundamental problems and applications", July 11-16, 2022, Moscow, Russia.
12. Palvanov S. R. et al. Study excitation of isomeric states in (γ,n), (n,2n) and (n, γ) reactions on $^{108.110}$Pd, LXXII International conference "Nucleus-2022: Fundamental problems and applications", July 11-16, 2022, Moscow, Russia.

13. Inoyanov A. Current fundamental and applied problems of low-energy nuclear electron spectroscopy, II International Forum "Physics-2022", 4-5 October, 2022, Namangan, Uzbekistan.
14. Рахимов А. В. и др. Очистка и анализ макроколичеств селена-82 для низкофоновых исследований, VI Всероссийский симпозиум «Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии» с международным участием, 26.09.2021 – 02.10.2021, Краснодар, Россия.
15. Tretyak V. Investigation of double beta decay of ^{150}Nd to excited states of ^{150}Sm in NEMO-3, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
16. Salamatin D.A. Pressure influence on the valence and magnetic state of Yb in noncentrosymmetric heavy-fermion $YbNiC_2$, VI International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures, September 6-10, 2021, Vyborg, Russia.
17. Суслов И.А. и др. Теллурсодержащий жидкий сцинтиллятор на основе линейного алкилбензола, Всероссийская конференция с международным участием «Физическая и аналитическая химия природных и техногенных систем», 14-15 апреля, 2021, Дубна, Россия.
18. Суслов И.А. и др. Новый пластмассовый сцинтиллятор для регистрации нейтронов, Всероссийская конференция с международным участием «Физическая и аналитическая химия природных и техногенных систем», 2-3.12.2021, Дубна, Россия.
19. Казарцев С.В. и др. Исследование мюонного захвата в различных ядрах. Технические аспекты, Молодежная конференция по теоретической и экспериментальной физике МКТЭФ – 2021, 15-18 ноября, 2021, Москва, Россия.
20. Chernyshev B. A. et al. Spectroscopy of heavy helium isotope ^{9}He in reactions of stopped pion absorption, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
21. Gurov Yu. B. et al. Method for reconstruction the spectra of short-range charged particles in stopped π^{+}-meson absorption by nuclei, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
22. Hrubčín L. et al. SiC nuclear radiation detectors for detection of heavy ions, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
23. Tyutyunnikov S.I. et al. Studies of isomeric states of nuclei on the proton beam of the phasotron and electron beam of the LINAC-200 accelerators at JINR using the ^{209}Bi, ^{238}U, ^{165}Ho targets, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
24. Tyutyunnikov S.I. et al. The first experiments at E=180 MeV on the electron beam of the LINAC-200 accelerators to determine isomers of bismuth and lead, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
25. Tyutyunnikov S.I. et al. ^{238}U in the neutron field and the bremsstrahlung radiation field on the beams of protons and electrons of the accelerators at JINR: Calculations and experiments, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
26. Tyutyunnikov S.I. et al. ^{237}Np, ^{239}Pu actinides in the neutron field of the "Quinta" uranium target, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
27. Evseev S. et al. Characteristics of SiC detectors after neutron irradiation, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
28. Rakhimov A.V. et al. Distribution coefficients of elements in the system of cation exchanges resin – selenous acid, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
29. Morozov V. A., Delayed emission of electrons in a photomultiplier, LXXI International conference "Nucleus-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.

30. Bohacek P. et al. SiC детекторы ядерных излучений, X Межинститутская молодежная конференция «Физика элементарных частиц и космология 2021», 19-20 апреля, 2021, Москва, Россия.
31. Hrubčín L. et al. SiC nuclear radiation detectors based on ^{4}H-SiC epitaxial layer, LXX International conference "NUCLEUS – 2020", 12-17 October, 2020, Saint Petersburg, Russia.
32. Chernyshev B.A. et al. Monitor system for stopped pion selection, LXX International conference "NUCLEUS – 2020", 12-17 October, 2020, Saint Petersburg, Russia.
33. Egorov N.Y. et al. In situ gamma spectroscopy determination of radioactive concentration in soils, LXX International conference "NUCLEUS – 2020", 12-17 October, 2020, Saint Petersburg, Russia.
34. Gurov Yu. B. et al. Method for reconstruction the spectra of short-range charged particles in stopped (ϖ) – meson sbsorption by nuclei, LXXI International conference "NUCLEUS-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
35. Hrubčín L. et al. SIC nuclear radiation detectors for detection of heavy ions, LXXI International conference "NUCLEUS-2021", 20-25 September, 2021, Saint Petersburg, Russia.
36. Chernyshev B. A. et al. Hydrogen isotopes production under π^- - meson absorptionin silicon "live" target, LXXII International conference "Nucleus-2022: Fundamental problems and applications", July 11-16, 2022, Moscow, Russia.
37. Chernyshev B. A. et al. ^{8}He spectroscopy in stopped pion absorption reaction, LXXII International conference "Nucleus-2022: Fundamental problems and applications", July 11-16, 2022, Moscow, Russia.
38. Evseev S. et al. Radiation resistance of sic detectors under neutron irradiation, LXXII International conference "Nucleus-2022: Fundamental problems and applications", July 11-16, 2022, Moscow, Russia.
39. Hrubčín L. et al. SiC nuclear radiation detectors after irradiation by heavy ions and neutrons, LXXII International conference "Nucleus-2022: Fundamental problems and applications", July 11-16, 2022, Moscow, Russia.
40. Evseev S et al. Radiation damage of SiC detectors irradiated with Xe ions and neutrons, 6th International Conference on Particle Physics and Astrophysics, 29.11-02.12.2022, Moscow, Russia.
41. Gurov Yu. B. et al. Level structure of unbound heavy helium isotopes ^{7,9}He, 6th International Conference on Particle Physics and Astrophysics, 29.11-02.12.2022, Moscow, Russia.

2.2.7. Патентная деятельность (при наличии)

2.3. Статус и стадия (TDR, CDR, ongoing project) реализации проекта (включая процент реализации заявленных этапов по проекту *(если применимо))*

2.4. Результаты сопутствующей деятельности

2.4.1. Научно-образовательная деятельность. Список защищенных диссертаций.

Рахимов Алимардон Восибович – диссертация на соискание степени кандидата химических наук по теме «Радиохимические аспекты получения высокодисперсного селена-82 с низким содержанием радиоактивных примесей и анализ материалов для низкофоновых исследований» 2022 г.

2.4.2. Полученные гранты (стипендии) ОИЯИ.

Competition for JINR Young Scientists and Specialists

2023:
Баймуханова Аягоз
Евсеев Сергей Александрович

2022:
Мирзаев Ниджат Агиль
Евсеев Сергей Александрович

2021:
Шахов Константин Викторович

2.4.3. Награды и премии.

2.4.4. Иные результаты (экспертная, научно-организационная, научно-популяризационная деятельность).

3. Международное научно-техническое сотрудничество.

Фактически участвующие страны, институты и организации

Организация	**Страна**	**Город**	**Участники**	**Тип соглашения**

4. План/факт анализ использованных ресурсов: кадровых (в т.ч. ассоциированный персонал), финансовых, информационно-вычислительных, инфраструктурных.

Проект открывается впервые, все описанные выше работы выполнялись в рамках темы 03-2-1100-2010 и активностей

Руководитель темы

_____________/___________________/
“_____“___________________202_г.

Руководитель проекта (шифр проекта)

_____________/___________________/
“_____“___________________202_г.