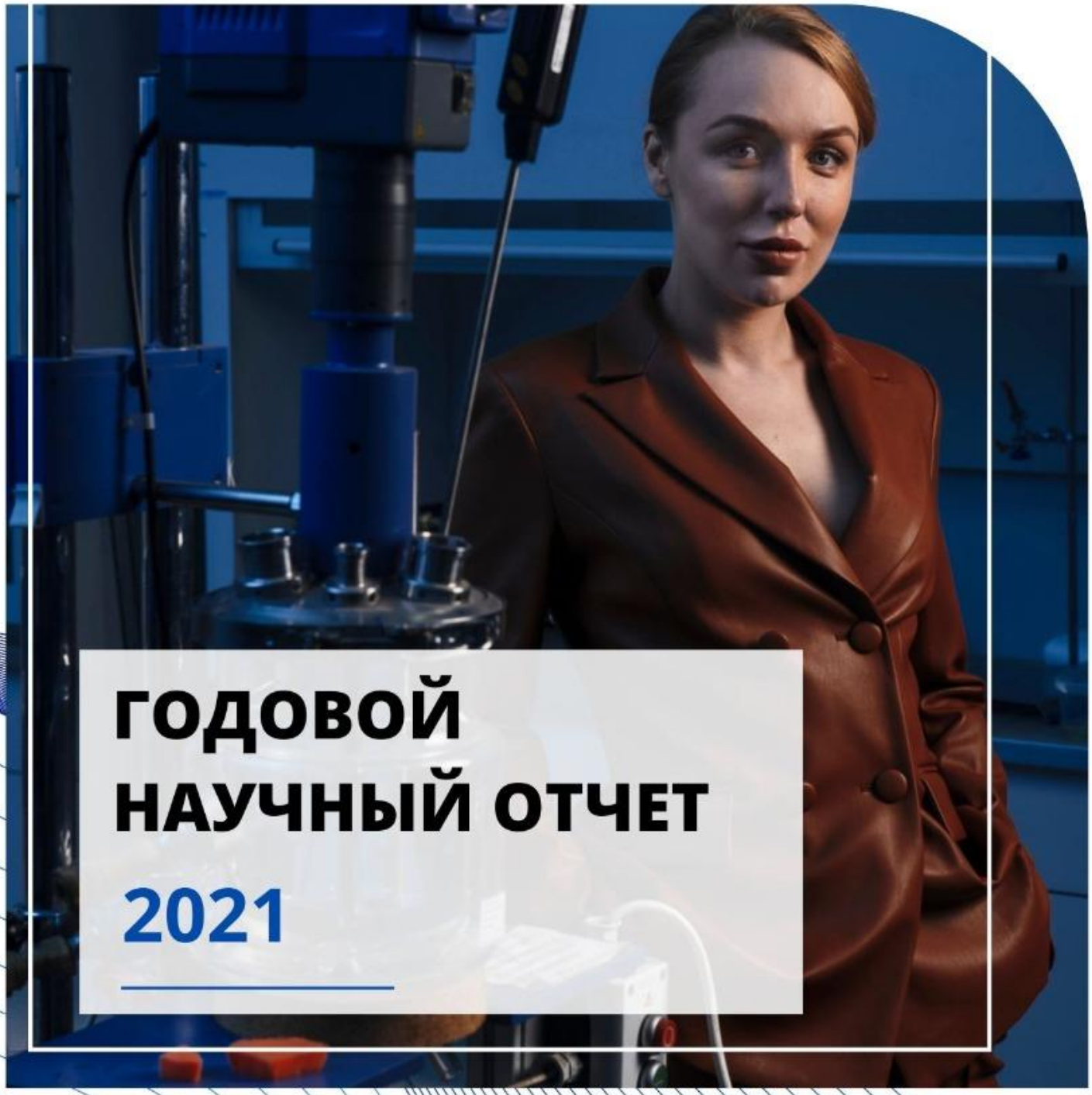
ВНИИХТ
РОСАТОМ



ГОДОВОЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

2021

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ВЕДУЩИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ» ИМЕНИ Б.Н. ЛАСКОРИНА

(АО «ВНИИХТ» имени Б.Н. Ласкорина)

ГОДОВОЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ 2021

Москва 2022

УДК 061.75
ГРНТИ 53.37.35; 53.39.29; 61.31.61; 58.91.29; 31.25.19
ББК 35

Годовой научный отчет АО «ВНИИХТ» имени Б.Н. Ласкорина (отчет об основных исследовательских работах, выполненных в 2021 г.) / под общей ред. к-та физ.-мат. наук К.В. Ивановских. — Москва: АО «ВНИИХТ», 2022. – 150 с.

Отчет содержит статьи о выполненных в 2021 году исследованиях и результатах работ по основным направлениям деятельности АО «ВНИИХТ», таким как: комплексная переработка редкометалльного, радиоактивного рудного и техногенного сырья с получением товарных продуктов заданной номенклатуры; переработка отходов; обращение с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла; материалы радиационной фотоники; полимерные и композиционные материалы. Отчет предназначен для сотрудников научно-исследовательских организаций, предприятий атомной промышленности и студентов соответствующих специальностей.

Над выпуском отчета работали: К.В. Ивановских, кандидат физико-математических наук; Л.Г. Соловьева, кандидат технических наук; Е.А. Нескоромная, кандидат технических наук; Е.Е. Козлова; С.А. Бондаренко; Д.М. Хакулова, кандидат химических наук; А.Н. Кропачев, кандидат технических наук; П.Ю. Новиков, кандидат технических наук; С.А. Мельников, кандидат физико-математических наук; М.Ю. Каленова, кандидат технических наук; И.В. Кузнецов, кандидат технических наук.

Утвержден научно-техническим советом акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии»

Акционерное общество
«Ведущий научно-исследовательский
институт химической технологии»
(АО «ВНИИХТ» имени Б.Н. Ласкорина), 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1 Информация об институте 8
1.1 ВНИИ химической технологии – 70 лет 8
1.2 Имя в истории института. Ласкорин Борис Николаевич 26
1.3 Основные направления научной деятельности 35
1.4 Структура научного блока 39
1.5 Кадровый потенциал 41
2 Результаты деятельности по основным направлениям 43
2.1 Основные работы научных подразделений по направлениям деятельности 55
2.1.1 Технологии комплексной переработки редкометалльного, радиоактивного рудного и техногенного сырья 55
2.1.2 Технологии переработки техногенных отходов 96
2.1.3 Технологии обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла 100
2.1.4 Материалы радиационной фотоники 106
2.1.5 Технологии синтеза и переработки новых полимерных композиционных материалов 110
2.2 Итоги заседаний Научно-технического совета 115
3 Прочие научно-технические достижения 129
3.1 Статистические показатели по науке 129
3.1.1 Перечень публикаций 129
3.1.2 Перечень созданных результатов интеллектуальной деятельности 135
3.1.3 Перечень использованных результатов интеллектуальной деятельности 137
3.2 Перечень полученных премий и наград 139
4 Научно-технические мероприятия 143
4.1 Перечень выставок, конференций, в которых институт принимал участие 143

ВВЕДЕНИЕ

В 2021 году Акционерное общество «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (АО «ВНИИХТ») Госкорпорации «Росатом» отметило свое 70-летие. Это был заслуженный повод для гордости за славные десятилетия успехов и достижений через научный поиск, в котором прославились многие имена выдающихся ученых, создавших и внедривших многочисленные ключевые технологии для атомной отрасли страны. За время своего существования работы института удостоены десятками государственных премий и наград. В стенах института подготовлено свыше 1000 кандидатов наук и более 120 докторов наук. Несмотря на значительные достижения в период XX века, когда расцвет института был неразрывно связан со становлением критически важной для страны атомной отрасли, в веке новом институт пережил не самые легкие времена, когда потребовалась перестройка и переориентация традиционных и исторически сложившихся научных направлений с учетом рыночных условий. Проверкой прочности института и его коллектива стали мероприятия по его компактизации, инициированные в 2019 году. В 2021 году завершилась очередная веха данного процесса и ключевые научные подразделения института были перемещены на площадку АО «НИИграфит» (г. Москва) и АО «НИИ НПО «ЛУЧ» (г. Подольск). В этот же период шел активный процесс развития новых форматов сотрудничества с институтами АО «Гиредмет» и АО «НИИграфит» в рамках создания Химико-технологического кластера научного дивизиона с целью реализации проектов, где компетенции трех институтов взаимно дополняют и усиливают друг друга.

Ученые и инженеры АО «ВНИИХТ» продолжают успешно решать фундаментальные и прикладные задачи в области современного материаловедения, химической технологии, технологий автоматизации промышленных процессов и других сферах актуальных для атомной, горнорудной, оборонной и др. отраслей промышленности. В прикладных исследованиях институт ориентируется на использование существующего

промышленного потенциала предприятий-заказчиков и повышение его эффективности, тесно сотрудничает в разработке совместных проектов со многими отраслевыми институтами и предприятиями. Технологии и разработки АО «ВНИИХТ» внедрены и продолжают успешно работать сегодня на многих предприятиях России и других стран.

Современное развитие АО «ВНИИХТ» направлено на построение качественно новой системы научных и прикладных исследований и разработок, а также инновационных производств, которые позволили бы обеспечить высокую конкурентоспособность услуг и продукции института, тем самым создав условия для непрерывного устойчивого развития. Деятельность института в ближайшие годы будет направлена на укрепление и развитие своей роли, как отраслевого центра компетенций по разработке технологий комплексной переработки редкометаллического, радиоактивного рудного и техногенного сырья с получением товарных продуктов заданной номенклатуры, технологий обращения с радиоактивными отходами (РАО), технологий получения редких металлов (РМ), редкоземельных металлов (РЗМ) и сплавов на их основе, технологий получения материалов радиационной фотоники, технологий переработки бериллиевого сырья и получения бериллия.

Представляется особенно важным сохранение фокуса института на технологиях переработки руд, содержащих РМ и РЗМ, получения концентратов РМ и РЗМ, разделения РМ и РЗМ. Экспертные оценки говорят о том, что рост потребления РМ и РЗМ в мире составит от 340 до 730% к 2040 году. Связано это, не только с ростом объемов продукции, содержащей РМ и РЗМ, но и с регулярным появлением новых сфер применения РМ и РЗМ. Количество таких сфер применения за последние 30 лет увеличилось более чем стократно. Касаясь, только РЗМ, стоит отметить, что сегодня российские потребности на более чем 90% удовлетворяются импортом из Китая. В России производится менее 4 тыс. т РЗМ в год (1% мирового рынка), причем большей частью в виде продукции начального передела – коллективных карбонатов

РЗМ. Тем не менее планы по развития РЗМ промышленности явно декларируются Правительством Российской Федерации и для их реализации потребуются серьезные научно-технологические компетенции. В этой связи технологии АО «ВНИИХТ» в среднесрочной и дальнесрочной перспективе будут весьма востребованы на российском и международном рынках. Для того, чтобы эффективно развивать данное направление планируется тесное сотрудничество с АО «Гиредмет» в рамках деятельности Химико-технологического кластера и интеграционных процессов между двумя институтами.

1 Информация об институте

1.1 ВНИИ химической технологии – 70 лет.

Постановлением Совета Министров СССР от 17 апреля 1951 года № 1242/626сс в структуре Первого главного управления при Совете Министров СССР был создан Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии (ВНИИХТ), получивший в то время название НИИ-10. На него возлагалась сложная задача создания технологии переработки радиоактивных и редкометалльных руд с получением исходных химических соединений для нужд оборонной промышленности (уран, торий, литий, бериллий) и зарождающейся атомной энергетики, в том числе и для конструкционных материалов (цирконий, гафний, тантал, ниобий). В сферу деятельности ВНИИХТа вошли также такие ценные элементы, как молибден, вольфрам, скандий, ванадий, рений, селен, редкоземельные элементы, золото, серебро, металлы платиновой группы и др., многие из которых присутствуют в урановых рудах. Главными задачами являлись разработка технологии наиболее полного извлечения урана и сопутствующих элементов, создание малоотходных экологически безопасных производств, экономное расходование реагентов, материалов и энергоресурсов. Создание и становление института связано с развитием атомной энергетики в Советском Союзе и странах Восточной Европы.

Первым директором ВНИИХТа (1951 – 1957 гг.) был доктор технических наук, проф. Петр Иванович Бучихин.

В период организации и становления во ВНИИХТ из НИИ-9, Гиредмета, НИИ-26 и других научных организаций были направлены опытные специалисты и молодежь – выпускники высших и средних учебных заведений страны. Этот союз оказался плодотворным и с первых лет работы выдвинул институт в число ведущих научных организаций отрасли. ВНИИХТ успешно сотрудничал с институтами Академии наук: ИОНХ, ИФХ, ИМЕТ, ИОХ, ИНЭОС; вузами: МИЦМиЗ, МИСИС, МХТИ, МИТХТ, МИФИ, МГУ; отраслевыми научно-исследовательскими институтами: РИ, НИУИФ, ГИАП,

ГИГХС, ВИЛС, ВИАМ, ВИМС, ГЕОХИ, ВСЕГЕИ, Военной академией химической защиты Минобороны.

Производственные главки и Главное научно-техническое управление ежегодно проводили отраслевые совещания по внедрению новой техники, по химии и технологии урана.

В 1952 г. из г. Электросталь (НИИ-29) пришла группа Б.Н. Ласкорина. В 1953 г. из НИИ-9 была переведена группа под руководством Ф.М. Лоскутова, и к началу 1954 г. в институте уже работало около 600 человек.

Институт рос, усложнялись задачи, которые ставило перед коллективом руководство Министерства среднего машиностроения СССР. Уже в 1954 г. было организовано 16 лабораторий: геологические, обогащения, технологические, аналитические. Работы велись от поиска и изучения полезных ископаемых, создания высокоэкономичных технологических схем переработки руд и концентратов до получения соединений и металлов высокой чистоты.

Задачей геологического отдела являлось развитие сырьевой базы урана и других металлов для нужд отрасли. Проводились региональные геолого-прогнозные работы в районах действия горных комбинатов и загранобъектов, оценка перспектив развития рудников, минералого-технологическое картирование и опробование месторождений для создания технологий переработки руд, разработка методов поиска и разведки месторождений и геолого-геофизические работы на рудниках. Выполнен огромный объем работ по минералого-технологическому картированию (39 месторождений), опробованию рудных тел и изучению вещественного состава проб руд и продуктов их технологической переработки (изучено более 46 тыс. проб с более 200 месторождений). Минералоги геологического отдела открыли семь новых минералов. Геологи института много потрудились над созданием уникального минералогического музея.

С 1956 по 1974 г. директором и научным руководителем ВНИИХТа был член-корр. АН СССР Алексей Петрович Зефиров, внесший огромный вклад в

комплексную переработку сложного сырья – фосфоритов, металлургию урана и технологию подземного выщелачивания. За это время в институте сложился научный коллектив, способный решать все вопросы, от поиска и добычи руд, рудоподготовки и обогащения до получения соединений и металлов ядерной чистоты. Практически были разработаны и освоены технологические схемы переработки урановых руд различных типов, создана технологическая база крупнейшей в мире урановой промышленности СССР и стран Восточной Европы, вырабатывавшей 50 % урана от общемирового производства. Объем перерабатываемой руды составлял на стадии рудоподготовки и радиометрической сортировки многие миллионы тонн в год.

Огромный объем работ выполнен по обеспечению оборонной и атомной промышленности такими стратегическими материалами, как литий, бериллий, цирконий, ниобий, тантал. Практически все комбинаты использовали отечественное сырье. Разработанные технологические схемы обеспечивали создание замкнутых водооборотных циклов на всех стадиях производства, от обогащения руд до получения ядерно-чистых материалов. Освоены уникальные технологии производства лития и бериллия, находящиеся до сих пор в числе передовых мировых производств.

Благодаря разработкам ВНИИХТа достигнут передовой научный и технический уровень решения разнообразных задач в области переработки уранового сырья и предотвращения загрязнения окружающей среды. Промышленная практика показала эффективность применения радиометрического обогащения к большинству бедных и рядовых урановых руд. Действующие урановые обогатительные фабрики выводят в отвал до 35 и более процентов бедных по урану хвостов.

Проблема переработки бедных, упорных и комплексных руд успешно решена при использовании автоклавной технологии. Применение повышенных температур и давлений и наиболее дешевого окислителя – кислорода воздуха – обеспечили рентабельную переработку рудного сырья и высокое извлечение урана при сокращении расхода реагентов и энергии. Для

аппаратурного оформления автоклавной технологии совместно с московским НИИхиммашем впервые в СССР были разработаны и внедрены автоклавы большой емкости с использованием в качестве реагента кислорода воздуха. Благодаря разработкам ВНИИХТа ряд заводов в СНГ и странах Восточной Европы десятки лет работал и по автоклавной технологии.

В начале развития урановой промышленности уран из руд извлекали классическими методами: выщелачиванием, фильтрацией, репульпацией, осаждением, растворением, которые широко применялись в цветной металлургии и химической промышленности. На сложном пути получения реакторно-чистых соединений урана некоторые операции приходилось повторять многократно.

При переработке бедных урановых руд наиболее трудоемкими и энергоемкими были операции фильтрации – отделения растворов от огромной массы пустой породы. Благодаря разработкам ВНИИХТа в урановой промышленности в предельно короткие сроки была создана бесфильтрационная технология. Научным руководителем этих работ был академик Борис Николаевич Ласкорин, возглавлявший сначала лабораторию, затем отдел и с 1968 г. ставший заместителем директора института.

В результате внедрения сорбционно-экстракционных схем на всех урановых заводах СССР был получен большой научно-технический и экономический эффект, и создана самая крупная в мире урановая промышленность. В 50–60-х гг. на урановых заводах была внедрена технология ионообменного извлечения урана и ценных сопутствующих элементов из рудных пульп, получившая всемирное признание и названная позже процессом «смола в пульпе» (RIP).

Технология RIP реализована для руд сложного химико-минералогического состава алюмосиликатного, карбонатного и фосфатного типа. При этом широко начали использоваться автоклавные методы вскрытия и экстракционные процессы очистки и концентрирования урана и

сопутствующих элементов, что позволило на новом уровне решить проблемы извлечения сопутствующих элементов.

Под руководством Б.Н. Ласкорина успешно велись приоритетные работы по созданию ионообменных смол и их производству. Сорбенты, произведенные по технологиям ВНИИХТа, заняли ведущее место в отечественной и зарубежной промышленности.

С внедрением сорбционной технологии мощность заводов увеличилась в 2-3 раза. Значительно снизилась потребность в капитальном строительстве. Процесс сорбции из пульп позволил существенно повысить извлечение урана и открыл новые возможности для переработки бедных источников сырья. Учитывая этот крупный результат, правительство СССР в 1968 г. издало постановление о широком промышленном внедрении сорбционной и экстракционной технологии в цветной, черной металлургии, химической и других отраслях промышленности. Разработанные институтом технологии и аппаратурное оформление процессов были внедрены на гидрометаллургических заводах в Болгарии, ГДР, Венгрии, Румынии и Чехословакии. Сотрудники ВНИИХТа – авторы передовой технологии – принимали непосредственное участие в коренной реконструкции урановых заводов в нашей стране и странах Восточной Европы.

Значительные успехи были достигнуты при экстракции урана и сопутствующих металлов из фосфорно - кислых растворов, получаемых при комплексной переработке урансодержащих фосфатных руд. Огромный интерес с экономической и экологической точек зрения представляет предложенный ВНИИХТом экстракционный метод извлечения урана и тория из фосфоритов при производстве удобрений с использованием полиалкилфосфазенов.

Накопленный опыт переработки бедных урансодержащих фосфоритов был применен при создании технологии комплексного использования апатитового концентрата с извлечением в товарные продукты всех ценных компонентов: фосфора в виде нитратно-фосфатных удобрений, карбоната

стронция, концентрата РЗЭ, фтора в виде кремнефторида натрия и мела. Эта технология впервые внедрена на Кирово-Чепецком химкомбинате в 1985 г.

Наряду с сорбционными и экстракционными ВНИИХТ имел значительные достижения в области мембранных технологий, таких, как производство ионитовых мембран, создание передвижной электродиализной установки для обессоливания шахтных вод, создание и эксплуатация мощных биполярных электролизеров для электрохимического безреагентного восстановления урана.

С 1974 по 1999 г. директором института был доктор технических наук, профессор Джон Иванович Скороваров, известный своими работами в области жидкостной экстракции. Под его руководством было организовано промышленное производство таких экстрагентов, как триалкиламины, ди(2-этилгексил) фосфорная кислота, триалкилфосфиноксиды, полиалкилфосфонитрильная кислота и др., нашедших широкое применение в атомной промышленности. Это позволило внедрить экстракционную очистку урана из десорбционных растворов на всех урановых заводах бывшего СССР с получением ядерно-чистых оксидов, а также внедрить на четырех заводах технологию экстракционного извлечения урана, тория, редких земель и скандия при комплексной переработке фосфоритов. В результате беспрецедентных для мировой практики широкомасштабных комплексных исследований научными и производственными коллективами СССР в 60-х гг. была открыта и освоена серия пластово-инфильтрационных экзогенных месторождений урана в Украине, Казахстане и республиках Средней Азии, которые впоследствии отрабатывались методом подземного выщелачивания (ПВ). Выдающийся вклад в организацию этих работ внесли заместитель министра среднего машиностроения П.Я. Антропов и вице-президент РАН академик Н.П. Лаверов. Самое активное участие в разработке технологии ПВ принял ВНИИХТ. Были созданы специальный научный отдел и три опорные станции в Казахстане, Узбекистане и Таджикистане.

Скважинный метод добычи, не нарушающий поверхность земли, экологически приемлемый и благоприятный для работы персонала, оказался высоко рентабельным при переработке некондиционных урановых руд, не пригодных для шахтной добычи. В 70-80-х гг. этот метод получил широкое промышленное применение и к середине 80-х гг. подземным выщелачиванием в СССР добывалось до 35 % урана.

В связи с необходимостью быстрейшего решения задач, связанных с обеспечением обороноспособности страны и развитием атомной энергетики, в 1957 г. по приказу министра во ВНИИХТе был создан Отдел чистых соединений. Быстрыми темпами были разработаны и внедрены принципиально новые высокоэффективные процессы получения гексафторида урана из тетрафторида и оксидов урана первичного и вторичного происхождения, в том числе высокотемпературный газоплазменный способ фторирования UF_4 и U_3O_8. За 10-15 лет осуществлена полная реконструкция сублиматных заводов без остановки производства с увеличением мощности этих заводов в десятки раз на существующих площадях. Одновременно была решена задача резкого повышения качества гексафторида урана, необходимого для эффективной работы газовых центрифуг на изотопно-разделительных заводах, а также обеспечено значительное (более чем в 100 раз) снижение выбросов фтористых соединений в окружающую среду. Возглавлял эти работы Н.П. Галкин.

Не менее важные задачи решались в области производства фторидов урана, что позволило создать крупнейшие в мире производства плавиковой кислоты, элементарного фтора, гексафторида и тетрафторида урана. Это позволило полностью удовлетворить потребности изотопно-разделительных производств, обеспечить выпуск металлического урана для различных нужд.

Созданы технологические схемы и производства по получению порошков диоксида урана керамического сорта для АЭС (совместно с ВНИИНМом).

Сотрудники ВНИИХТа внесли большой вклад в разработку газофторидных технологий на изотопно-разделительных заводах отрасли и приняли активное участие в реконструкции химико-технологических производств на этих заводах. Разработаны новые сорбционные и экстракционные технологии переработки жидких и твердых отходов производства обогащенного урана.

Начиная с 1955 г. ВНИИХТ принимает активное участие в усовершенствовании осадительных схем радиохимической переработки облученного ядерного горючего на комбинате «Маяк», затем на СХК и ГХК с разработкой и внедрением сорбционно-экстракционных технологий.

Большую помощь ВНИИХТу окзывал начальник 4 ГУ Минсредмаша А.Д. Зверев, а также начальник 3 ГУ Н.Ф. Квасков, В.П. Потанин, П.М. Верховых. По разработкам ВНИИХТа предприятия Минсредмаша в 60-х гг. обеспечивали извлечение редкоземельных элементов (РЗЭ) из бедных фосфоритов месторождения Меловое и лопаритовых концентратов Кольского полуострова. Тысячи тонн РЗЭ ежегодно поставлялись для производства катализаторов в нефтехимии, специальных лигатур в металлургии, оптических стекол, для микроэлектроники и в оборонную промышленность.

Следует отметить работы по обеспечению атомной промышленности литием и его соединениями. Для отечественного бедного сырья разработаны и освоены уникальные схемы обогащения исходных руд и их переработки по безотходной технологии, позволяющие получать товарный раствор литиевой щелочи, а также карбоната и хлорида лития, а твердый остаток использовать в виде вяжущего. Достигнутая производительность покрывала потребности оборонной промышленности и народного хозяйства СССР.

Уникальное производство по переработке бериллиевых рудных концентратов было создано в Усть-Каменогорске с выпуском широкой номенклатуры готовых изделий для микроэлектроники, авиации и атомной техники.

Производство ниобия и тантала основано на отечественных месторождениях (лопаритовые концентраты, концентраты Малышевского РУ и Забайкальского ГОК). На заводе в Силламяэ впервые была отработана технология получения крупных слитков металлического ниобия, а на Усть-Каменогорском заводе осуществляли переработку танталсодержащих концентратов в объемах, обеспечивающих потребности страны.

Для цирконовых концентратов разработан и внедрен метод вскрытия в расплаве, а также проходит стадию освоения новая хлоридная технология ректификационного разделения циркония и гафния на Чепецком механическом заводе (ЧМЗ) в Глазове.

Основополагающие гидрометаллургические методы не ограничивали сферу интересов ученых ВНИИХТа за истекшие 70 лет. В институте накоплен большой опыт исследований в области химии фтора и фторидов, получения керамических порошков (ядерное топливо), оксидов урана, бериллия и других металлов; развивались направления, связанные с использованием новейших физико-химических методов разделения и очистки веществ (сорбция, экстракция, мембранные процессы, газофторидные процессы, ректификация, сублимация, дистилляция и др.).

Уникальный промышленный опыт позволил институту в конце 60-х гг. подойти к решению проблемы конверсии урановых технологий и передаче разработок другим отраслям. Это относится к крупномасштабному освоению технологии «смола в пульпе» для переработки бедных золотосодержащих руд коренных месторождений, попутному извлечению из урановых руд молибдена, редких земель, фосфора с получением полноценных дезактивированных удобрений. Такие же подходы были разработаны применительно к вольфрамовым, ванадиевым, медным и никелевым рудам. В результате освоения новых производств значительно увеличился выпуск этих металлов и было начато производство такой наукоемкой продукции, как чистые соединения молибдена, скандия, иттрия, европия, рения, ниобия,

тантала и др. Например, промышленное производство чистого парамолибдата аммония достигло 30 % общего выпуска в СССР.

Решение о конверсии оборонных отраслей придало этому процессу большую организованность и глубину. На основе имеющегося опыта работы в институте были приняты следующие основные направления конверсии:

1. Разработка технологии обогащения руд различных типов с использованием высокоэффективных методов, позволяющих получать относительно бедные концентраты, но с высоким извлечением, с их последующей гидрометаллургической переработкой (радиометрическая кусковая сортировка, воздействие магнитных полей высокой напряженности, глубокая физико-химическая подготовка поверхности, использование комплекса различных излучений).

2. Синтез высокоселективных ионообменных сорбентов, экстрагентов, мембран для извлечения металлов, утилизации кислот и щелочей, получения медицинских препаратов.

3. Разработка технологий получения пьезокерамики, сегнетоэлектриков, высокотемпературных сверхпроводников, конструкционной керамики на основе оксидов циркония и др.

4. Создание новых катализаторов для очистки газовоздушных выбросов (транспортные средства, выбросы ТЭЦ, обессеривание горючего газа и др.).

5. Использование достижений химии фторидов для получения чистых фторидов металлов, новых волоконно-оптических систем, синтеза озонобезопасных растворителей, хладонов и фреонов, получения чистого кремния для микроэлектроники и солнечной энергетики.

6. Переработка гальваноотходов с получением чистых металлов и их соединений.

7. Расширение областей использования непрерывно-противоточных методов сорбционного извлечения элементов, в том числе для водоочистки.

8. Конструирование и применение передвижных модульных установок для добычи россыпных металлов (золото, олово, цирконий и др.).

Были проведены комплексные исследования по получению концентратов стронция и бария и их переработке на высокочистые соединения, пригодные для синтеза высокотемпературных сверхпроводящих -керамик и других целей. Большие объемы исследований выполнены применительно к низкосортным тантал-ниобий-литиевым рудам, разработаны технологии, обеспечивающие высокое извлечение и получение чистых соединений металлов.

Ярким примером конверсионных работ во ВНИИХТе стала разработка технологии сорбционно-бесфильтрационного выщелачивания золота из руд месторождения Мурунтау (Узбекистан). В 1965 г. были выполнены лабораторные и полузаводские испытания, осуществлен направленный синтез анионита АМ-2Б, селективного по отношению к золоту. А в 1969 г. была введена в строй первая очередь ГМЗ-2, подтвердившая высокие качественные показатели технологии. Достаточно сказать, что за 30 лет промышленной эксплуатации этой технологии объем производства постоянно рос и достиг 73 т/год банковских слитков золота чистотой 99,99 %.

В соответствии с Постановлением Правительства СССР об усилении работ в области охраны окружающей среды и приказом по Министерству в институте в 1976 г. был образован Отраслевой отдел защиты окружающей среды. Его подразделения были призваны осуществлять работы по следующим направлениям:

– создание нормативной и методической документации по охране окружающей среды;

– сбор и анализ информации о техногенном воздействии предприятий отрасли на окружающую среду и население;

– разработка проектов и сопровождение федеральных и отраслевых программ по охране окружающей среды, обращению с радиоактивными отходами и т.д.;

– разработка принципов и методов химического и радиационного мониторинга на предприятиях отрасли.

В тесном взаимодействии с отраслевой медициной, институтами РАН, Гидрометеослужбой и др. оперативно были разработаны методики расчета предельно допустимых выбросов (радиоактивность и химия) и сбросов (ПВД. ПДС) и др. К 1990 г. освоены и внедрены стандартизованные методики анализа как радиоактивных, так и химических веществ. Выбросы и сбросы предприятий, особенно радиоактивные, удалось значительно сократить (абсолютные выбросы составили к концу 80-х гг. 0,1 от предельно допустимого выброса).

Многие технологии, разработанные сотрудниками отдела, защищены авторскими свидетельствами и патентами России и реализованы на промышленных предприятиях Минатома, а также других министерств и объектах народного хозяйства. Две крупные работы в области переработки отходов отмечены в 1986 и 1993 гг. премиями Правительства СССР и РФ.

С 1998 г. на Минатом России было возложено решение всего комплекса проблем утилизации активных зон атомных подводных лодок, выведенных из состава Военно-Морского Флота и представляющих потенциальную опасность для окружающей среды. В 1998-2000 гг. ВНИИХТ участвует в создании комплексов переработки жидких радиоактивных отходов с низким уровнем активности на ГМП «Звездочка» и ДВЗ «Звезда». Многолетний опыт работы по очистке сточных вод от солей щелочных, щелочно - земельных, тяжелых металлов, органических и других примесей позволил разработать технологию, основанную на методах ионного обмена, адсорбции, обратного осмоса, обеспечивающую очистку вод от вредных примесей до норм сброса в открытые водоемы.

Начиная с 1992 года институт неоднократно менял организационно-правовую форму. В 1992 году – «Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии» Минатома РФ, в 1999 году получил статус государственного унитарного предприятия (ГУП «ВНИИХТ»), в 2003 году –

федерального государственного унитарного предприятия (ФГУП «ВНИИХТ»), в 2008 году – открытого акционерного общества (ОАО «ВНИИХТ»).

С созданием в 2007 году Госкорпорации «Росатом» ВНИИХТ вошел в ее состав.

Технологии института стали основой более 20 крупнейших гидрометаллургических комбинатов России и ряда зарубежных стран. Институтом открыто 7 минералов, получено более 40 высших государственных наград, более 3600 разработок внедрено в производство, проведено минералого-технологическое картирование более 40 месторождений. Опыт промышленного освоения созданных технологий позволил институту разработать новые современные технологии получения чистых соединений молибдена, скандия, рения, ниобия и других металлов.

Работы института удостоены 40 Ленинских, Государственных премий, премий Совета Министров СССР и Правительства РФ, премий имени видных деятелей науки. Лауреатами различных премий являются около 90 сотрудников института. На заседаниях трех диссертационных советов института защитили диссертации 1060 кандидатов и 127 докторов наук.

Два сотрудника удостоены званий «Заслуженный деятель науки РФ», один - «Заслуженный химик РФ», четверо - звания «Заслуженный геолог РФ», один сотрудник удостоен звания «Заслуженный деятель культуры РФ». Только в 2012 году более 35 человек за успехи в труде отмечены наградами и почетными грамотами Госкорпорации «Росатом». За весь период деятельности института сотрудники и ветераны института (1440 человек) награждены трудовым знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности».

В декабре 2014 г. институт преобразован в акционерное общество «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (АО «ВНИИХТ»).

В 2017 г. главный научный сотрудник, д.т.н., профессор Федоров В.Д. удостоен звания «Заслуженный работник атомной промышленности».

Молодой специалист института Величкина Н.С. и ее научный руководитель, к.т.н. Кольцов В.Ю. были отмечены премией Госкорпорации «Росатом» в номинации «Завершенная кандидатская диссертация», которую Величкина Н.С. успешно защитила в 2016 г.

АО «ВНИИХТ» награжден дипломом лауреата 5-й Юбилейной Национальной премии в области импортозамещения «Приоритет-2019» в номинации «Приоритет-Химпром» за инновационную технологию получения гидроксида бериллия и дипломом номинанта этой премии в данной номинации за полировальный порошок марки «Модипол».

В 2019 г. началась реализация проекта «Компактизация АО «ВНИИХТ», связанного с релокацией подразделений института для освобождения и последующей реабилитации территории площадки Каширское ш., 33. Выполнен первый этап проекта: подразделения АУП перемещены на территорию АО «НИИграфит» (г. Москва, ул. Электродная, 2)

В 2021 году завершилась очередная веха проекта «Компактизация АО «ВНИИХТ». Научные подразделения института перемещены на площадку АО «НИИграфит» и на территорию ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ» (г. Подольск).

В 2021 году Андрей Иванович Голиней вступил в должность директора АО «Наука и инновации» - управляющей организации АО «НИИграфит», АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ». Под его руководством сформировался единый химико-технологический кластер, в который были включены АО «НИИграфит», АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ».

Основные вехи развития института:

17.04. 1951 г. Постановлением Совета Министров СССР от 17 апреля 1951 года № 1242/626сс в структуре Первого главного

управления при Совете Министров СССР был создан НИИ-10.

1952 г. Был создан Ученый Совет, включавший геологическую, горную, технологическую и экономическую секции.

01.07.1953 г. Постановлением Совета Министров СССР на базе Первого главного управления и Третьего управления при Совмине СССР было образовано Министерство среднего машиностроения СССР, в структуру которого вошел НИИ-10.

1954 г. В структуре института были созданы и функционировали 16 лабораторий.

1955 г. Впервые в мировой практике и промышленных условиях освоен разработанный в институте под руководством Б.Н. Ласкорина сорбционно-бесфильтрационный способ извлечения урана из рудных пульп. Способ с 1957 г. рекомендуется всем гидрометаллургическим заводам, перерабатывающим руды урана, молибдена, золота.

1956 г. При институте создан отраслевой геолого-минералогический музей руд и минералов.

1951-1965 гг. Разработка технологий переработки урановых руд различных типов, и выдача исходных данных для проектирования, а также участие в пуске и последующем авторском сопровождении 12 промышленных производств

в России и за рубежом (Силламяэ, Глазов, Новосибирск, Желтые воды, Лермонтов, Степногорск, Чкаловск, Навои и т.д.);

Разработка и освоение технологий для создания сублиматно - разделительных производств, а также участие в их пуске и последующем научном сопровождении (Глазов, Томск, Ангарск, Кирово-Чепецк, Красноярск).

1965-1971 гг. По решению Минсредмаша СССР в НИИ-10 создана лаборатория, затем СКБ для разработки технических средств охраны.

1967 г. Институту присвоено наименование «Всесоюзный научно-исследовательский институт химической технологии» (ВНИИХТ).

1968 г. Участие в создании комплексов переработки жидких радиоактивных отходов военно-морского флота.

1969 г. Впервые в СССР на ВостГОКе и Целинном ГХК были внедрены промышленные автоклавы емкостью 125 м^3 для выщелачивания урановых руд. Состоялся пуск первой очереди крупнейшего в мире Навоийского ГМК, перерабатывающего золотые руды месторождения Мурунтау по технологии ВНИИХТа. Разработаны и внедрены мельницы самоизмельчения «Каскад», внедрена технология сорбции золота из рудных пульп.

1974 г. По решению Минсредмаша во ВНИИХТе создана арбитражная лаборатория, ответственная за анализ качества гексафторида урана, поставляемого за рубеж.

1975 г. Состоялся пуск ГМЗ – крупнейшего в СССР Приаргунского горно-химического комбината, перерабатывающего урановые руды по технологии ВНИИХТа;

Решением Минсредмаша во ВНИИХТе создан отраслевой отдел защиты окружающей среды.

1976 г. В честь своего 25-летия ВНИИХТ награжден Орденом «Знак Почета».
Образован Научно-технический совет и 3 диссертационных совета.

1968 – 1984 гг. По решению Минсредмаша СССР ВНИИХТом для развития работ по добыче урана методом подземного выщелачивания созданы три Опорные научно-исследовательские станции в городах Навои, Степногорске и Чкаловске.

1970 – 1990 гг. Институтом внедрено в промышленность 3600 научных разработок, давших экономический эффект более 1 млрд. рублей.

1985 г. В институте создан Отдел подземного и кучного выщелачивания.

1992 г. Институт получает новое наименование: «Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии» Минатома РФ.

1999 г. Институт получает статус Государственного Унитарного предприятия (ГУП «ВНИИХТ»).

2003 г. Институт получает статус Федерального государственного унитарного предприятия.

2008 г. Институт получает статус Открытого акционерного общества (ОАО «ВНИИХТ»).

2014 г. Институт преобразован в акционерное общество «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (АО «ВНИИХТ»).

2019 г. Начало реализация проекта «Компактизация АО «ВНИИХТ» и релокация административных, научных и производственных подразделений института с площадки Каширское ш., 33 на площадку АО «НИИграфит» (ул. Электродная, 2) и на территорию ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ» (г. Подольск).

1.2 Имя в истории института. Ласкорин Борис Николаевич

ЛАСКОРИН БОРИС НИКОЛАЕВИЧ

(1915–1997)

Ласкорин Борис Николаевич (24 июня 1915, г. Брест-Литовск, Гродненская губерния, Российская империя – 21 февраля 1997, г. Москва) – крупный специалист в области химии и технологии радиоактивных, цветных и благородных металлов, один из участников становления атомной отрасли СССР, академик АН СССР (с 1976 г; академик РАН с 1991 г.), профессор, доктор технических наук, автор разработок и промышленного освоения синтеза сорбентов и экстрагентов для урана, плутония и других радиоактивных, цветных, благородных, редких и рассеянных элементов, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР, премии

им. В.Г. Хлопина и дважды лауреат премии Совета Министров СССР, Заслуженный изобретатель РСФСР, автор более 600 изобретений, почетный член Международной инженерной академии, участник ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС.

За успешное выполнение работ особой важности награжден орденом Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Октябрьской Революции, Золотым орденом труда Народной Республики Болгарии, многими медалями.

Борис Николаевич принадлежал к плеяде первых советских ученых, посвятивших свою жизнь в науке изучению свойств радиоактивных, редких, цветных и благородных металлов и разработавших промышленные технологии их получения. Он был одним из участников становления атомной отрасли СССР и организаторов ВНИИ химической технологии — одного из ведущих научно-исследовательских институтов нашей страны (сегодня АО «ВНИИХТ»). Основная часть научных работ и практических идей академика Ласкорина была реализована под его руководством на всех горнодобывающих предприятиях отрасли, в том числе, на целом ряде градообразующих предприятий, принимавших прямое и непосредственное участие в создании ядерной, энергетической и экономической мощи страны.

Борис Николаевич родился 24 июня 1915 года в Брест-Литовске в семье инженера-железнодорожника Николая Лаврентьевича Ласкорина. В 1930 году после окончания семилетней школы в Киеве он поступил в техникум каучука и каучуконосов, окончил его с отличием в 1933 году и был направлен для продолжения учебы в Киевский университет, химфак которого также с отличием окончил в 1938 году. Молодого специалиста направили на работу в созданный в 1936 году НИИ-26 в г. Электросталь, где разворачивались работы по созданию новых средств защиты от возможной химической угрозы. Научный сотрудник, а с марта 1941 года – заведующий лабораторией Б.Н. Ласкорин работал над созданием фильтрующих материалов, сорбентов, катализаторов для индивидуальных и коллективных средств

противохимической защиты. При его непосредственном участии в годы Великой Отечественной войны было налажено массовое промышленное производство этих материалов для нужд армии, флота и гражданского населения.

В 1946 году Б.Н. Ласкорин защитил кандидатскую диссертацию по физико-химическим основам сорбционной технологии. Под его руководством был разработан промышленный сорбционный метод очистки газов от радиоактивного йода, используемый до настоящего времени. В этот же период были начаты работы по изысканию селективных минеральных и органических сорбентов для извлечения урана, тория и других элементов, необходимых для решения урановой проблемы в атомной промышленности. Перед лабораторией Б.Н. Ласкорина в НИИ-26 (Электросталь) была поставлена новая проблема в рамках уранового проекта — извлечение малого количества урана и тория из растворов посредством соосаждения и сорбции на различных поглотителях.

Во ВНИИХТ Борис Николаевич пришел в 1952 году. Институту было поручено создание технологии переработки руд радиоактивных и редких металлов с получением продуктов, необходимых для нужд оборонной промышленности и зарождающейся ядерной энергетики, в том числе для конструкционных материалов атомных станций (цирконий, гафний, тантал, ниобий). 37-летний Борис Ласкорин возглавил лабораторию сорбции и экстракции. Уже через 4 года, в 1956-м талантливому химику была присуждена ученая степень доктора технических наук, а в 1957-м – ученое звание профессора. Коллектив, который окрестили «детским садом Ласкорина», вырос в научную школу по сорбционно-экстракционной и мембранной технологии, подготовившую для отрасли плеяду научных сотрудников и производственников высшей квалификации, в том числе 8 профессоров, 15 докторов технических наук, более 100 кандидатов технических наук. Личность ученого яркая и талантливая, Б.Н. Ласкорин умел заражать своими идеями окружающих, упрямо добиваться

поставленной цели, проявляя при этом неординарные волевые, организаторские и человеческие качества.

Возглавлявший сначала лабораторию, затем отдел, состоявший из семи лабораторий в 1968 году Борис Николаевич Ласкорин стал заместителем директора института по научной работе. Во ВНИИХТе он проработал около 45 лет и был исключен из личного состава института только в связи со смертью в 1997 году.

В 1950-е гг. усилия Б.Н. Ласкорина были направлены на решение ключевых проблем атомной науки и техники. Первоначально уран из руд извлекали классическими методами: выщелачиванием, фильтрацией, репульпацией, осаждением, растворением. На сложном пути получения реакторно-чистых соединений урана некоторые операции приходилось повторять многократно. При переработке бедных урановых руд наиболее трудо- и энергоемкими были операции фильтрации - отделения растворов от огромной массы породы. Благодаря разработкам лаборатории в урановую промышленность в предельно короткие сроки была внедрена бесфильтрационная технология. В 1950 - 1960 гг. в результате внедрения сорбции ионо-экстракционных схем на всех урановых заводах страны была создана самая крупная в мире урановая промышленность, основу которой составляла технология ионообменного извлечения урана и ценных сопутствующих элементов из рудных пульп - сорбционное выщелачивание. Эту технологию успешно применяли для сложных алюмосиликатных, карбонатных и фосфатных урановых руд. При этом широко использовали автоклавные методы вскрытия и экстракционные процессы очистки и концентрирования урана и сопутствующих элементов, что позволило на новом уровне извлекать сопутствующие компоненты. Принципиальным преимуществом технологии была предложенная Б.Н. Ласкориным система замкнутого водооборота в технологических схемах промышленных предприятий. Полностью замкнутые схемы водооборота исключили или минимизировали сбросы в открытую гидрографическую сеть, что уменьшило

вредное воздействие предприятий на окружающую среду. За разработку этой технологии и ее промышленное внедрение Борису Николаевичу в 1958 г. была присуждена Ленинская премия, а за плодотворную изобретательскую деятельность присвоено звание заслуженного изобретателя РСФСР.

В рамках фундаментальных исследований реакций различного типа и свойств комплексных соединений Б.Н. Ласкориным проводились приоритетные работы по созданию новых технологий синтеза ионообменных смол и их производству. Сорбенты, производимые по технологиям ВНИИХТ, заняли ведущее место в отечественной промышленности. Борис Николаевич и весь авторский коллектив, разработавший и наладивший промышленное производство ионообменных и комплексообразующих сорбентов для атомной промышленности, в 1978 г. были награждены Государственной премией в области науки и техники. Активная жизненная позиция, обширные научные и практические знания, огромный авторитет позволили академику Б. Н. Ласкорину успешно осуществить научное руководство реконструкцией гидрометаллургических урановых заводов нашей страны и стран Восточной Европы. С внедрением сорбционной технологии мощность заводов увеличилась в 2 - 3 раза, при этом значительно сократились капитальные затраты и повысилось извлечение урана, что открыло новые возможности в переработке бедных источников сырья.

Принципиальное значение имеют работы Бориса Николаевича, результаты которых были доложены на 2-й Женевской конференции по использованию атомной энергии в мирных целях и на Международном совещании МАГАТЭ в Вене, закрепившие приоритет отечественной науки в комплексном использовании бедных урановых руд и очистке природных вод на основе широкого использования сорбционно-экстракционных процессов.

Уникальный промышленный опыт позволил Б. Н. Ласкорину и его сотрудникам в конце 1960-х гг. подойти к решению проблемы конверсии урановых технологий и передаче своих разработок другим отраслям. Успешным примером подобного рода стали разработка и внедрение (впервые

в мире) метода сорбции из пульп в золотодобывающей промышленности, завершившиеся созданием сорбционной технологии переработки бедных золотосодержащих руд для крупнейшего месторождения Мурунтау, освоение которого по старой классической технологии было бы нерентабельно. Технология сорбционного выщелачивания золота при непосредственном участии Бориса Николаевича была реализована в короткие сроки в Центральных Кызылкумах на Навоийском горно-металлургическом комбинате.

С начала введения в эксплуатацию и до настоящего времени это предприятие и технология, используемая на нем, являются своеобразным эталоном мирового уровня. Промышленная эксплуатация достигла уровня производства 50 т/год банковских слитков золота чистотой 99,99%. При сорбционном цианировании золотосодержащих руд было организовано попутное выделение таких ценных компонентов, как серебро, селен, палладий, вольфрам. По решению Совета министров СССР в 1972 г. эта технология была освоена и внедрена на 10-ти предприятиях Министерства цветной металлургии СССР.

Под научным руководством Б.Н. Ласкорина в ходе исследований были разработаны и внедрены процессы сорбционно - экстракционного выделения молибдена и скандия, находящихся в перерабатываемом сырье в незначительном количестве и неблагоприятном минералогическом состоянии. Были созданы сорбционно-экстракционные технологии комплексной переработки бедных и сложных по составу руд, и низкосортных продуктов обогащения.

До настоящего времени уникальными остаются исследования, разработка и внедрение ядерной и пожаро- и взрывобезопасной экстракционной технологии переработки облученных стандартных урановых блоков. С использованием этой технологии был пущен в промышленную эксплуатацию первый в нашей стране экстракционный передел облученного урана на горно-химическом комбинате «Маяк».

Под руководством Б.Н. Ласкорина были разработаны и внедрены многочисленные сорбционные процессы аффинажа урана и плутония. За разработку сорбционных и экстракционных процессов и их применение в радиохимической промышленности Борис Николаевич в 1983 г. получил премию Совета министров СССР и премию им. В.Г. Хлопина.

В 1976 г. Б.Н. Ласкорин был избран действительным членом (академиком) Академии наук СССР. В 1977 г. при его содействии в Академии наук СССР был организован Институт проблем комплексного освоения недр, в котором Борис Николаевич долгие годы руководил отделом обогащения полезных ископаемых, был председателем диссертационного совета.

В последние годы жизни много сил и внимания Б.Н. Ласкорин уделял актуальным вопросам охраны окружающей среды. Под его непосредственным руководством и участии разработаны научно-технические принципы малоотходных и безотходных технологий для ряда отраслей народного хозяйства. При нулевом сбросе загрязненных вод в открытую гидрографическую сеть, сокращении в несколько раз расхода реагентов и материалов, поступление вредных веществ в окружающую среду сократилось в десятки раз. Это сделало возможным дальнейшее развитие промышленных производств даже в густонаселенных регионах. Разработка и внедрение новых малоотходных технологических процессов переработки полезных ископаемых в свете решения экологических проблем промышленных предприятий отрасли были отмечены в 1987 г. премией Совета министров СССР, присужденной авторскому коллективу во главе с Борисом Николаевичем.

Б.Н. Ласкорин был председателем Комитета по защите окружающей среды Всесоюзного научно-технического общества и до последнего времени являлся председателем Комиссии по охране природных вод при президиуме Российской академии наук, которая много сделала для сохранения озера Байкал и для возрождения ресурсов Волги. Совместно с Советом по проблемам биосферы эта Комиссия добилась отмены экологически вредных,

подрывающих экономику страны проектов поворота северных и сибирских рек, строительства Волго - Чегрейского и второго Волго - Донского каналов.

За успешное выполнение особо важных работ Борис Николаевич награжден орденом Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Октябрьской Революции, Золотым орденом труда Народной Республики Болгарии, многими медалями.

Сфера интересов Бориса Николаевича не ограничивалась научной деятельностью. Будучи хорошим организатором, он в течение многих лет выполнял обязанности заместителя председателя Научного совета по гидрометаллургии при Государственном комитете по науке и технике СССР, председательствовал в Научном совете «Новые процессы в цветной металлургии» при Государственном комитете по науке и технике СССР, возглавлял секцию по охране окружающей среды в Академии наук СССР, проводил заседания Комитета по защите окружающей среды при Всесоюзном научно-техническом обществе в качестве его председателя, редактировал научно-технические издания по сорбции, экстракции и гидрометаллургии, охране окружающей среды, мембранным процессам.

Результатом большой и плодотворной педагогической работы академика Б.Н. Ласкорина стала созданная им научно-педагогическая школа по сорбционно-экстракционной и мембранной технологиям. Как яркая и талантливая личность, он умел заражать своими идеями окружающих, упорно добиваться поставленной цели. Как руководитель Борис Николаевич всегда находил правильные решения, проявляя при этом неординарные волевые, организаторские и человеческие качества. Переоценить вклад академика Б.Н. Ласкорина в развитие атомной энергетики и оборонного комплекса СССР и России невозможно. Именно его уникальные технологии, на порядок превосходящие по эффективности технологии, применявшиеся в те годы во всем мире, снабдили ядерным топливом развивающуюся атомную энергетику страны и обеспечили необходимыми материалами создателей ядерного

оружия, что в конечном счете привело к достижению стратегического паритета и устранению угрозы ядерной войны.

1 июля 2008 года на стене высотного дома на Котельнической набережной реки Москвы была открыта мемориальная доска действительному члену Академии наук СССР Борису Николаевичу Ласкорину. Надпись на доске: «Академик Академии Наук СССР Ласкорин Борис Николаевич, один из основателей атомной промышленности, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР жил в этом доме с 1976 по 1997 год». Мемориальная доска была открыта по инициативе ветеранов АО «ВНИИХТ» и изготовлена на средства института.

В апреле 2015 года, по инициативе АО «ВНИИХТ», решением Городской межведомственной комиссии по наименованию территориальных единиц, улиц, станций метрополитена, организаций и других объектов города Москвы, Правительство Москвы постановило присвоить проектируемому проезду № 3879, расположенному в районе Москворечье-Сабурово ЮАО между Каширским шоссе и улицей Москворечье, наименование «улица Академика Ласкорина».

1.3 Основные направления научной деятельности

АО «ВНИИХТ» обладает компетенциями и инфраструктурой для комплексного решения сырьевых и технологических проблем атомной энергетики страны. Предприятие расположено в г. Москва и обладает собственной опытно - производственной базой, размещенной в филиале АО «ВНИИХТ» - ОХТЗ (г. Москва).

Начиная с 2020 года АО «ВНИИХТ» развивает новое направление по разработке технологий синтеза и переработки новых полимерных композиционных материалов.

АО «ВНИИХТ» поддерживает и развивает сотрудничество и кооперации с отраслевыми добывающими предприятиями и пользователями разрабатываемых технологий (АРМЗ, Uranium One, ТВЭЛ) и другими металлургическими предприятиями и ГОКами.

Роль предприятия в отрасли

АО «ВНИИХТ» принимает участие в развитии 4 стратегических направлений Госкорпорации «Росатом» (Материалы и технологии, замыкание ЯТЦ на базе РБН, переработка ОЯТ и мультрециклирования ЯМ, обращение с отходами) и выступает в роли ведущего разработчика технологий комплексной переработки рудного и техногенного сырья с получением товарных продуктов заданной номенклатуры РМ/РЗЭ; является ключевым исполнителем по разработке технологий переработки отходов, очистки сточных и природных вод, а также технологий обращения с РАО предприятий ЯТЦ.

В 2021 году в АО «ВНИИХТ» выполнено семь договоров с предприятиями Госкорпорации «Росатом», завершены этапы четырех проектов Единого отраслевого тематического плана НИОКР по созданию новых продуктов и технологий.

В отчетном году научными сотрудниками АО «ВНИИХТ» выпущено девятнадцать отчетов о НИР и НИОКР, подготовлено тридцать открытых публикаций, включая тринадцать статей, одну монографию и шестнадцать

докладов/тезисов докладов научных конференций. Оформлено шестнадцать «ноу-хау». Получено три патента РФ на изобретение, один - на полезную модель, один международный патент, подано три заявки на патенты РФ.

Основные направления научно-производственной деятельности

– технологии комплексной переработки редкометалльного, радиоактивного рудного и техногенного сырья;

– материалы радиационной фотоники;

– технологии переработки техногенных отходов;

– технологии обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла;

– технологии синтеза и переработки новых полимерных композиционных материалов;

– производство полировальных порошков;

– производство средств защиты от ионизирующего излучения;

– производство тетрафторида кремния.

Ключевые продукты

Технологии извлечения РМ и РЗМ из минерального и техногенного сырья, получения чистых соединений, технологии иммобилизации ВАО в минералоподобные матрицы.

Материалы Li-ion накопителей энергии, безгалогенные материалы электроизоляционного назначения, огнестойкие материалы на основе пенополиуретана (ППУ), полимерные композиты для аддитивных технологий, установки деионизации воды и концентрирования микроэлементов и др.

Ключевым инструментом развития является акцентирование деятельности предприятия на реализации НИОКР и ОТР направленных преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач с последующим созданием опытно-промышленных производств в рамках НПО, выполнение работ в рамках Единого отраслевого тематического плана (ЕОТП), Федеральной программы

«Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии» (РТТН) и других программ, модернизация экспериментальной и инструментальной базы и инфраструктуры предприятия.

Перспективы развития

Направления развития АО «ВНИИХТ» неотделимы от реализуемой стратегии АО «Наука и инновации» и Госкорпорации «Росатом» и связаны с качественным и своевременным удовлетворением потребности атомной и смежных отраслей в современных разработках в области химической технологии получения материалов широкой номенклатуры, разработкой новых продуктов.

Общество ставит перед собой следующие стратегические цели:

– рост финансовой эффективности;
– устойчивое научно-технологической развитие.

Указанные цели соответствую задачам, поставленным перед АО «ВНИИХТ» управляющей организацией – АО «Наука и инновации» в части повышения экономической эффективности Общества, а также отражают не менее важный показатель по устойчивому научно-технологическому развитию Общества.

В 2022 году АО «ВНИИХТ» продолжит реализацию инфраструктурных и инновационных проектов, направленных на создание и использование компетенций для трансформации Общества в Ведущий отраслевой центр по следующим ключевым направлениям научно-технического развития:

– технологии комплексной переработки редкометалльного, радиоактивного рудного и техногенного сырья;
– технологии синтеза и переработки новых полимерных композиционных материалов;

– технологии получения сплавов-лигатур редкоземельных металлов с переходными металлами для использования в производстве редкоземельных постоянных магнитов;

– технологии получения сплавов-накопителей водорода с программируемым уровнем сорбционных характеристик (материалы для водородной энергетики);

– технологии извлечения лития из гидротермального и техногенного сырья (переработка литий-ионных аккумуляторов);

– технологии извлечения редких/редкоземельных и драгоценных металлов при переработке электронного лома и других техногенных отходов;

– материалы радиационной фотоники (пластиковые сцинтилляторы, композитные детекторные материалы);

– технологии изготовления радиационно-защитных материалов (СИЗ от ионизирующего излучения и сплавов повышенной плотности).

1.4 Структура научного блока

В 2021 году структура научного блока АО «ВНИИХТ» состояла из 7 лабораторий, испытательного аналитического центра и одного отделения, включающего в себя две лаборатории:

- Лаборатория полимерных композиционных материалов (начальник – к.т.н., Хакулова Д.М);
- Лаборатория радиационной фотоники (начальник – Бондаренко С.А.);
- Лаборатория чистых металлов и функциональных материалов (начальник – к.т.н. Коцарь М.Л.);
- Лаборатория переработки техногенного сырья (начальник – к.т.н. Новиков П.Ю.);
- Лаборатория металлургических процессов (начальник – Солнцева Е.Б.).
- Лаборатория комплексной переработки рудного сырья (на конец 2021 года проходил конкурс на вакантную должность начальника лаборатории, а также поиск и подбор сотрудников созданной лаборатории);
- Испытательная лаборатория радиационного контроля (начальник – к.б.н. – Клочкова Н.В.);
- Отделение химические технологии замкнутого ядерного топливного цикла (начальник – к.т.н. Каленова М.Ю.). Отделение включает Лабораторию методов обращения с ОЯТ и РАО (начальник – к.т.н. Кузнецов И.В.) и Лабораторию высокотемпературной химии и электрохимии, и находится в Подольском филиале АО «ВНИИХТ».

Подробная структура научных лабораторий института представлена на рисунке 1.

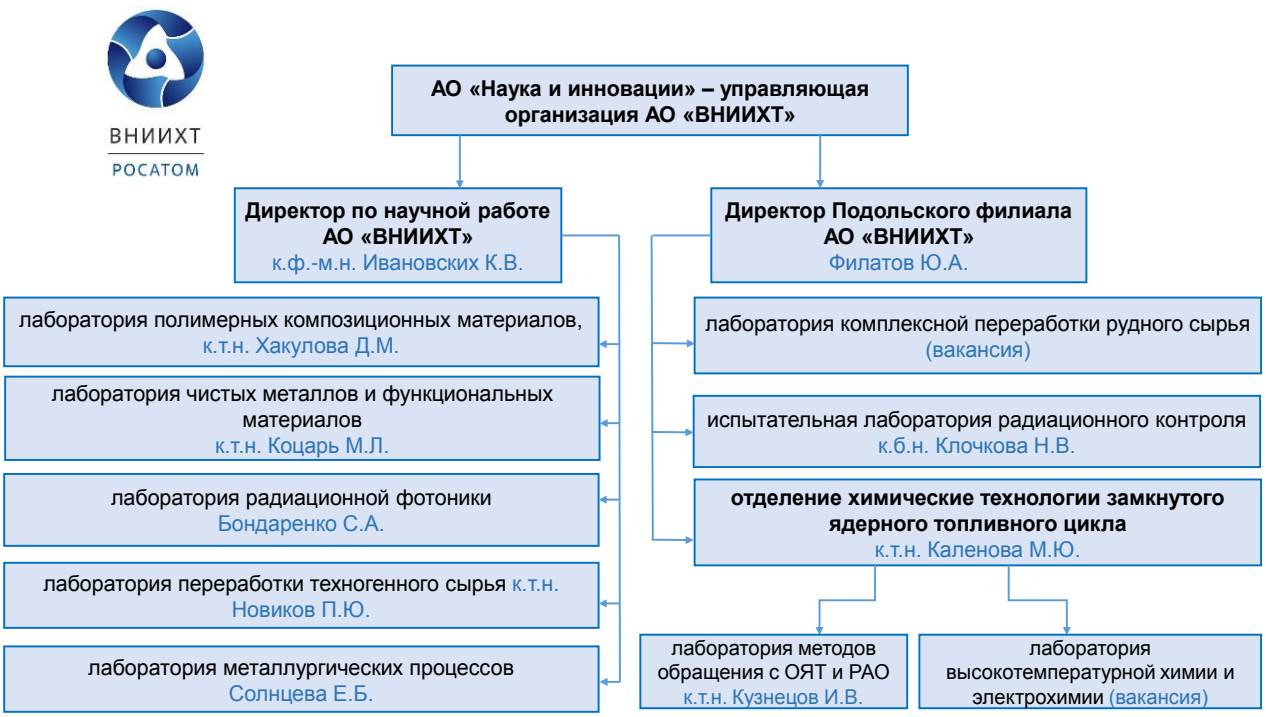


Рисунок 1 – Структура научных лабораторий АО «ВНИИХТ» в 2021 году

1.5 Кадровый потенциал

В 2021 году в институте числится 4 доктора наук и 25 кандидатов наук.

Институт принимает на договорной основе студентов на практику, с дальнейшей возможностью их устройства на работу в лаборатории АО «ВНИИХТ».

Институт сотрудничает в рамках проведения практики студентов с РХТУ им. Менделеева, МИРЭА, НИТУ «МИСиС». В 2021 году с целью получения профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности в АО «ВНИИХТ» прошли производственную практику по направлениям подготовки «Информатика и вычислительная техника» и «Информационные системы и технологии» 10 студентов 3-го курса РХТУ им. Менделеева. Прошел стажировку по направлению «Материаловедение» 1 студент НИТУ «МИСиС». В 2022 году планируется принять на практику около 15 студентов. Информация об общем количестве стажеров, принятых в 2021 году представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения о стажерах по научным подразделениям

Подразделение	**Количество стажеров**	**Из них, в 2021**	**План 2022**
Лаборатория чистых металлов и функциональных материалов	1	1	-
Лаборатория рудного сырья	-	-	2
Лаборатория радиационной фотоники	-	-	3
Лаборатория полимерных композиционных материалов	-	-	1
Лаборатория металлургических процессов	-	-	1
ИТОГО	1	1	7

Сведения о персонале, занятом научными исследованиями и разработками, а также о количестве кандидатов и докторов наук представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Численность работников, выполнявших научные исследования и разработки, на конец отчетного года

Ресурсное обеспечение деятельности института	**Ед. изм.**	**Всего**	**Из них имеют ученую степень**	
			доктора наук	**кандидата наук**
Среднесписочная численность работников, выполнявших научные исследования и разработки (без совместителей и лиц, выполнявших работу по договорам ГПХ)	чел.	220,5	х	х
Численность работников, выполнявших исследования и разработки, в том числе:	чел.	189	4	25
Исследователи		48	4	19
Техники		6	0	0
Вспомогательный персонал		96	0	5
Прочие		39	0	1

2 Результаты деятельности по основным направлениям

В 2021 году в институте продолжались научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на разработку, совершенствование и создание новых технологических вариантов схем глубокой переработки руд редких, редкоземельных и др. ценных металлов.

В соответствии с решением Инвестиционного комитета АО «Наука и инновации» Госкорпорации «Росатом» в 2019 году утверждено инвестиционное мероприятие для АО «ВНИИХТ» по проекту «Проведение исследований и создание сорбента для сорбционной технологии извлечения лития из природных растворов» в рамках отраслевой стратегической программы «Развитие литиевого направления бизнеса Госкорпорации «Росатом». Производство литиевой продукции имеет приоритет для Госкорпорации «Росатом» в составе направления редких и редкоземельных металлов, как с точки зрения рыночного потенциала, так и с точки зрения потребностей оборонно-промышленного комплекса РФ. В рамках выполнения данного проекта в АО «ВНИИХТ» в отчетном году проводилось научно-техническое сопровождение испытаний сорбционной технологии компании ООО «Экостар-Наутех» по извлечению лития из высокоминерализованных рассолов салара Аргентины с помощью селективного сорбента ДГАЛ-С1 для последующего производства гидроксида лития батарейного качества. Были проведены следующие исследования: контроль соответствия проведения опытно-промышленных испытаний технологии компании «Экостар-наутех» по извлечению лития методикам проведения опытно-промышленных испытаний; анализ расчета массового баланса компонентов рассола и алюминия, расхода реагентов, а также состава и объемов отходов производства по стадиям технологической схемы переработки литийсодержащих растворов по итогам испытаний; оценка степени извлечения лития и других компонентов из растворов. Работа выполняется в интересах «Ураниум Уан» и АО «АРМЗ».

В отчетном году продолжалось сотрудничество с АО «ЧМЗ». Осуществлялся авторский надзор за системой автоматизированного управления процессами иодидного рафинирования циркония в цехе № 60 АО «ЧМЗ». Собраны и обработаны статистические данные по работе печей СКБ-5025 и аппаратов Ц-40. После корректировки программ съем циркония увеличился для двух печей соответственно на 2 и 12 %. Анализ статистической информации, эксперименты непосредственно в цехе № 60 позволили разработать ряд рекомендаций по дальнейшему совершенствованию процесса иодидного рафинирования циркония в печах СКБ-5025 под управлением контроллеров с RIO-9075 и его программного обеспечения.

Продолжены работы по совершенствованию опытного стенда дистилляции кальция с автоматизированной системой управления технологическим процессом на базе блока из 4-х печей и внедрение его в цехе № 5 АО «ЧМЗ», предназначенного для проведения работ по оптимизации системы управления печами Ш-1 и его дальнейшего тиражирования в отделении. Проведены монтаж и пуско-наладка оборудования системы управления опытным стендом с автоматизированным управлением процесса дистилляции кальция в цехе № 5 на базе печи № 49. Осуществлена комплексная отладка всей системы управления, опытная эксплуатация системы. Исследованы характеристики и оптимизирована работа, выполнены обслуживание и авторское сопровождение системы. Автоматизированная система управления процессом дистилляции кальция введена в эксплуатацию. Все выполненные мероприятия имеют целью повышение уровня безопасности процесса, съема, выхода годного, производительности аппаратов дистилляции, снижение расхода электроэнергии и охлаждающей воды за счет автоматизированного управления процессом.

В отчетном периоде проведена работа по изготовлению экспериментальных образцов высокотемпературных сплавов титана с эффектом памяти формы. Выплавка слитков осуществлялась в аргонодуговых

печах с их последующей деформацией. Было проведено исследование микроструктуры, фазового состава и характеристик восстановления формы.

В 2021 году институт принимал участие в проведении НИР по разработке материалов для постоянных магнитов, выполняемой в рамках Федерального проекта «Разработка новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем» Комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года» совместно с ИМЕТ РАН. Целью работы являлась отработка режимов выплавки и водородной обработки компактных слитков сплавов-прекурсоров для получения новых композиций магнитных сплавов на основе системы Nd-Fe-B с частичным или полным замещением части неодима на Pr, Ce, La. На этапе 2021 года была составлена матрица составов выплавки сплавов-прекурсоров. Для осуществления выплавки сплавов и проведения водородной обработки компактных слитков была разработана лабораторная технологическая инструкция, включающая требования к режимам процесса выплавки магнитных материалов и водородной обработки слитков для их диспергирования. В соответствии с разработанной технологической инструкцией была выплавлена в вакуумных индукционных печах серия слитков в количестве 11 штук различного состава.

В рамках проведения НИР «Разработка технологии получения компактных слитков редкоземельных металлов и лигатур на их основе» совместно с заказчиком в лице «Курчатовский институт - ВИАМ» выбраны направления исследований в области получения компактных слитков РЗМ и/или лигатур на их основе. За основу технологии был выбран процесс кальциетермического восстановления фторидов РЗЭ, полученных в результате твердофазной реакции фторирования оксида бифторидом аммония. По выбранному направлению исследованы технологические режимы получения компактных слитков РЗМ, необходимых для изготовления постоянных магнитов. Изготовлены и исследованы компактные слитки редкоземельных

металлов и/или лигатур на их основе для разработки технологии и изготовления экспериментальной партии постоянных магнитов системы РЗМ-ПМ-В в количестве: празеодим – 15 кг, диспрозий – 12,5 кг, тербий – 12,5 кг. Работы будут продолжены на следующем этапе.

В отчетном году завершена научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа по созданию модели детектирующего элемента нейтронного детектора в различном конструкционном исполнении, а также проведены работы по развитию разработанной ранее технологии синтеза материалов высокочувствительных детектирующих элементов для регистрации тепловых нейтронов. В ходе работ разработаны и сконструированы модели детектирующего элемента детектора в стационарном исполнении и переносной конструкции, экспериментальный опытный образец модели с волоконно-оптическим световыводом. Выполнены работы по развитию технологической схемы получения пленочного материала детектирующего элемента, в результате которых получен тонкопленочный образец, характеризующийся более высоким световыводом. Предложенный подход позволит реализовать новый тип компоновки материала детектирующего элемента в виде полислойной структуры с чередующимися слоями люминофора и нейтрон-чувствительной компоненты.

В 2021 году начаты работы по разработке опытно-промышленной технологии получения гидроксида бериллия, оксида бериллия и металлического бериллия с выпуском экспериментальных партий в сотрудничестве с ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ». На первом этапе работы в рамках подготовки исходных данных для разработки и испытания высокоэффективной и экологически безопасной технологии получения гидроксида бериллия в опытно-промышленном масштабе разработана технологическая схема экспериментального участка для получения гидроксида бериллия, сформировано техническое задание на создание экспериментального оборудования производства гидроксида бериллия.

В 2021 году в институте продолжалось выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в рамках этапов четырех действующих проектов Единого отраслевого тематического плана НИОКР Госкорпорации «Росатом» по созданию новых продуктов и технологий:

В рамках третьего этапа проекта «Разработка технологии переработки техногенных отвалов для получения лигатур стратегического сырья (РЗЭ, W, Mo, Re и другие)» разработана технология получения спеченных изделий в виде цилиндрических таблеток из сплавов ВНМ-3-2, ВНМ-6-4. Наработаны опытные партии тугоплавких металлов – порошков вольфрама и рения. Исследованы закономерности в изменении структурного состояния порошков вольфрама, никеля и меди в технологическом переделе получения высокоплотных сплавов, особенности структуры спеченных сплавов ВНМ. Разработаны проекты ТУ на порошки Mo, W, полученные переработкой техногенного сырья, а также проект ТУ на оксиды РЗЭ, получаемые в результате переработки отходов производства РЗ-постоянных магнитов. Разработаны исходные данные на проектирование основного технологического оборудования укрупненной установки для получения тугоплавких металлов и переработки отходов магнитного производства. Проведена предварительная технико-экономическая оценка опытно-промышленного производства порошка тугоплавких металлов (W, Re) и изделий на основе сплавов повышенной плотности, а также участка по переработке отходов магнитного производства. Полученные результаты позволят при дальнейшем масштабировании разработать унифицированную технологию переработки металлсодержащих промышленных отходов с получением широкой номенклатуры товарных полупродуктов, лигатур и металлических порошков для выпуска высокорентабельной продукции.

В рамках первого этапа, стартовавшего в 2021 г. проекта по разработке технологии обращения с циркониевыми оболочками твэлов, образующимися при переработке отработавшего ядерного топлива водо-водяных энергетических реакторов (ОЯТ ВВЭР), проведен комплексный анализ

конструкционного материала (КМ) оболочек твэлов от переработки ОЯТ ВВЭР, определена номенклатура металлических радиоактивных отходов (РАО), образующихся при переработке ОЯТ ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Выполнено расчетно-теоретическое обоснование глубины очистки циркониевых оболочек твэлов от делящихся материалов и продуктов деления. Проведен анализ процессов обращения с КМ оболочек твэлов и отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) от переработки ОЯТ ВВЭР, выданы рекомендации по технологическим параметрам их переработки. Доказана целесообразность совместной переплавки КМ твэлов и КМ ОТВС.

В рамках второго этапа, инициированного в 2020 г. проекта по разработке технологии иммобилизации высокоактивных отходов (ВАО) в минералоподобные матрицы (МПМ) методом индукционной плавки в холодном тигле (ИПХТ), обеспечивающей снижение объема и увеличение времени долговременного хранения конечной формы РАО, были выбраны кандидатные матрицы для иммобилизации фракций ВАО, проведен их синтез с использованием совмещенного процесса грануляции и плавки в индукционном плавителе с холодным тиглем. Экспериментально определены температура получения МПМ; в целом подтверждены целевые химический и фазовый составы МПМ. По результатам математического моделирования определен оптимальный диаметр блока матрицы для фракции редких земель и малых актинидов для временного хранения и размещения в породах. Проверена гидротермальная устойчивость матриц в растворах, имитирующих грунтовые воды; проведены испытания на радиационную устойчивость к внешнему облучению. Подтверждена реализуемость разрабатываемой технологии и обосновано использование МПМ в качестве конечной формы фракций ВАО.

В рамках проекта по разработке технологии получения высокотехнологичных полимерных композитных изоляционных материалов и полупроводящих матриц со структурой, обеспечивающей возможность саморегуляции электросопротивления на втором этапе работ изготовлены и

испытаны экспериментальные образцы и опытная партия полимерных композиционных материалов (ПКМ) изоляции, оболочки и полупроводящей матрицы; разработаны программа и методики испытаний экспериментальных образцов и опытных партий ПКМ изоляции, оболочки и полупроводящей матрицы на физико-механические, реологические, морфологические, электрические свойства, морозостойкость, термостойкость и термостабильность; разработаны программа и методики испытаний технологического процесса получения ПКМ изоляции, оболочки и полупроводящей матрицы; осуществлен подбор оптимальных параметров технологического процесса получения ПКМ. В результате исследований были созданы составы полупроводящей матрицы для низко- и среднетемпературных саморегулирующихся кабелей с положительным температурным коэффициентом.

За отчетный период 2021 года реализованы 2 проекта в рамках предоставления грантов Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ):

1. Создание методов синтеза и исследование влияния структуры и соотношения компонентов на свойства теплостойких не менее 200ºС термопластичных связующих классов полиариленэфиркетонов и полиэфиримидов, в том числе, на основе дихлорбензофенона, (при пониженных температурах) для создания связующих для пропитки стеклянных и углеродных армирующих наполнителей».

При выполнении работы были реализованы заявленные задачи:

– исследовано актуальное состояние отечественной и мировой практики по установленной в работе фундаментальной научной задачи;

– разработаны несколько вариантов и обоснован выбор наиболее целесообразного и эффективного подхода к решению фундаментальной научной задачи применительно к авиакосмической отрасли, атомной отрасли и т.д.;

– исследовано влияние различных химических компонентов с точки зрения их морфологических особенностей на свойства теплостойких не менее 200ºС термопластичных связующих классов полиариленэфиркетонов и полиэфиримидов;

– разработаны научно-технологические принципы и подходы к процессу синтеза новых термостойких полиэфирных материалов на основе полиариленэфиркетонов и полиэфиримидов, в том числе, на основе дихлорбензофенона для создания связующих для пропитки стеклянных и углеродных армирующих наполнителей;

– получены опытные образцы термостойких полиэфирных материалов на основе полиариленэфиркетонов и полиэфиримидов, в том числе, на основе дихлорбензофенона, проведены их комплексные исследования;

– подготовлено техническое задание на ОТР по теме: «Разработка импортозамещающей технологии создания и опытно-промышленного производства новых термостойких полиэфирных материалов на основе полиариленэфиркетонов и полиэфиримидов, в том числе, на основе дихлорбензофенона».

В результате работы создан научно-технический задел по направлению синтеза новых термопластичных полиэфирных материалов на основе полиариленэфиркетонов и полиэфиримидов, определено влияние структуры и соотношения компонентов на конечные свойства новых материалов, полученных при пониженных температурах в апротонных диполярных растворителях. Последующее развитие созданного задела позволит создать масштабируемую технологию производства новых импортозамещающих полиэфирных связующих для пропитки стеклянных и углеродных армирующих наполнителей. Данные материалы с улучшенными физико-механическими характеристиками будут использованы в качестве деталей космических объектов, обшивки авиа- и космических носителей. Разработана технология синтеза и определены основные корреляционные

взаимозависимости состава и свойств новых полиэфирных связующих, отличающихся улучшенными технологическими характеристиками, теплостойкостью, огнестойкостью, механическими и электрофизическими характеристиками. Синтезированный состав будет предназначен для пропитки стеклянных и углеродных армирующих наполнителей, по растворной технологии. Созданый в рамках работы метод синтеза полиэфирных материалов на основе полиариленэфиркетонов и полиэфиримидов позволяет при последующей обработке связующего удалять из полуфабриката-препрега растворитель для формовочного получения непрерывно армированных термопластичных материалов из полиэфирных матриц с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

2. Сегнетоэлектрические полимеры и их применение в технике и биомедицине.

Результатом реализации проекта является научная обзорная статья по физической химии и применению полимерных сегнетоэлектриков. Проведена работа по систематизации литературных источников, библиография включает 1203 единицы цитирования. Обзор будет полезен как специалистам в области сегнетоэлектрических материалов, так и группам разработчиков определенных технических устройств.

В 2021 году завершены минералого-технологические исследования, проводимые в рамках международного договора с компанией «Headspring Investments», для определения рациональной технологии переработки урановых руд месторождения Республики Намибия на пробах рудного материала. Изучен вещественный состав исходных руд, проведены геотехнологические исследования в агитационном, статическом и фильтрационном режимах выщелачивания проницаемых керновых проб из разведочных скважин. Полученные результаты работы подтвердили работоспособность методов бактериального выщелачивания. Дальнейшим продолжением данной работы будет выдача рекомендаций с целью разработки

исходных данных для проведения опытно-промышленных натурных испытаний технологии отработки урановых руд данного месторождения.

АО «ВНИИХТ» сотрудничает с ВУЗами и научными организациями, в том числе на основе соглашений, заключенных в рамках реализации проектов ЕОТП. В отчетном году были заключены договора на выполнение составной части НИОКР с ИФХЭ РАН, ИМЕТ УрО РАН, НИТУ «МИСиС»:

– в рамках реализации проекта ЕОТП-МТ 158 «Разработка технологии переработки техногенных отвалов получения лигатур стратегического сырья (РЗЭ, W, Mo, Re и другие) в отчетном периоде заключен договор на выполнение составной части НИОКР с Национальным исследовательским технологическим университетом «МИСиС» (НИТУ «МИСиС») по теме: «Исследование структурных составляющих и фазового состава исходных материалов, сырья и получаемых материалов (РЗЭ, W, Mo, Re и другие) при выполнении укрупненных работ». Проведено исследование структурных составляющих и фазового состава исходных материалов, сырья и получаемых материалов (РЗЭ, W, Mo, Re и другие). Разработаны предложения для подготовки технических регламентов получаемых продуктов. Результаты НИОКР будут использованы для продолжения работ в рамках проекта ЕОТП-МТ 158;

– в рамках реализации проекта ЕОТП-ТЦПМ-25 «Разработка технологий иммобилизации ВАО в минералоподобные матрицы методом КХС-ИПХТ» заключен договор на выполнение составной части НИОКР с Институтом физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН) по теме: «Исследование процессов получения компактных минералоподобных матриц (МПМ) в ИПХТ для иммобилизации ВАО». Цель работы – исследование процессов получения компактных МПМ. Для достижения поставленной цели были решены ключевые задачи: проведена плавка МПМ заданных составов. Проведено исследование процессов получения компактных минералоподобных матриц для иммобилизации ВАО методом индукционной

плавки в холодном тигле. Результаты НИР будут использованы для продолжения работ по разработке промышленной технологии иммобилизации фракционированных ВАО в МПМ с использованием ИПХТ;

– в рамках реализации проекта ЕОТП-ТЦПМ-263 «Разработка технологии обращения с циркониевыми оболочками твэлов, образующимися при переработке ОЯТ ВВЭР» заключен договор на выполнение составной части НИОКР с Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИМЕТ УрО РАН) по теме: «Термодинамическое обоснование глубины очистки циркониевых сплавов от ПД и ДМ». Целью работы было получение расчетных данных о процессах шлакового переплава КМ оболочек твэлов и ОТВС. Для достижения поставленных целей в отчетном периоде были решены следующие ключевые задачи: разработаны диаграммы состояния систем КМ оболочек твэлов - КМ ОТВС; смоделированы процессы шлакового переплава КМ оболочек твэлов и ОТВС. Получены расчетные данные о процессах шлакового переплава КМ оболочек твэлов и ОТВС.

За отчетный период 2021 года успешно реализован проект в сотрудничестве с НИЯУ «МИФИ» «Разработка материалов детектирующего элемента для регистрации нейтронов». Разработана модель (опытный образец) композиционного материала детектирующего элемента для стационарного и переносного исполнения нейтронных детекторов, и проведены исследования их характеристик.

Заключен договор с ФГБУ ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН на выполнение НИР «Разработка материалов для постоянных магнитов», работа выполняется в рамках Государственного Контракта № Н.4щ.241.09.21.1101. Полученные результаты:

– разработана лабораторная технологическая инструкция получения сплавов-прекурсоров R-Fe-B, где R бинарные или многокомпонентные смеси редкоземельных металлов легкой группы (Nd, Ce, La, Pr);

– изготовлены образцы сплавов-прекурсоров методом плавки в индукционной печи, определен химический состав и магнитные свойства сплавов-прекурсоров;

– проведены измерения гистерезисных свойств постоянных магнитов на основе выбранных композиций сплавов-прекурсоров в спеченном состоянии.

2.1 Основные работы научных подразделений по направлениям деятельности

2.1.1 ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО, РАДИОАКТИВНОГО РУДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Разработка технологии переработки техногенных отвалов для получения лигатур стратегического сырья (РЗЭ, W, Mo, Re и др.)

Мельников С.А., Солнцева Е.Б., Ржеуцкий А.А., Колегов С.Ф., Рожков С.С., Силюк Н.П.

Лаборатория металлургических процессов принимала участие в выполнении НИОКР «Разработка технологии переработки техногенных отвалов для получения лигатур стратегического сырья (РЗЭ, W, Mo, Re и др.)» (ЕОТП-МТ-158) в рамках единого отраслевого плана. В 2019-2020 гг. были решены следующие задачи:

– проведение анализа различных объектов техногенного сырья с целью выявления источников, пригодных для промышленного извлечения ценных компонентов;

– проведение лабораторных исследований по извлечению тугоплавких и редкоземельных металлов (оксидов) из выявленных источников и получения из них порошков металлов;

– разработка аппаратурно-технологических схем процессов переработки отходов и получения металлов;

– наработка опытных образцов промежуточных и конечных продуктов переработки;

– разработка технического задания на создание укрупненной установки для отработки режимов получения порошков тугоплавких металлов;

– проведение исследований структурных составляющих и фазового состава исходных сырья и получаемых материалов (РЗЭ, W, Mo, Re) при выполнении лабораторных работ;

– разработка технологии получения лигатур на основе тугоплавких металлов;

– создание укрупненной установки получения металлов и лигатур;

– исследование влияния параметров получения металлических порошков тугоплавких металлов на их свойства;

– проведение экспериментальных исследований газовых выбросов в процессе получения порошков тугоплавких металлов;

– изучение структурных составляющих и фазового состава исходного сырья, влияющих на параметры получения металлических порошков тугоплавких металлов;

– разработка технологического регламента получения металлической продукции;

– разработка технологического регламента на переработку магнитных материалов, получения оксидов РЗЭ, перечня необходимого оборудования и материалов;

– оценка применимости (распространения) технологии получения тугоплавких металлов и РЗЭ из техногенных отходов других предприятий.

При выполнении НИОКР по проекту ЕОТП-МТ-158 в 2021 г. были решены следующие задачи:

– разработка технологии изготовления высокоплотных изделий (таблетки, штабики и др.) из тугоплавких металлов;

– корректировка технологической схемы получения продукции тугоплавких металлов и сплавов;

– разработка проектов ТУ на выпускаемую продукцию тугоплавких металлов и сплавов, а также оксидов РЗЭ;

– наработка опытных партий тугоплавких металлов и сплавов;

– создание укрупненной установки для переработки отходов магнитных материалов и получения оксидов РЗЭ;

– отработка технологических режимов получения оксидов РЗЭ из отходов магнитного производства на укрупненной установке;

– наработка опытной партии оксидов РЗЭ и проведение тестирования;

– исследование структурных составляющих и фазового состава исходного сырья и получаемых материалов (РЗЭ, W, Mo, Re) при выполнении укрупненных работ;

– разработка исходных данных на проектирование основного технологического оборудования для получения тугоплавких металлов и сплавов;

– разработка исходных данных на проектирование основного технологического оборудования для переработки отходов магнитного производства;

– предварительный технико-экономический расчет процессов получения тугоплавких металлов, сплавов и оксидов РЗЭ из отходов.

В 2021 г. была разработана технология получения спеченных изделий в виде цилиндрических таблеток диаметром 21,0÷23,0 мм, высотой 5,0…10,0 мм из сплавов ВНМ-3-2, ВНМ-6-4. Для получения спеченных изделий плотностью выше 16,2 г/см^3 необходимо процесс смешивания совмещать с процессом механоактивации, использование при прессовании порошка без связи, спекание при температуре не меньше 1560 ^{o}C (рисунок 3). В таблицах 3-4 приведены характеристики спеченных таблеток для опытных изделий из сплавов ВНМ-3-2 и ВНМ-6-4. Наиболее высокую плотность спеченных таблеток сплавов ВНМ-3-2 и ВНМ-6-4 можно получить из порошка, который прошел операцию смешивания-измельчения в течение 60 минут. На образцах сплава ВНМ-3-2 плотность, измеренная методом гидростатического взвешивания, превышала значение 17,0 г/см^3, а для образцов сплава ВНМ-6-4

– более 16,0 г/см^3. Такой материал можно использовать в производстве корпусных деталей защитных устройств при работе с источниками ионизирующего излучения.

Таблица 3 – Изменение характеристик прессованных порошков сплава ВНМ-3-2 после спекания при 1560 °С в течение 2 часов

№/№	Таб-летка	Время сме-шивания, мин.	Диаметр, мм		Усадка		Высота, мм		Усадка		Масса, г	Объем таблетки, см^3		Плотность таблетки ρ_1, г/см^3	Плотность таблетки ρ_2, г/см^3
			До	После	мм	%	До	После	мм	%		До	После		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Партия ВНМ-3-2-(3) (порошок без связки)															
1	3-1	60	25,0	22,2	2,8	11,2	8,6	7,8	0,8	9,3	48,850	4,223	3,02	16,18	17,054
2	3-2	60	25,0	22,5	2,5	10,0	8,4	7,5	0,9	10,71	48,797	4,124	2,98	16,37	17,119
3	3-3	60	25,0	22,4	2,6	10,4	8,4	7,4	1,0	11,9	48,326	4,124	2,91	16,6	17,044
4	3-4	60	25,0	22,5	2,5	10,0	8,4	7,3	1,1	13,1	48,474	4,124	2,9	16,71	17,273
Партия ВНМ-3-2-(3) (порошок со связкой)															
5	3-5	60	25,0	22,9	2,1	8,4	10,0	8,8	1,2	12,0	57,078	4,91	3,62	15,76	16,27
6	3-6	60	25,0	23,0	2,0	8,0	7,4	6,7	0,7	9,46	43,750	3,633	3,07	14,25	16,228
7	3-7	60	25,0	23,0	2,0	8,0	7,5	6,8	0,7	10,29	44,149	3,683	2,82	15,66	16,303
8	3-8	60	25,0	23,0	2,0	8,0	7,4	6,5	0,9	13,85	44,005	3,633	2,7	16,29	16,419

ρ_1- плотность определяется из геометрических размеров спеченного изделия
ρ_2- плотность определяется методом гидростатического взвешивания

Таблица 4 – Изменение характеристик прессованных порошков сплава ВНМ-6-4 после спекания при 1560 °С в течение 2 часов

№/№	Таб-летка	Время сме-шивания, мин.	Диаметр, мм		Усадка		Высота, мм		Усадка		Масса, г	Объем таблетки, $см^3$	Плотность таблетки ρ_1, $г/см^3$	Плотность таблетки ρ_2, $г/см^3$
			До	После	мм	%	До	После	мм	%				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Партия ВНМ-6-4-(1) (порошок без связки)														
1	64-1-1	60	25,0	22,4	2,6	10,4	8,8	7,5	1,3	14,77	48,870	2,954	16,54	16,66
2	64-1-2	60	25,0	22,5	2,5	10,0	7,8	6,7	1,1	14,1	43,718	2,66	16,44	16,107
3	64-1-3	60	25,0	22,5	2,5	10,0	8,0	6,8	1,2	15,0	43,413	2,7	16,08	16,601
4	64-1-4	60	25,0	22,5	2,5	10,0	7,8	6,8	1,0	12,82	43,676	2,7	16,18	16,602
Партия ВНМ-6-4-(1) (порошок со связкой)														
5	64-1-5	60	25,0	22,8	2,2	8,8	11,0	9,7	1,3	11,82	62,642	3,96	15,82	15,579
6	64-1-6	60	25,0	22,8	2,2	8,8	8,3	7,4	0,9	10,84	46,281	3,02	15,32	15,089
7	64-1-7	60	25,0	22,9	2,1	8,4	7,0	6,0	1,0	14,28	39,179	2,47	15,86	16,187
8	64-1-8	60	25,0	22,9	2,1	8,4	6,8	6,1	0,7	10,29	38,965	2,51	15,52	16,045

ρ_1- плотность определяется из геометрических размеров спеченного изделия
ρ_2- плотность определяется методом гидростатического взвешивания

Рисунок 2 – Таблетки сплава ВНМ после спекания

На основании полученных данных выполнена корректировка технологической схемы получения материалов на основе тугоплавких металлов (рисунок 3).

Наработаны опытные партии тугоплавких металлов: порошка вольфрама массой 3,5 кг для отработки технологии получения изделий из сплавов повышенной плотности ВНМ-3-2 и ВНМ-6-4; порошка рения в количестве 0,6 кг. Предполагается, что в АО «ВНИИХТ» может быть организовано производство порошков тугоплавких металлов для удовлетворения потребностей предприятий, входящих в контур АО «Наука и инновация», и которые используют тугоплавкие металлы для изготовления собственной продукции. Специалисты АО «ВНИИХТ» в кооперации со специалистами АО «Гиредмет» ориентируются на производство металлических порошков W, Mo, Re. Из порошка W предполагается изготавливать корпусные детали из сплавов повышенной плотности ВНМ и ВНЖ. В технологическом переделе будет использован процесс смешивания – измельчения в планетарных мельницах и прессование порошка в эластичных пресс-формах многоразового использования в прессах холодного изостатического прессования (синоним названия – гидростат). С помощью этого метода прессования можно получать массивные детали массой до нескольких десятков килограммов, имеющих закладные отверстия

криволинейной формы для размещения источников ионизирующего излучения.

Были исследованы закономерности в изменении структурного состояния порошков вольфрама, никеля и меди в технологическом переделе получения высокоплотных сплавов особенности структуры спеченных сплавов ВНМ. Результаты, полученные на данном этапе работы позволят оптимизировать технологические режимы производства изделий из сплавов повышенной плотности. На рисунке 4 приведен пример структуры порошка, приготовленного для получения спеченных изделий сплава ВНМ-3-2 по оптимальному режиму, а на рисунке 5 структура спеченного изделия.

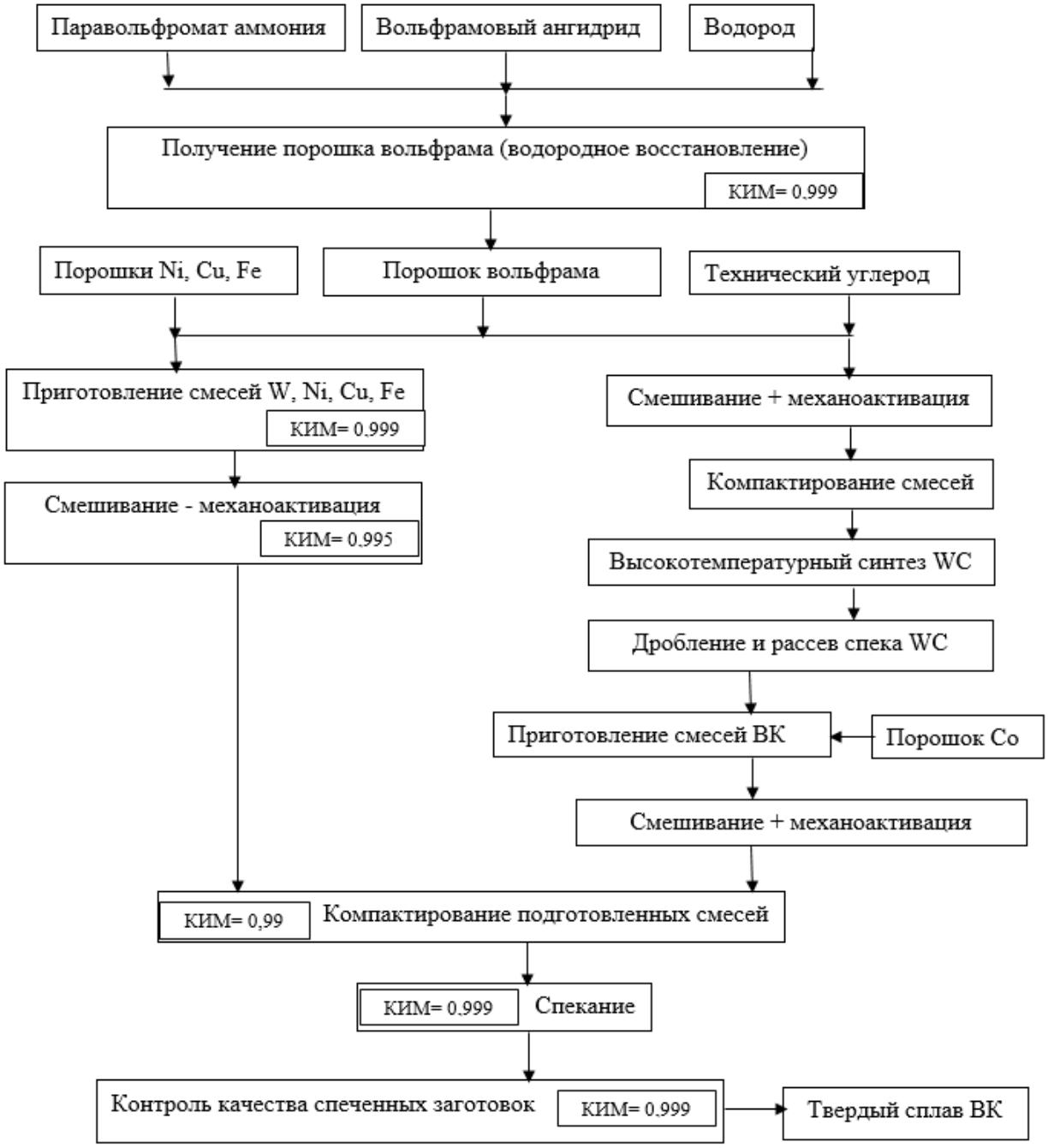


Рисунок 3 – Технологическая схема получения материалов на основе тугоплавких металлов

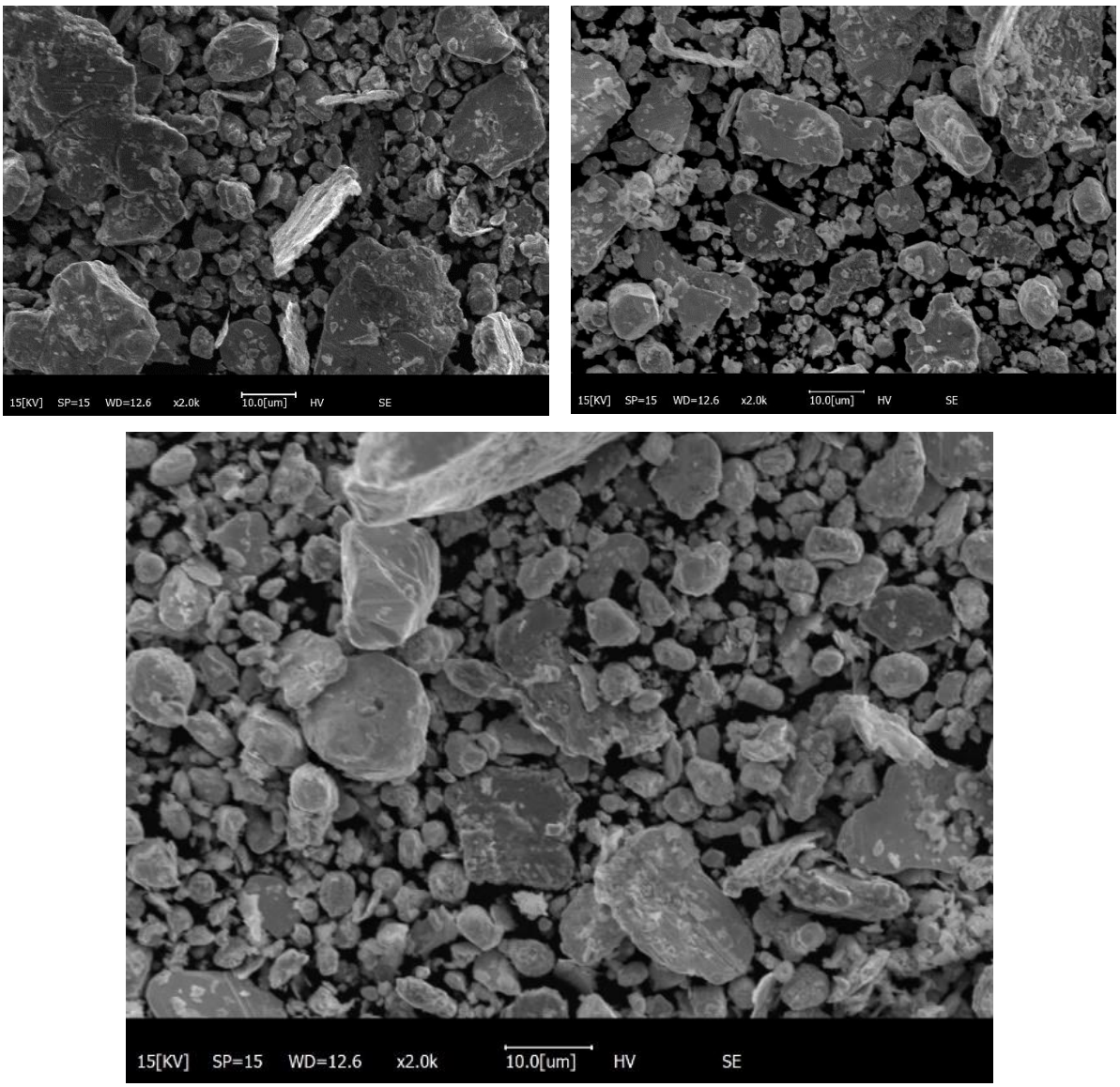


Рисунок 4 – Микрофотография порошков смеси ВНМ-3-2 после перемешивания в мельнице в течение 60 минут, полученная методом растровой электронной микроскопии

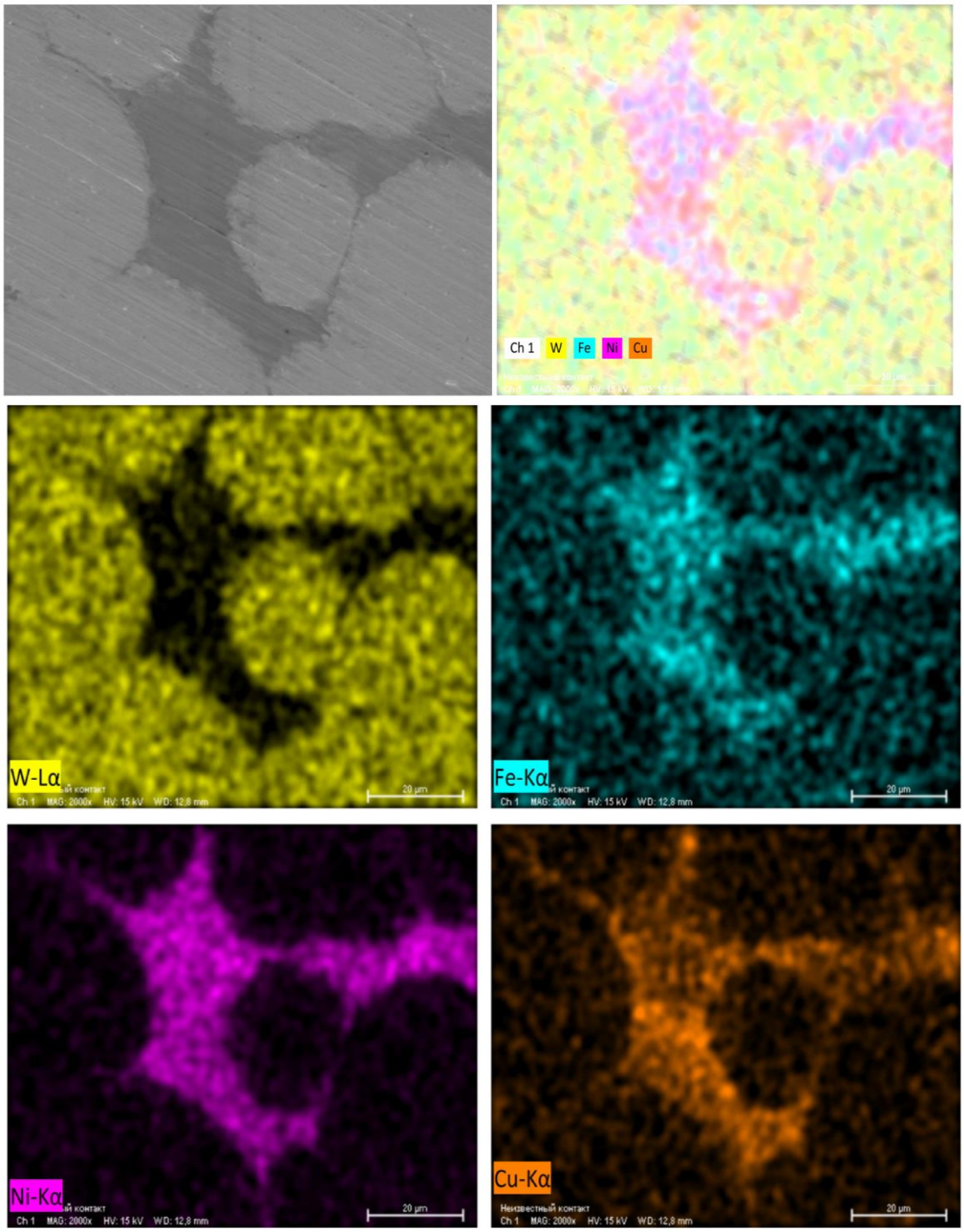


Рисунок 5 – Карты распределения химических элементов в спеченном образце сплава ВНМ - 3 - 2 из порошка после помола длительностью 60 мин, полученные методом микрорентгеноспектрального анализа

Разработаны исходные данные на проектирование основного технологического оборудования для получения тугоплавких металлов и переработки отходов магнитного производства. Исходные данные на разработку основного технологического оборудования для получения тугоплавких металлов и сплавов. Настоящие исходные данные разработаны в

соответствии с ГОСТ 3.1001-2011 «Единая система технологической документации» (ЕСТД) и являются исходными данными (ИД) для создания опытно-промышленного (малотоннажного) производства тугоплавких металлов и сплавов.

На каждом технологическом переделе используется следующее оборудование. На стадии водородного восстановления используются водородные печи ретортного типа, в которых с помощью водорода происходит восстановление исходных компонентов до металлического порошка. Сплавы ВНМ и ВНЖ относятся к классу так называемых псевдосплавов, которые получают по методу порошковой металлургии. Одной из сложных и важных операций в порошковой металлургии является смешивание порошков материалов с большим различием в удельной и насыпной плотности. Наиболее эффективными для смешивания являются смесители типа «Турбула» или миксер встряхивающий. Для эффективного спекания, когда получается наибольшая плотность спеченных изделий и формируется закрытая система пор, необходимо осуществить измельчение порошка и активировать поверхность частиц. В условиях опытно-промышленного производства целесообразно использовать шаровую планетарную мельницу, которая оснащена съемными помольными стаканами в количестве не менее двух. Шаровую загрузку и материал стакана можно подбирать отдельно.

Для компактирования порошка создается прообраз детали или ее заготовки. Для деталей сложной формы для компактирования целесообразно использовать пресс холодного изостатического прессования или гидростат. В этом методе компактирования используются эластичные пресс-формы многоразового использования.

Для повышения механической прочности изделий в порошковой металлургии используют спекание. Спекание изделий на основе вольфрама и других тугоплавких металлов проводят в условиях вакуума или инертных газов с добавлением водорода при высоких температурах.

Отсюда следует, что к основному оборудованию в опытно-промышленном производстве относятся следующие установки:

– печь водородного восстановления;
– генератор водорода;
– смеситель порошков типа «Турбула»;
– планетарная шаровая мельница;
– пресс холодного изостатического прессования;
– вакуумная печь спекания.

В настоящее время муфельная печь ВМОж-25-9 восстановления для получения порошков тугоплавких металлов подвергается глубокой модернизации для повышения производительности и безопасности работы (рисунок 6).

Рисунок 6 – Муфельная печь ВМОж-25-9 восстановления для получения порошков тугоплавких металлов (вид со стороны загрузочного среза печи)

Подтверждено, что по итогам выполнения НИОКР ЕОТП-МТ-158 «Разработка технологии переработки техногенных отвалов для получения лигатур стратегического сырья (РЗЭ, W, Mo, Re и др.)» достигнут уровень готовности технологии TRL6, на котором снимаются основные технологические риски. Кроме этого, АО «ВНИИХТ» рекомендовано рассмотреть вопрос о переходе на инвестиционную стадию реализации итогов НИОКР по проекту ЕОТП-МТ-158.

Разработка технологии получения компактных слитков редкоземельных металлов и/или лигатур на их основе

Мельников С.А., Солнцева Е.Б., Ржеуцкий А.А., Колегов С.Ф., Рожков С.С., Силюк Н.П.

В 2021 г. лаборатория металлургических процессов выполняла экспериментальные исследования в рамках НИОКР «Разработка технологии получения компактных слитков редкоземельных металлов и/или лигатур на их основе», выполненной в рамках договора № 2023020100832000000000000/ДГ-1019 (шифр «Черепаха-К-ВНИИХТ») от 04.06.2021 г. между НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ и АО «ВНИИХТ»

Объект разработки – компактные слитки редкоземельных металлов и/или лигатур на их основе. Цель работы – разработка технологии получения компактных слитков редкоземельных металлов и/или лигатур на их основе.

В работе были решены следующие задачи:

– разработка технологии получения компактных слитков редкоземельных металлов и/или лигатур на их основе;

– изготовление компактных слитков редкоземельных металлов и/или лигатур на их основе для изготовления постоянных магнитов РЗМ-ПМ-В;

– разработка технических условий на компактные слитки редкоземельных металлов и/или лигатур на их основе.

Выбрано направление исследования в области получения компактных слитков РЗМ и/или лигатур на их основе. Наиболее оптимальной технологией получения компактных слитков редкоземельных металлов (празеодим, диспрозий, тербий), необходимых для изготовления постоянных магнитов системы РЗМ-ПМ-В является следующая технологическая цепочка:

– получение фторидов РЗЭ с использованием бифторида аммония;

– кальциетермическое восстановление фторидов РЗЭ в вакуумных индукционных печах в инертной атмосфере (аргон);

– рафинирующий переплав в вакуумной дуговой печи с целью снижения содержания кальция.

На рисунке 7 представлена технологическая схема получения компактных слитков металлических РЗМ (Pr, Dy, Tb).

Было проведено исследование технологических режимов получения компактных слитков редкоземельных металлов (РЗМ) и/или лигатур на их основе, необходимых для изготовления постоянных магнитов. А именно фторирование оксидов празеодима, диспрозия и тербия проводили с использованием бифторида аммония. Твердофазную реакцию полученной смеси порошков оксидов РЗЭ и бифторида аммония проводили с использованием реакционная тигля в виде посуды из жаропрочного боросиликатного стекла в муфельных печах со скоростью нагрева 100°С/ч, выдержкой при 600 °С не менее 60 минут до окончания дымления.

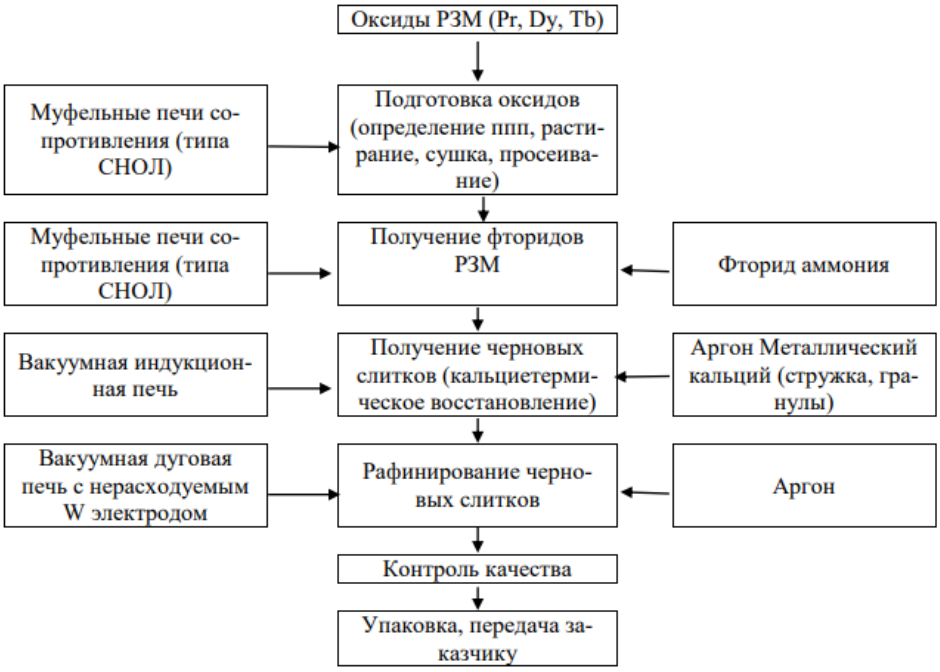


Рисунок 7 – Технологическая схема получения металлических РЗМ для ФГУП «ВИАМ» НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ

Для кальциетермического восстановления фторидов РЗЭ использовали вакуумную индукционную печь с реакционным тиглем из ниобия. Мощность индуктора повышалась с шагом 5 кВт от 20 до 45 кВт и выдержкой на каждом шаге 15 мин для случаев получения слитков празеодима и тербия. Для случая получения слитков диспрозия выдержка на максимальной мощности составляла 20 мин. На рисунке 8 показан внешний вид черновых слитков РЗМ после кальциетермического восстановления.

С целью снижения содержания в слитках РЗМ побочного продукта кальциетермического восстановления – кальция, проводился рафинирующий переплав каждого полученного слитка РЗМ в вакуумной дуговой печи не менее 2 раз с переворотом слитка, что позволило снизить содержание кальция на 2-3 порядка по массе. На рисунке 9 показан внутреннее рабочее пространство вакуумно-дуговой печи с нерасходуемым вольфрамовым электродом.

Корректировка технологических режимов (при необходимости) получения компактных слитков редкоземельных металлов (РЗМ) и/или лигатур на их основе была проведена в части использования посуды из жаропрочного боросиликатного стекла, с целью повышения количества циклов проведения твердофазной реакции фторирования РЗЭ бифторидом аммония в одной посуде, а также, снижения количества содержания возможных примесей в получаемом продукте – от материала реакционной посуды. На стадии кальциетермии была проведена оптимизация положения ниобиевого реакционного тигля восстановления РЗМ относительно положения индуктора вакуумной печи, что позволило снизить степень захолаживания, получаемого в результате кальциетермического восстановления расплава РЗМ.

Неодим (тестовый материал)

Празеодим

Рисунок 8 – Внешний вид черновых слитков РЗМ

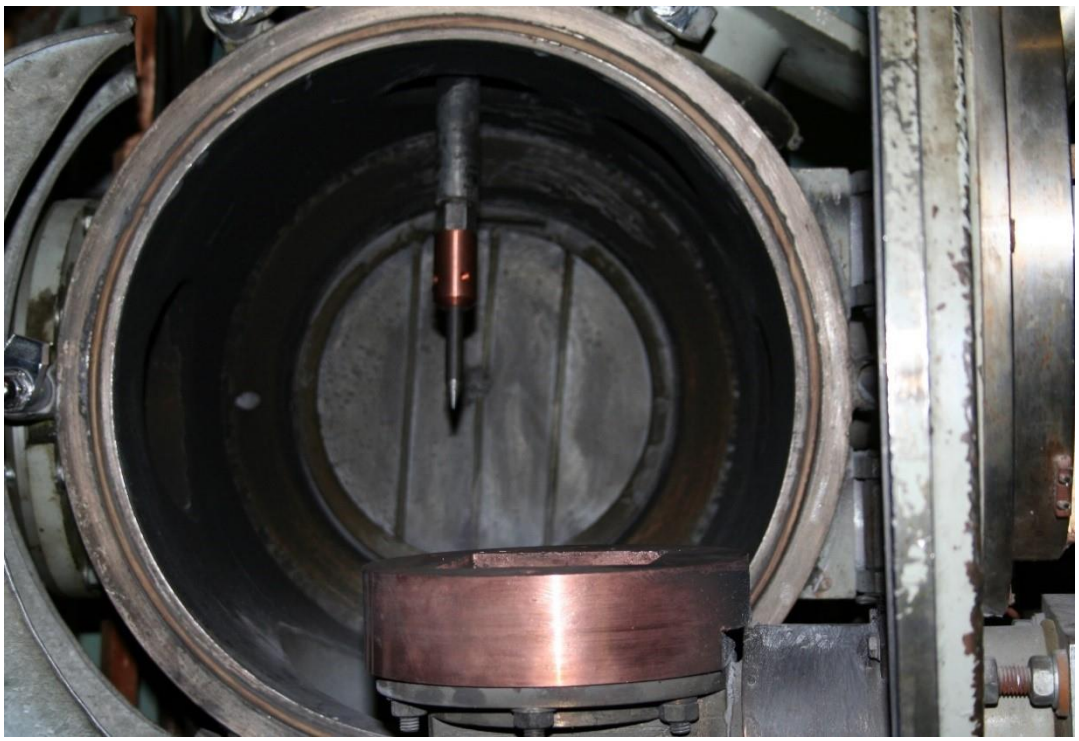


Рисунок 9 – Вид рабочего пространства дуговой печи

В результате отработанных режимов получения компактных слитков РЗМ были изготовлены и исследованы компактные слитки редкоземельных металлов (РЗМ) для разработки технологии и изготовления экспериментальной партии постоянных магнитов системы РЗМ-ПМ-В.

Разработка материалов для постоянных магнитов

Мельников С.А., Солнцева Е.Б., Ржеуцкий А.А., Колегов С.Ф., Рожков С.С., Силюк Н.П.

АО «ВНИИХТ» в качестве соисполнителя принял участие в выполнении НИР «Разработка материалов для постоянных магнитов на основе новых базовых композиций. Этап 2021 года», головным исполнителем которой является ИМЕТ РАН. Целью работы является отработка режимов выплавки и водородной обработки компактных слитков сплавов-прекурсоров для получения новых композиций магнитных сплавов на основе системы Nd-Fe-B с частичным или полным замещением части неодима на Pr, Ce, La.

Совместно с Заказчиком в лице ФБГУН «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН» (ИМЕТ РАН) была составлена матрица составов выплавки сплавов-прекурсоров для отработки получения новых композиций спеченных магнитных сплавов.

Для осуществления выплавки сплавов и проведения водородной обработки компактных слитков была разработана лабораторная технологическая инструкция получения компактных слитков сплавов-прекурсоров, включающая требования к режимам процесса выплавки магнитных материалов и водородной обработки слитков для их диспергирования.

В соответствии с разработанной лабораторной технологической инструкцией была получена методом выплавки в вакуумных печах серия слитков в количестве 11 штук различного состава. Составы сплавов-прекурсоров приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Составы сплавов-прекурсоров

Экспериментальные составы, ат. % / масс.дол. %									
№	Nd	Pr	Ce	La	B	Ti	Al	Cu	Fe
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	11,18	3,20	0,00	0,00	8,35	1,21	0,48	0,41	75,17
	25,00	7,00	0,00	0,00	1,40	0,90	0,20	0,40	65,00
2	11,33	2,32	1,87	0,00	8,47	1,23	0,48	0,41	73,89
	25,00	5,00	4,00	0,00	1,40	0,90	0,20	0,40	63,00
3	11,33	1,39	2,80	0,00	8,47	1,23	0,48	0,41	73,88
	25,00	3,00	6,00	0,00	1,40	0,90	0,20	0,40	63,00
4	11,33	0,00	4,20	0,00	8,47	1,23	0,48	0,41	73,88
	25,00	0,00	9,00	0,00	1,40	0,90	0,20	0,40	63,00
5	11,33	2,32	0,93	0,94	8,47	1,23	0,48	0,41	73,88
	25,00	5,00	2,00	2,00	1,40	0,90	0,20	0,40	63,00
6	11,33	1,39	1,40	1,41	8,47	1,23	0,48	0,41	73,87
	25,00	3,00	3,00	3,00	1,40	0,90	0,20	0,40	63,00
7	11,33	0,00	2,80	1,41	8,47	1,23	0,48	0,41	73,87
	25,00	0,00	6,00	3,00	1,40	0,90	0,20	0,40	63,00
8	11,33	0,00	0,93	3,29	8,46	1,23	0,48	0,41	73,85
	25,00	0,00	2,00	7,00	1,40	0,90	0,20	0,40	63,00
9	9,06	0,93	1,86	3,76	8,46	1,23	0,48	0,41	73,81
	20,00	2,00	3,90	8,00	1,40	0,90	0,20	0,40	63,00
10	9,97	0,93	4,66	0,00	8,46	1,23	0,48	0,41	73,85
	22,00	2,00	9,00	0,00	1,40	0,90	0,20	0,40	63,00
11	10,28	0,00	2,76	1,39	8,35	1,21	0,48	0,41	75,13
	23,00	0,00	6,00	3,00	1,40	0,90	0,20	0,40	65,00

Пример кривой размагничивания для спеченного магнита из сплава 4 (таблица 5) приведен на рисунке 10.

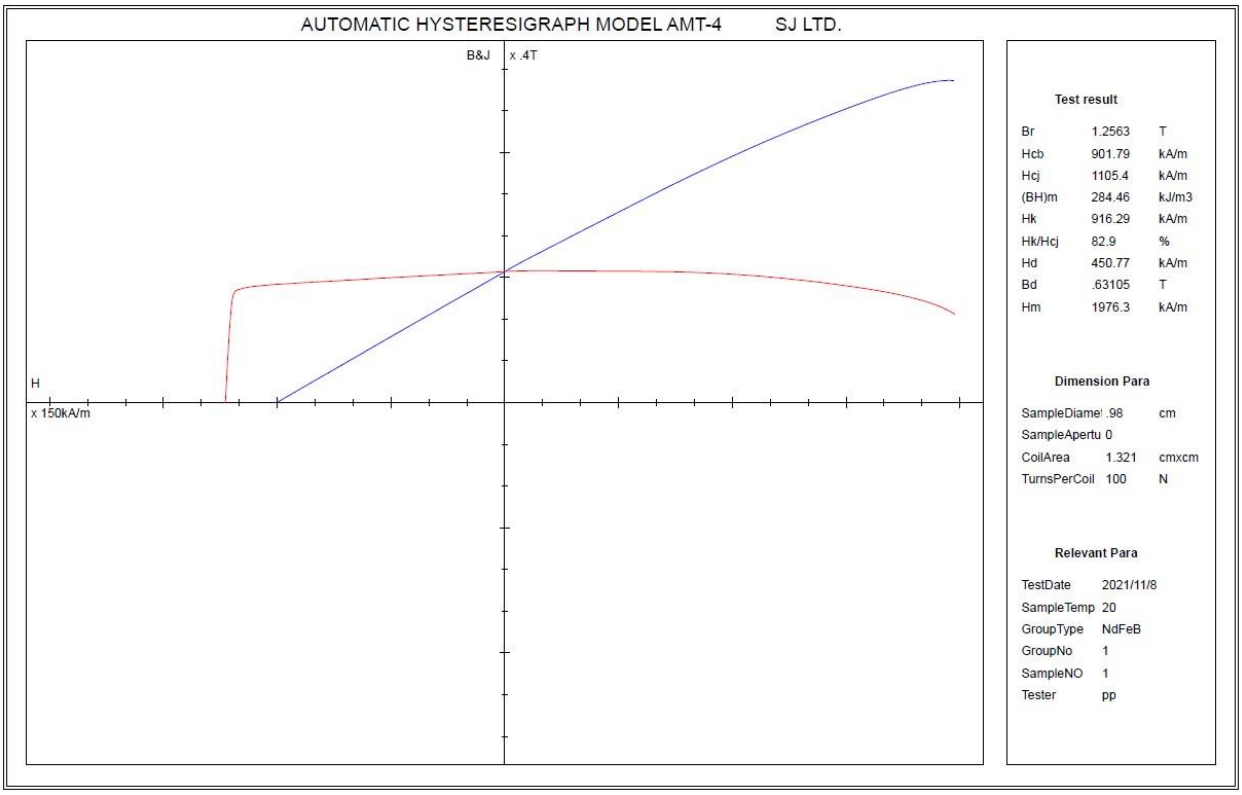


Рисунок 10 – Размагничивающая часть петли гистерезиса для образца спеченного магнита из сплава 4

Авторский надзор за системой автоматизированного управления процессами йодидного рафинирования циркония в цехе 60 АО «ЧМЗ», г. Глазов» (заключительный этап)

Коцарь М.Л., Лапидус А.О., Плескач Е.И., Лавриков С.А.

В отчетном году сотрудники лаборатории чистых и функциональных материалов принимали участие в работе, направленной на увеличение съема циркония с аппаратов Ц-40 и снижение удельных затрат энергии при переработке оборотов промышленного производства путем автоматизированного управления процессами иодидного рафинирования в печах под управлением контроллеров.

В рамках этапа 2021 года осуществлена обработка набранной статистики экспериментальных данных. Разработаны рекомендации по дальнейшему совершенствованию процесса иодидного рафинирования циркония в печах под управлением контроллеров и его программного обеспечения.

Значимость работы заключается в оптимизации режимов ведения процесса иодидного рафинирования циркония в печах под управлением контроллеров, работающих в автоматизированном режиме с учетом индивидуальных особенностей печей.

При работе зафиксированы случаи значительных перегревов стенки корпуса аппарата, вызывающих срабатывание защитных механизмов программного обеспечения (ПО) и остановку процесса (рисунок 11). В результате проведенной работы было установлено, что в этих случаях ошибочно выключался вентилятор системы охлаждения.

В настоящее время процессы выполняются автоматически путем последовательного выполнения кадров программы ведения процесса, содержащих набор параметров процесса (температуры, и др.), которые меняются при достижении указанного в кадре значения тока. Скриншот фрагмента программы ведения процесса приведен ниже на рисунке 12.

Определено, что в данной версии программы работы контроллера, отличающейся от предыдущих более ранних версий и направленной на более быстрый переход во второй режим с постоянно включенным вентилятором, вследствие параллельного выполнения программных блоков в среде LabView возможны так называемые «гонки». Так как новый программный блок для более раннего перехода в режим 2 выключал вентилятор до конца процесса, и блок программы автоматического регулирования работой вентилятора в зависимости от температуры стенки корпуса (режим 1) находятся внутри одного фрейма программы, то теоретически возможен вариант несрабатывания выключения вентилятора до выполнения нового кадра программы.

Решением стало вынесение блока программы, выполняющего переход в режим 2, в отдельный фрейм, стоящий до фрейма автоматического регулирования работой вентилятора в зависимости от температуры стенки, как показано на рисунке. Таким образом, сначала запрещается автоматическое управление вентилятором (окончание режима 1), затем включается вентилятор до конца процесса (начало режима 2). Фрагмент блок-диаграммы с исправлением приведен на рисунке 13.

Программное обеспечение с исправлением загружено в контроллеры печей цеха № 60 АО «ЧМЗ».

Значение	Событие
3	Неисправна 1 ступень
1	Ступень трансформатора
112	Выполнение нового кадра
Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 6 град.
140	Выполнение нового кадра
Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 20 град.
160	Выполнение нового кадра
Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
180	Выполнение нового кадра
201	Переход в режим 2 (ток):
186	Запрет ТРМПерегрев стенки корпуса
Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
220	Выполнение нового кадра
Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
280	Выполнение нового кадра
2	Ступень трансформатора
283	Нагреватель ампулы
Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
325	Выполнение нового кадра
Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
360	Выполнение нового кадра
Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
400	Выполнение нового кадра
Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
430	Выполнение нового кадра
453	Температуры изм оператором

Рисунок 11 – «События контроллера»

После корректировки программ съем циркония увеличился для двух печей соответственно на 2 и 12 %.

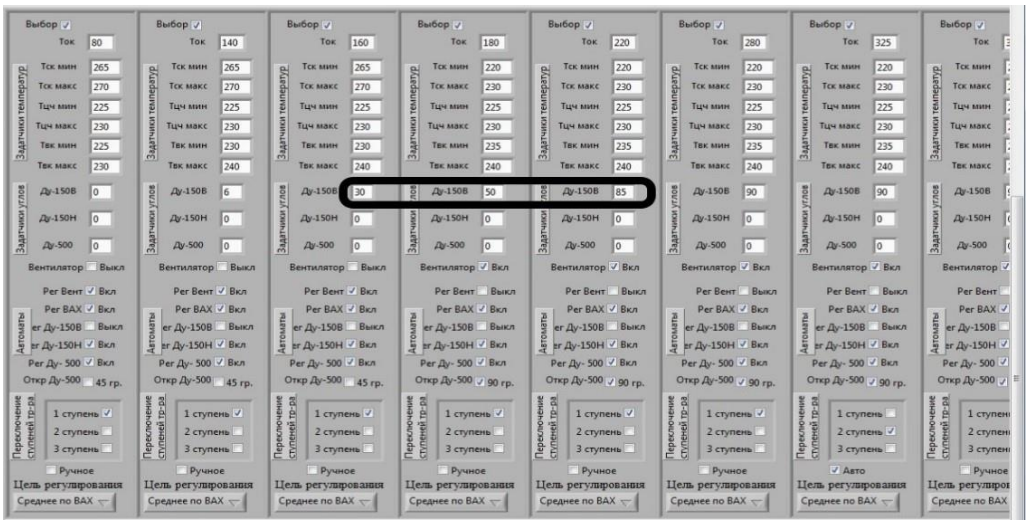


Рисунок 12 – Программа ведения процесса печи после предварительной корректировки

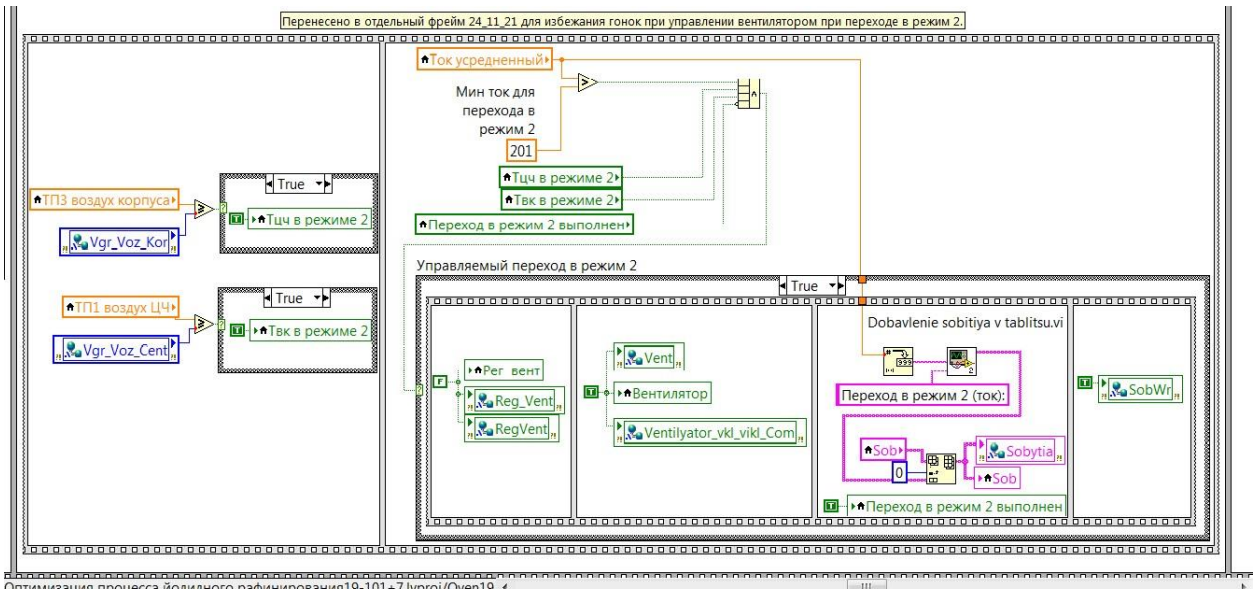


Рисунок 13 – Фрагмент блок-диаграммы подпрограммы проекта контроллера

После первой корректировки программы были проведены 2 процесса под контролем специалиста АО «ВНИИХТ», целью которых была проверка корректности заданных условий и работы кода программы. Процессы прошли штатно. Корректировка программы привела к увеличению среднего съема, также проведенные процессы подтвердили корректность работы кода программы.

При анализе процессов с помощью программы «Работа с архивом…» были обнаружены периодические случаи перегрева центральной части аппаратов в печи.

Управление | Программа | Настройка | Контроллер

Журнал событий в контроллере

Время	Значение	Событие
02:35:42	0	Запрет ТРМПрограммное КЗ
02:36:31	1	Ступень трансформатора
02:36:32	110	Выполнение нового кадра
03:28:26	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 6 град.
03:28:26	140	Выполнение нового кадра
04:00:22	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 20 град.
04:00:22	160	Выполнение нового кадра
04:36:28	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
04:36:28	180	Выполнение нового кадра
04:37:17	181	Переход в режим 2 (ток):
05:32:11	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
05:32:11	220	Выполнение нового кадра
07:06:04	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
07:06:04	280	Выполнение нового кадра
08:10:09	305	Нагреватель ампулы
08:31:10	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
08:31:10	325	Выполнение нового кадра
08:31:34	2	Ступень трансформатора
9:39:39	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
9:39:39	360	Выполнение нового кадра
11:02:33	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
11:02:33	400	Выполнение нового кадра
11:49:56	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
11:49:56	430	Выполнение нового кадра
12:37:28	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
12:37:28	460	Выполнение нового кадра
13:29:59	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
13:29:59	480	Выполнение нового кадра
20:32:39	Кадр	Задан угол Ду-150В - Стрелка 90 град.
20:32:39	650	Выполнение нового кадра
20:33:04	3	Ступень трансформатора

Рисунок 14 – Фрагмент журнала событий контроллера печи

Время	Напряжение	Ток	Т ст корп	Т возд ЦЧ	Т возд кор
06:04:44	211	241	227	259	243
05:59:44	215	240	217	259	234
05:54:45	217	238	183	265	234
05:49:44	216	233	231	260	240
05:44:44	219	230	215	265	233
05:39:45	217	225	185	272	234
05:34:44	221	225	237	270	241
05:29:44	220	221	227	277	234
05:24:44	221	218	201	282	229
05:19:44	221	215	206	281	243
05:14:44	224	212	238	277	238
05:09:44	220	207	226	277	232
05:04:44	226	206	204	278	228
04:59:44	224	200	213	276	244
04:54:44	225	196	240	275	237
04:49:44	223	191	230	276	233
04:44:44	224	187	216	279	229
04:39:44	227	185	192	282	235
04:34:45	229	182	255	278	241
04:29:44	223	177	269	271	231
04:24:44	223	172	268	266	226
04:19:44	226	170	272	256	223
04:14:44	226	165	268	254	216
04:09:44	228	162	264	250	211
04:04:44	228	162	264	240	204
03:59:44	227	156	264	228	196

Рисунок 15 – Программы «Работа с архивом»

При помощи корректировки углов открытия заслонок были скорректированы значения температур на разных этапах работы печи. Выбранные значения позволили привести режим охлаждения к штатным параметрам.

Рисунок 16 – Программ ведения процесса после окончательной корректировки

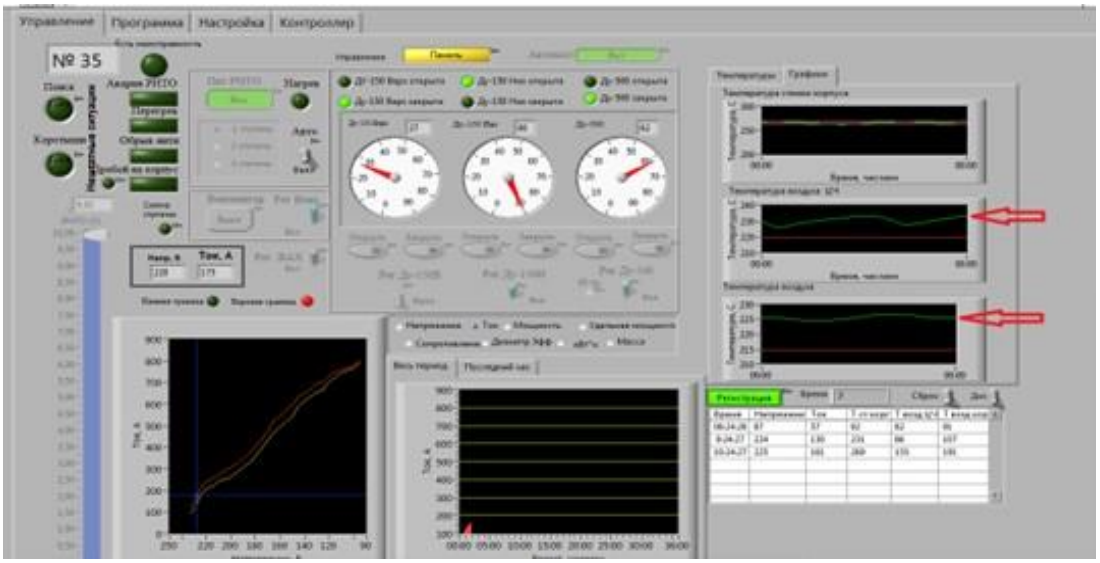


Рисунок 17 – Программа ведения процесса, перегрев температур ЦЧ и воздуха корпуса

Анализ статистической информации, эксперименты непосредственно в цехе № 60 позволили разработать ряд рекомендаций по дальнейшему

совершенствованию процесса иодидного рафинирования циркония в печах под управлением контроллеров и его программного обеспечения.

На последующий период запланированы работы по установке программы «Монитор новых печей» в цехе № 60 на рабочих местах (столах) процесс-ведущих, для снижения трудозатрат на обход печей и снятие ежечасных показаний, а также для оперативного реагирования на нештатные ситуации.

Разработка опытного стенда дистилляции кальция с автоматизированной системой управления технологическим процессом на базе блока из 4-х печей и внедрение его в цехе № 5 АО «ЧМЗ», г. Глазов

Работы по этапам 7, 8 договора 63/4357-Д

Коцарь М.Л., Лапидус А.О., Плескач Е.И., Лавриков С.А.

Продолжены работы по совершенствованию опытного стенда дистилляции кальция с автоматизированной системой управления технологическим процессом на базе блока из 4-х печей и внедрение его в цехе № 5 АО «ЧМЗ», предназначенного для проведения работ по оптимизации системы управления печами Ш-1 и его дальнейшего тиражирования в отделении. Проведены монтаж и пуско-наладка оборудования системы управления опытным стендом с автоматизированным управлением процесса дистилляции кальция в цехе № 5 на базе печи № 49. Осуществлена комплексная отладка всей системы управления, опытная эксплуатация системы. Исследованы характеристики и оптимизирована работа, выполнены обслуживание и авторское сопровождение системы. Автоматизированная система управления процессом дистилляции кальция введена в эксплуатацию. Автоматизированная система управления включает в себя комплекс программ компьютера для дистанционного (в т.ч. и автономного) управления блоком из 4-печей:

- управление подачей мощности в каждой из трех зон нагрева для поддержания заданной температуры в зоне (ручное и автоматическое);
- управление подачей воды в системе охлаждения реторты для поддержания заданной температуры на выходе из рубашки охлаждения и крышки (ручное и автоматическое);
- отображение на экране панели параметров процессов нагрева и дистилляции кальция (в текстовом и в графическом видах);

– регистрацию всех параметров процесса и их запись в файлы на уровне контроллера и компьютера;

– диагностику нештатных ситуаций во время процесса и их запись файлы на уровне контроллера и компьютера;

– программа компьютера для записи архивных данных по процессам и событиям во время процессов в реальном масштабе времени в банк данных компьютера;

– программа компьютера для графического отображения архивных данных и их статистической обработки и анализа.

Ниже приведены примеры экранов интерфейса программ контроллеров (рисунки 18,19,20,21):

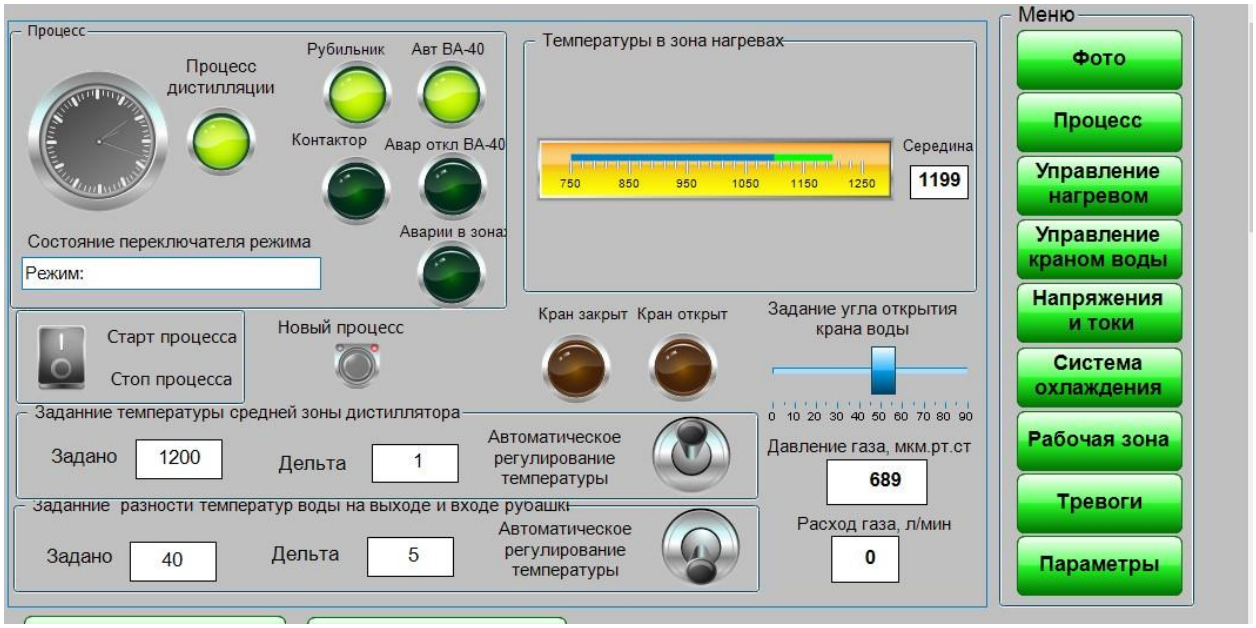


Рисунок 18 – Экран «Процесс» технологической программы контроллера

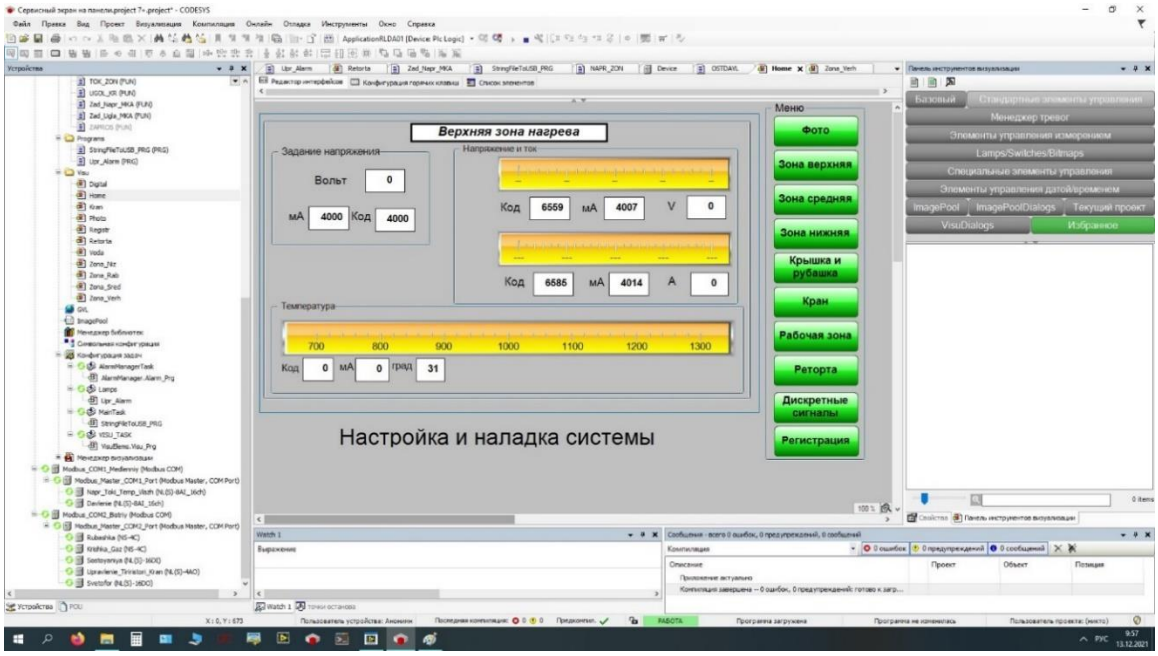


Рисунок 19 – Экран сервисной программы контроллера

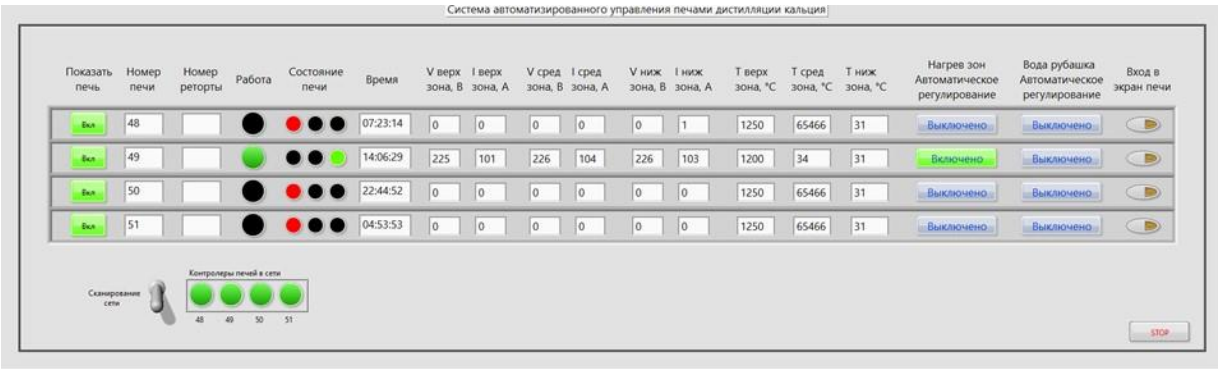


Рисунок 20 – Экран программы компьютера для дистанционного управления блоком печей

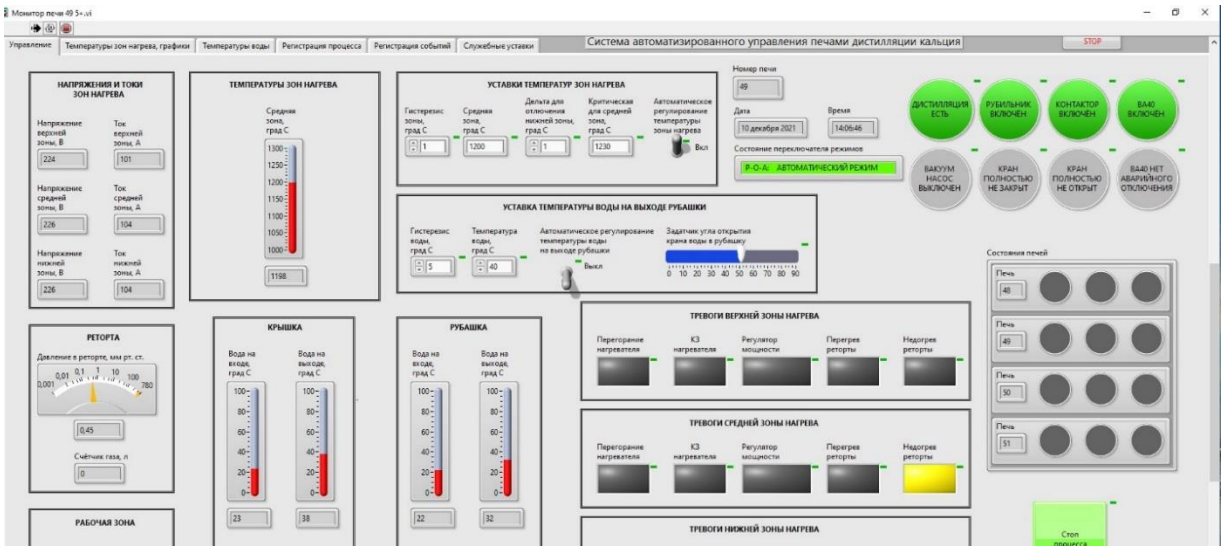


Рисунок 21 – Экран программы контроллера печи для удаленного управления контроллером

Так же, разработаны предложения по автоматизированному управлению технологическими процессами в печах №№ 48, 50, 51 и в масштабе всего участка дистилляции цеха 05 АО «ЧМЗ».

Все выполненные мероприятия имеют целью повышение уровня безопасности процесса, съема, выхода годного, производительности аппаратов дистилляции, снижение расхода электроэнергии и охлаждающей воды за счет автоматизированного управления процессом. Задачи, определяемые из анализа объема полученных данных на предстоящий период:

1. Оптимизация алгоритма регулирования температуры в зоне нагрева путем перехода к плавному изменению мощности.

2. Автоматическое задание температуры в зоне нагрева для ее поддержания в зависимости от скорости дистилляции кальция.

3. Оптимизация алгоритма регулирования подачи технической воды в рубашку для охлаждения аппарата во время процесса.

4. Развитие информационной части системы путем анализа архивных данных на сервере по проведенным ранее процессам дистилляции кальция (с разработкой программного обеспечения) для сопоставления работы отдельных печей за длительный промежуток времени по съемам кальция и нештатным ситуациям во время процессов.

Проведение исследований и изготовление экспериментальных образцов сплавов с высокотемпературным эффектом памяти формы

Коцарь М.Л., Лапидус А.О., Плескач Е.И., Лавриков С.А.

В отчетном периоде проведена работа по изготовлению экспериментальных образцов высокотемпературных сплавов (ВТС) титана с эффектом памяти формы. Для увеличения спектра возможных отраслей использования за счет расширения температурного диапазона эффекта памяти формы (ЭПФ).

В процессе работы выполнены экспериментальные исследования, которые включали:

1. Плавку исходных материалов (Ti, Ni, Hf) чистотой не менее 99,9 % в дуговых печах ВДП-5 (6 АДП) и 5SA (4-6 АДП) в атмосфере чистого и очищенного аргона с получением слитка массой 945 г (печь ВДП-5) и разрезанием его на 6 его частей и слитков массой 50-70 г (печь 5SA) определенного состава Ti-Hf-Ni под прокат, соответственно.

2. Выплавку прямоугольного слитка в форме плиты размером 110x110x15 мм проводили в дуговой плавильной печи АО «ГИРЕДМЕТ» ВДП-5 с нерасходуемым вольфрамовым электродом диаметром 8 мм в атмосфере аргона марки Выс. ЧМ (рисунки 22, 23).

Основные характеристики аргоно - дуговой печи ВДП-5 приведены в таблице 6.

Рисунок 22 – Аргоно - дуговая печь ВДП-5

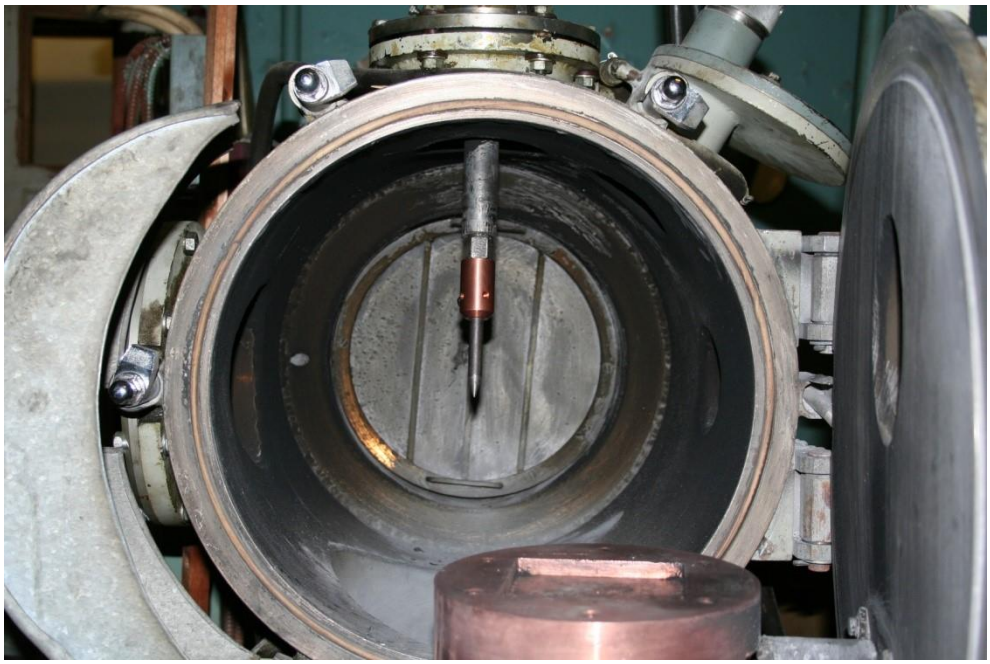


Рисунок 23 – Плавильная камера Аргоно - дуговой печи ВДП-5

Таблица 6 – Основные технические характеристики печи ВПД-5

№ п/п	Показатель	ВДП-5
1	Мощность источника питания, кВт	50
2	Максимальная температура плавки, ^{0}С	3500
3	Емкость кристаллизатора (по титану), кг	1
4	Материал кристаллизатора	Медь
5	Разрежение в плавильной камере, Па	1,33
6	Газовая среда	Аргон, вакуум
7	Расход инертного газа, л/плавка	140
8	Частота тока, Гц	50
9	Расход охл. воды, м^3/ч	1,2
10	Давление охл. воды, МПа	0,3-0,35
11	Изготовитель	Опытный завод АО «ГИРЕДМЕТ»

Выплавку слитков ВТС с ЭПФ массой 50-79 г проводили в дуговой плавильной печи 5SA с нерасходуемым вольфрамовым электродом в атмосфере аргона (АДП), очищенного с помощью автономной установки SIRCAL MP-2000 (рисунок 24).

Рисунок 24 – Дуговая плавильная печь 5SA с автономной установкой для очистки аргона SIRCAL MP-2000

3. Горячую прокатку плавленых материалов на стане ДУО-300 с получением пластин толщиной 1,5-2,5 мм с последующей механической обработкой, травлением, а также ультразвуковой обработкой (УЗО) пластин экспериментальных образцов (ЭО) для снятия окалины.

Горячая прокатка (ГП) слитков ВТС с ЭПФ проведена в лаборатории пластической деформации металлических материалов ИМЕТ РАН с использованием прокатного стана ДУО-300. Внешний вид стана показан на рисунке 25.

Нагрев слитков до температуры 950 ^{0}С перед горячей прокаткой осуществляли в муфельной печи (рисунок 26). Прокат, при необходимости, отжигали в печи СШВЭ-1.2,5/25И4 (рисунок 27) при 700-850 ^{0}С в течение 1-2-х ч.

Рисунок 25 – Прокатный стан ДУО-300 (ГП)

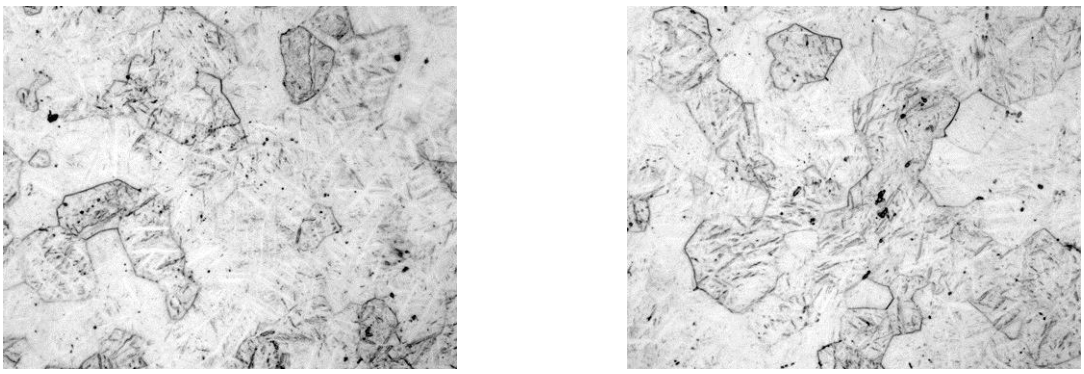
Рисунок 26 – Муфельная печь для нагрева образцов под прокатку

Рисунок 27 – Вакуумная электропечь сопротивления СШВЭ-1.2,5/25И4

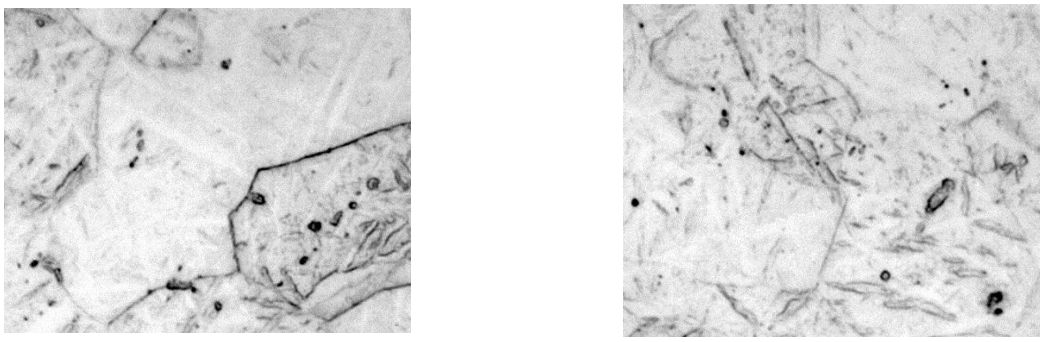
4. Исследование микроструктуры, фазового состава и характеристик восстановления формы ЭО ВТС с ЭПФ определенного состава на основе Ti-Hf-Ni.

В результате выполнения НИР с участием в качестве соисполнителей АО «ГИРЕДМЕТ», ИМЕТ РАН и МАИ получены экспериментальные образцы ВТС с ЭПФ системы Ti-Hf-Ni состава Ti-Hf-Ni в виде пластин, исследованы их химический состав, микроструктура и фазовый состав (рисунки 28, .29, 30)

Рисунок 28 – Фотография 8 пластин из ВТС с ЭФП сплава состава Ti-Hf-Ni после горячей прокатки слитков, изготовленных из исходных (5 шт.) и оборотных (3 шт.) материалов

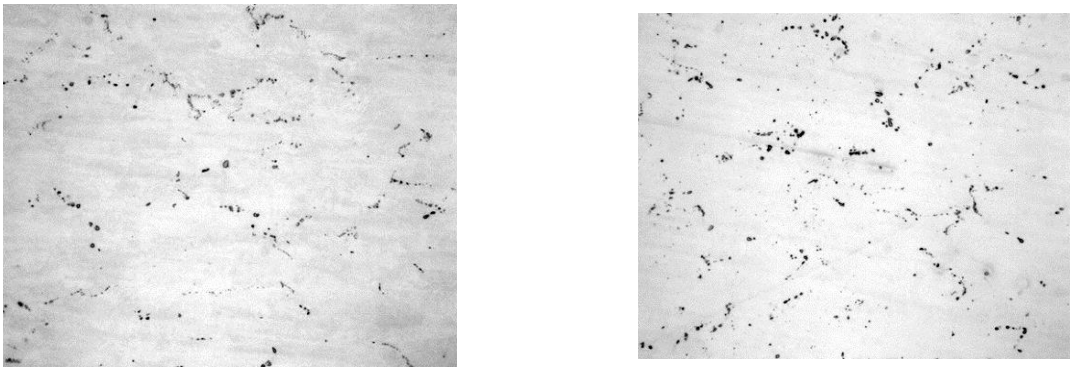


x280

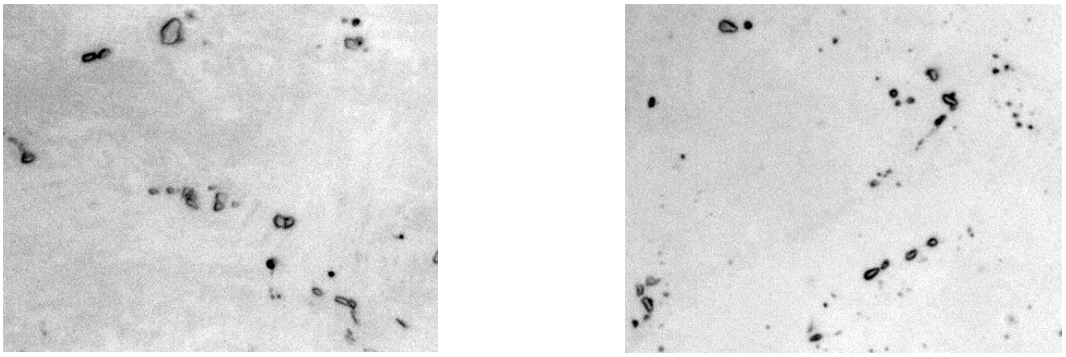


x1100

Рисунок 29 – Микроструктура образца в исходном состоянии



x280



x1100

Рисунок 30 – Микроструктура образца после отжига 700°С в течение 1 ч

Установлено, что легирование никелида титана гафнием по схеме замещения титана повышает стабильность мартенсита и является перспективным для создания материала с высокотемпературным эффектом памяти формы. При этом следующей задачей определено получение заданной структуры материала пластин после ТМО, соответствующее заданному качеству потребительских свойств.

2.1.2 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Создание укрупненной установки для переработки отходов магнитных материалов и получения оксидов РЗЭ, производительностью от 10 до 15 кг сырья/ч

Новиков П.Ю., Мельников С.А., Калашников А.В., Захаров А.А.

В лаборатории переработки техногенного сырья АО «ВНИИХТ» разработана технология переработки отходов, содержащих тугоплавкие и редкоземельные металлы. В настоящее время в контуре Госкорпорации «Росатом» организовано производство по строительству ветрогенераторов, что потребует организации производства магнитов до 1400 кг на 1 МВт мощности. Это потребует полной локализации производства магнитов Nd-Fe-B. При изготовлении конечной продукции методом шлифования в отходы уходит до 40% сырья. В настоящее время шлифотходы не перерабатываются и накапливаются у производителей магнитов.

АО «ВНИИХТ» имеет большой опыт по работе с рудами и материалами, содержащими редкоземельные (РЗМ) и тугоплавкие металлы, и получению продукции на основе этих компонентов. На основании имеющегося опыта работы была разработана технология переработки шлифотходов производства постоянных магнитов. Работа проводилась в рамках НИОКР ЕОТП МТ-158 по теме: «Разработка технологии переработки техногенных отвалов получения лигатур стратегического сырья (РЗЭ, W, Mo, Re и другие)».

Цель работы – разработка технологии получения оксидов РЗМ из шлифовальных отходов, а также металлической продукции из оксидов РЗМ для удовлетворения потребностей предприятий Госкорпорации «Росатом».

Разрабатываемая технология переработки техногенных отходов позволяет:

– вовлечь в технологический передел отходы производства для извлечения ценных компонентов;

– создание и развитие неядерного бизнеса на предприятиях отрасли;

– уменьшить уровень локального или регионального загрязнения окружающей среды;

– максимально использовать инфраструктуру предприятий;

– получать различные продукты на одной линейке оборудования;

– обеспечить масштабирование производства до требуемой производительности.

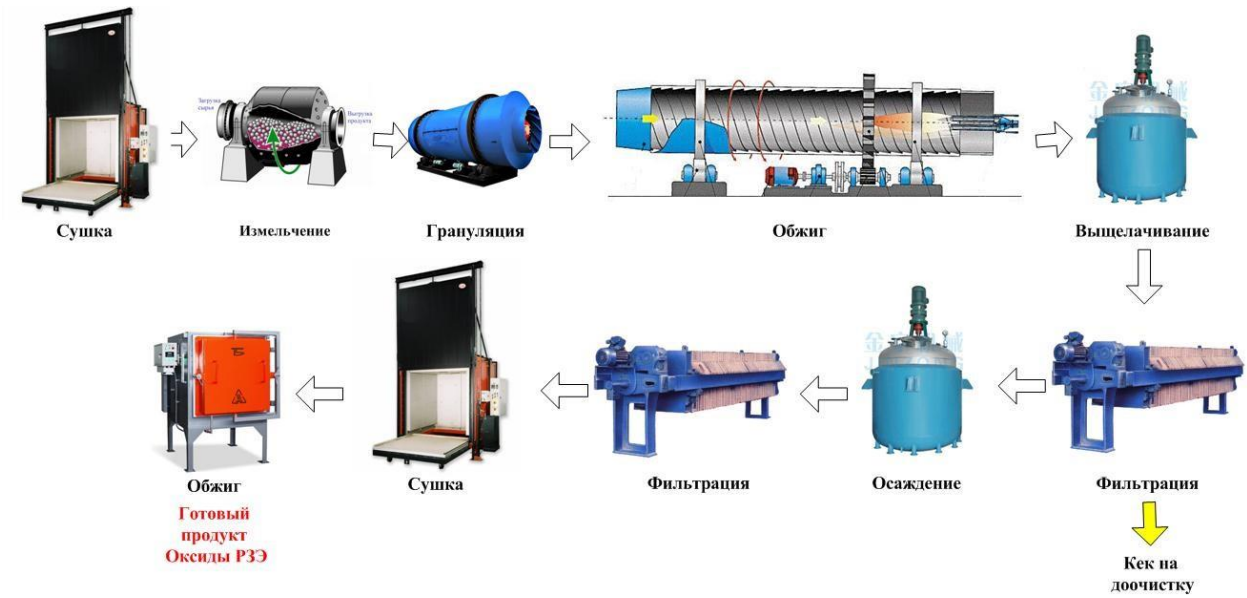


Рисунок 31 – Принципиальная аппаратурно-технологическая схема переработки шлифотходов производства постоянных магнитов

В процессе работы в 2019-21 гг. были получены следующие результаты:

– подтверждена технологичность применяемых процессов – применяются дешевые реагенты, простое, доступное и высокоэффективное оборудование российского производства;

– при переработке отходов достигнуто высокое извлечение РЗМ – 97,0%;

– при получении металлического порошка выход ценных компонентов составил не менее 98,0 %;

– разработаны аппаратурно-технологические схемы переработки отходов, получения из них металлических порошков, а также определены

перечни основного технологического оборудования. Все составные части всех аппаратурно-технологических схем могут быть интегрированы в единую технологическую цепочку;

– разработано техническое задание на создание укрупненной установки для отработки режимов получения порошков тугоплавких металлов;

– разработан комплект технологической документации с пооперационными технологическими регламентами получения металлической продукции на основе оксидов РЗМ;

– отработаны и продемонстрированы процессы технологических схем в укрупненном масштабе (от 0,3 до 0,5 кг металлических порошков за цикл);

– разработаны рекомендации по очистке сбросных растворов и газовых выбросов;

– разработаны проекты ТУ на выпускаемую продукцию;

– разработаны исходные данные на разработку основного технологического оборудования для переработки отходов магнитного производства.

Рисунок 32 – Реактор 130 л для выщелачивания шлифотходов

2.1.3 ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

Разработка технологии обращения с циркониевыми оболочками твэлов, образующимися при переработке ОЯТ ВВЭР

Кузнецов И.В., Каленова М.Ю.

Лаборатория методов обращения с ОЯТ и РАО Отделения «Химические технологии замкнутого ядерного топливного цикла» принимала участие в выполнении НИОКР «Разработка технологии обращения с циркониевыми оболочками твэлов, образующимися при переработке ОЯТ ВВЭР» (проект ЕОТП-ТЦПМ-263) в рамках единого отраслевого плана. В ходе первого этапа, стартовавшего в 2021 г., с привлечением АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина» проведен комплексный анализ конструкционных материалов (КМ) оболочек твэлов от переработки (ОЯТ) ВВЭР, определена номенклатура металлических РАО, образующихся при переработке ОЯТ ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Внешний вид тепловыделяющей сборки (ТВС) ВВЭР-1000 показан на рисунке 33.

Рисунок 33 – Внешний вид тепловыделяющей сборки ВВЭР-1000

Основные дозообразующие компоненты представлены изотопами цезия $^{134+137}Cs$ (94 % от общей активности), являющиеся продуктами деления и нуклидом ^{94}Nb, образующимся вследствие нейтронной активации (5,6 % от общей активности) материала оболочек. Удельная α- и β+γ-активности оболочек составили $2{,}56\times10^{6}$ и $2{,}15\times10^{7}$ Бк/г соответственно, тепловыделение – $3{,}31\times10^{-6}$ Вт/г. Актиниды, характеризующиеся длительными периодами полураспада, высокой радиотоксичностью и миграционной способностью присутствует в поверхностных пленках, непосредственно контактирующих с окружающей средой в форме смешанного цирконата с формулой $An_2Zr_2O_7$. Установлено, что шелуха содержит 180 мкг/г урана и 7 мкг/г плутония, также в следовых количествах присутствуют америций и кюрий. Данное обстоятельство обуславливает риск радиационного загрязнения окружающей среды в случае аварийной ситуации в спецхранилище и невозможность безопасного окончательного удаления материала в могильник РАО. В качестве универсального решения по переработке оболочек твэлов и КМ отработавших ТВС на основе нержавеющих сталей и специальных сплавов предложен способ, основанный на индукционном шлаковом переплаве в холодном тигле. Технология обладает рядом преимуществ: максимально возможное сокращение объемов отходов (до 6,8 крат); удаление наиболее опасных радионуклидов и/или включение их в устойчивую металлическую матрицу; возможность повторного полезного использования металлического и шлакового продуктов переплава, в том числе для возврата ценных компонентов в ЯТЦ и декатегоризации конечной формы отходов; компактное аппаратурное оформление, адаптированное к использованию в условиях «горячей камеры». С привлечением специалистов ИМЕТ УрО РАН выполнено расчетно-теоретическое обоснование глубины очистки циркониевых оболочек твэлов от делящихся материалов и продуктов деления. Установлено, что в зависимости от выбранной флюсующей композиции в шлак может быть извлечено до 100 % урана и плутония, присутствующих в пленках на поверхностях оболочек. Последующая экспериментальная проверка

подтвердила результаты расчетов с высокой степенью достоверности. Основные результаты теоретического исследования были представлены на международных конференциях «Нанофизика и наноматериалы-2021» (г. Санкт-Петербург) и «Техноген-2021» (г. Екатеринбург), подготовлены две научные статьи (журнал «Цветные металлы», № 7, 2022). Проведен анализ процессов обращения с КМ оболочек твэлов и ОТВС от переработки ОЯТ ВВЭР. Установлено, что основным компонентом отходящей газовой фазы будут являться неактивные компоненты флюса (до 550 г/т оболочек) и цезий (до 6 г/т оболочек). Доказана целесообразность совместной переплавки КМ твэлов и КМ ОТВС. Расчетными и экспериментальными методами показано, что подшихтовка нержавеющих сталей к циркониевому сплавам позволяет снизить температуру шлакового переплава с ~1900 - 2000°С до 1200 - 1400 °С.

Разработка технологий иммобилизации высокоактивных отходов в минералоподобные матрицы методом ИПХТ

Каленова М.Ю., Кузнецов И.В.

В рамках второго этапа инициированного в 2020 году проекта (ЕОТП-ТЦПМ-25) по разработке технологии иммобилизации высокоактивных отходов (ВАО) в минералоподобные матрицы (МПМ) методом индукционной плавки в холодном тигле (ИПХТ), обеспечивающей снижение объема и увеличение безопасного времени долговременного хранения конечной формы радиоактивных отходов (РАО), выбраны кандидатные матрицы для иммобилизации отдельных фракций ВАО, рассматриваемых для выделения в первую очередь: РЗЭ-актинидная и цезий-стронциевая. Проведен синтез МПМ с использованием совмещенного процесса грануляции и плавки в ИПХТ (рисунок 34), обладающего рядом преимуществ, что обеспечивает удобство его внедрения в радиохимическое производство.

Рисунок 34 – Технологическая схема процесса грануляции и плавки в МПХТ

Операция грануляции позволяет существенно сократить энергозатраты благодаря предварительному обезвоживанию шихты (влажность до 20 %). Формирование на рабочих поверхностях гарнисажного слоя минимизирует абразивное и коррозионное воздействие на оборудование. Принцип действия тарельчатого или барабанного окомкователя предусматривает возможность осуществления непрерывного и высокопроизводительного процесса, при этом конструктивная простота аппарата обуславливает его низкую стоимость, надежность и удобство дистанционного обслуживания в условиях радиозащитного оборудования. Операция переплава в ИПХТ позволяет получать плотный и гомогенный продукт. Компактные размеры плавильного узла ИПХТ обеспечивают удобство дистанционного обслуживания, ремонта и замены в условиях радиохимического производства. В сотрудничестве с ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН успешно синтезированы укрупненные партии (до 8 кг) МПМ (таблица 7). Экспериментально определены температуры синтеза МПМ ~ 1600 - 1800 ºС, подтверждены целевые химический и фазовый составы МПМ.

Таблица 7 – Перечень синтезированных МПМ

Матрица	Формула	Емкость по отходам, мас. %, до
Пирохлор	Ln_2TiZrO_7	63 Ln_2O_3
Орторомбический титанат	$Ln_4Ti_9O_{24} + TiO_2$	30 Ln_2O_3
Бритолит	$Ca_2Ln_8(SiO_4)_6O_2$	74 Ln_2O_3
Поллуцит-таусонит	$CsAlSi_2O_6$+$(Sr,Ba)TiO_3$	51,5 (Cs_2O+BaO+SrO)
Поллуцит-цельзиан	$CsAlSi_2O_6$+$(Sr,Ba)Al_2Si_2O_8$	40,4 (Cs_2O+BaO+SrO)

Расчеты тепловых полей МПМ для различных загрузок радионуклидами и диаметров блоков показали, что при отсутствии принудительного охлаждения заполненных РАО контейнеров из нержавеющей стали/меди/карбида кремния во временном хранилище (ВХР), условия безопасного содержания выполняются при унифицированном диаметре

блоков 0,2 м и снижения доли реальной фракции Cs-Sr до 30 мас. %. Условия безопасного размещения в подземном хранилище выполняются после предварительной выдержки в ВХР в течение 30 лет и диаметре блоков 0,2 м, что справедливо для МПМ со структурами пирохлора (63 мас. %), бритолита (37 мас. %) и орторомбического титаната (30 мас. %). Для отходов с Cs-Sr фракцией при диаметре блоков 0,2 м и подземном размещении упаковок требуется снижение количества включаемых отходов до 15 мас. %. Расчеты показали, что конструкционный материал контейнеров не оказывает существенного влияния на температурные режимы как временного, так и постоянного хранилища, когда толщина стенки контейнера составляет 10 % от диаметра блока отходов. Проверена гидротермальная устойчивость матриц при температурах свыше 200 °С в растворах, имитирующих грунтовые воды для оценки изолирующих свойств в случае подземного размещения упаковок с РАО. Скорость выщелачивания лантаноидов 10^{-8} - 10^{-6} г/см^{2}сут. Испытания на радиационную устойчивость МПМ к внешнему облучению совместно со специалистами АО «ГНЦ НИИАР» показали, что образцы сохраняют изолирующую способность при накоплении дозы 10^9 и более Грей. В целом, подтверждена реализуемость разрабатываемой технологии и обосновано использование МПМ в качестве конечной формы фракций ВАО.

2.1.4 МАТЕРИАЛЫ РАДИАЦИОННОЙ ФОТОНИКИ

Разработка и создание высокочувствительных детекторов для контроля нейтронного фона на ядерных и других объектах

Басков П.Б., Сахаров В.В., Бондаренко С.А., Намакшинас А.А., Хорозова О.Д.

В лаборатории радиационной фотоники АО «ВНИИХТ» разработана технология получения материала детектирующего элемента и отработан подход по получению волоконно-оптического нейтронного детектора. Работа проводилась в рамках НИОКР ЕОТП по теме: «Разработка материалов детектирующего элемента для регистрации нейтронов» совместно с коллективом НИЯУ МИФИ.

В связи с повышением требований безопасности ядерных и других объектов, имеющих источники радиоактивных излучений, проблема надежного контроля нейтронного излучения, как наиболее опасного для человека, является чрезвычайно актуальной.

Новизна темы заключается в том, что разработанный нейтрон-чувствительный материал представляет собой люминесцентную многокомпонентную пленочную 3D-гетероструктуру с волоконно-оптической регистрацией событий. Функциональный гетерослой наносится на поверхность металлических сегментов площадью 0,01 м^2 (рисунок 35). Такие сегменты позволяют скомпоновать модульную систему площадью от 0,08 до 1 м^2. Разработанный подход позволил добиться результатов близких к лучшему зарубежному материалу производства SAINT-GOBAIN CRYSTALS (зеленый столбец – рисунок 36).

Рисунок 35 – Внешний вид образца 7V2 с гетерослоем (АО «ВНИИХТ»)

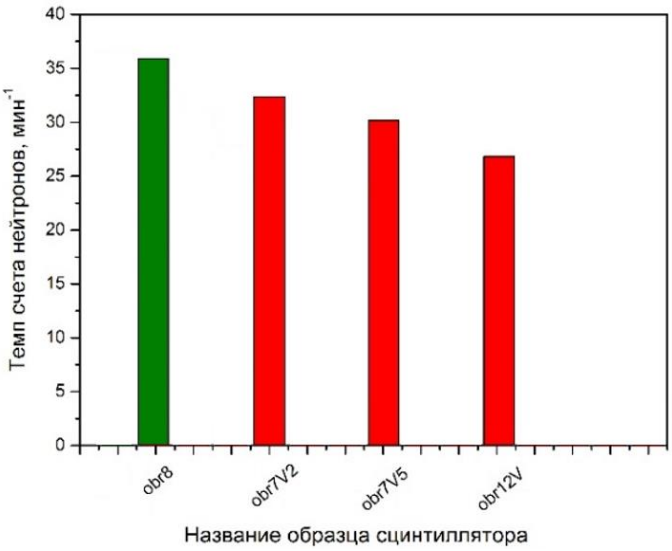


Рисунок 36 – Темп счета нейтронов в минуту при измерении потока нейтронов от источника у различных образцов сцинтилляторов АО «ВНИИХТ»

Сгенерированный в функциональном материале детектора люминесцентный сигнал через оптоволокно регистрируется на фотоэлектронном умножителе (ФЭУ). Макет созданного детектора приведен на рисунке 37. Детектор демонстрирует результаты на мировом уровне (таблица 8).

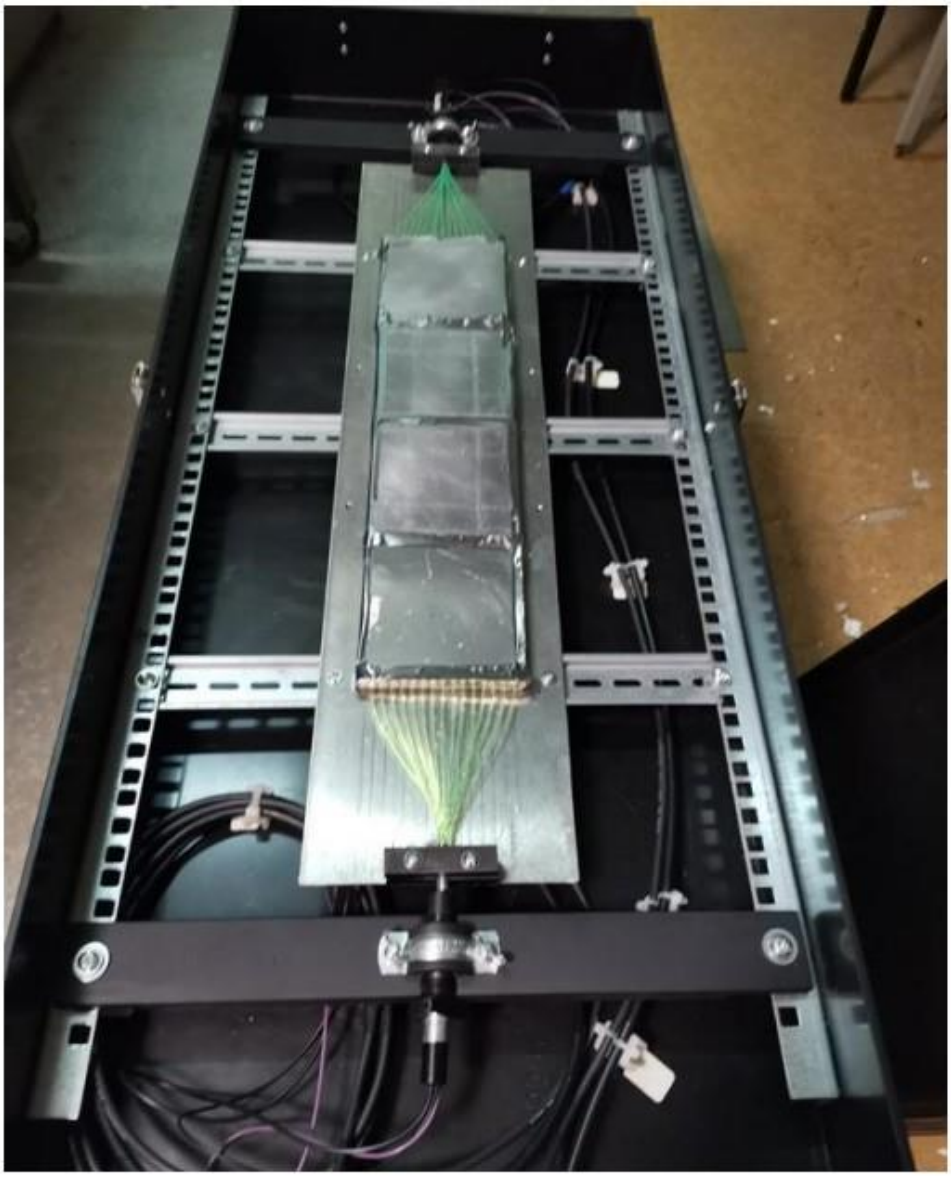


Рисунок 37 – Макет детектора (площадью 0,04 м^2)

Таблица 8 – Сопоставление характеристик с зарубежным материалом детектора

Сцинтиллятор	Характеристика		
	Эффективность регистрации нейтронов, %	Максимальная площадь детектирования, м^2	Чувствительность, (имп·с$^{-1}$)·(нейтр·с$^{-1}$·см$^{-2}$)
EJ-426* (США)	21-25	0,2	нет данных
ВНИИХТ	22	от 0,01 до 1	88

Полученные результаты позволят при дальнейшем масштабировании получать детекторы большей площади и эффективности.

Направление проводимых разработок отвечает критериям обеспечения технологического прорыва в области радиационно-чувствительных материалов и приборов нейтронной диагностики.

2.1.5 ТЕХНОЛОГИИ СИНТЕЗА И ПЕРЕРАБОТКИ НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработка и создание полимерных композитных изоляционных материалов и полупроводящих матриц со структурой, обеспечивающей возможность саморегуляции

Хакулова Д.М., Гальченко А.Г., Афонькин А.Е., Кочервинский В.В.

В разных отраслях промышленности часто возникает необходимость поддерживать технологическую температуру в трубопроводах или различных емкостях, чтобы не допустить переохлаждения используемых веществ, что может привести к авариям. В связи с этим потребность в греющих кабелях различной мощности с каждым днем усиливается.

Применение саморегулируемого греющего кабеля позволяет добиться существенной экономии электроэнергии при функционировании системы антиобледенения, а его конструкция, позволяет нарезать его отрезками любой длины на месте монтажа, что значительно сокращает сроки проведения работ.

В лаборатории полимерных композиционных материалов АО «ВНИИХТ» разработана технология получения и наработаны экспериментальные партии полимерного кабельного композита (ПКМ). Работа проводилась в рамках этапа 2 НИОКР ЕОТП по теме: «Разработка технологии получения высокотехнологичных полимерных композитных изоляционных материалов и полупроводящих матриц со структурой, обеспечивающей возможность саморегуляции электросопротивления в интервале температур от -30 °С до 120 °С» совместно с коллективом ОКБ «ГАММА», АО «НИИП» и АО «НИИграфит».

Цель работы - разработка технологии получения композиционных материалов для оболочки, изоляции, полупроводящей матрицы с повышенными теплофизическими и физико-механическими свойствами и создание на их основе экологичных и безопасных саморегулирующихся греющих кабелей.

В ходе выполнения работ 2021 года были изготовлены и испытаны экспериментальные образцы опытной партии полимерных композиционных материалов (ПКМ) изоляции, оболочки и полупроводящей матриц; разработаны программа и методики испытаний экспериментальных образцов и опытных партий ПКМ изоляции, оболочки и полупроводящей матрицы на физико-механические, реологические, морфологические, электрические свойства, морозостойкость, термостойкость и термостабильность; разработаны программа и методики испытаний технологического процесса получения ПКМ изоляции, оболочки и полупроводящей матрицы, осуществлен подбор оптимальных параметров технологического процесса получения ПКМ; проведены патентные исследования и анализ результатов выполненных работ (рисунок 38).

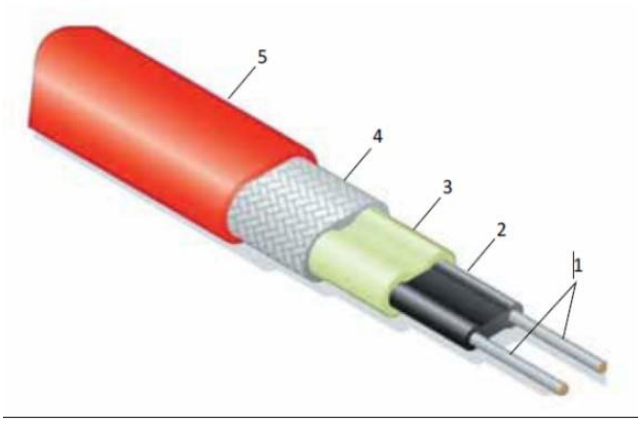


Рисунок 38 – Типовая схема саморегулирующегося греющего кабеля:
1 – медные жилы; 2 – нагревательный ПКМ; 3 – изолирующий слой;4 – экранирующая оплетка; 5 – защитная оболочка

В результате проведенных исследований:

– были подтверждены составы полупроводящей матрицы для низко- и среднетемпературных саморегулирующихся кабелей с положительным температурным коэффициентом;

– исследованы механизмы взаимодействия углеродного наполнителя с полимерной матрицей;

– при подборе технологических, физико-механических и теплофизических параметров для достижения смешения компонентов проводилась экструзия (метод высокотемпературного смешения в расплаве) до получения гранул полимерных композиционных материалов (таблица 9);

– с применением литьевого оборудования изготовлены в соответствии с разработанной программой и методиками испытаний контрольные образцы;

– изготовлены пилотные образцы СГК-65 и СГК-120 на основе опытных партий полимерных композиционных материалов (ПКМ) изоляции, оболочки и полупроводящей матрицы;

– разработана программа и методики испытаний пилотных образцов саморегулирующихся греющих кабелей;

– разработана эскизная конструкторская документация на СГК-65 и СГК-120;

– проведены испытания пилотных образцов СГК-65 и СГК-120 на соответствие требованиям технического задания. Полученные результаты подтвердили работоспособность саморегулирующихся греющих кабелей при температуре окружающей среды 65 ℃ и 120 ℃ с мощностью тепловыделения 25-50 Вт/м.

Таблица 9 – Зависимость температуры образца ПКМ* ($T_{обр}$), его электрических свойств (R, $\rho_{эл}$) и выделяемой им мощности (P) от температуры окружающей среды ($T_{окр}$)

$T_{ср}$ ^{0}C	$E_{обр}$ ^{0}C	I, A	R, Ом	$\rho_{эл}$, Ом*м	P, Вт
-15	+8	1,05	9,52	1,90	10,50
-10	+9	1,06	9,43	1,89	10,60
-5	+15	1,03	9,71	1,94	10,30
0	+21	1,00	10,00	2,00	10,00
+5	+24	0,97	10,31	2,06	9,70
+10	+28	0,94	10,63	2,13	9,40
+15	+32	0,90	11,11	2,22	9,00

Новизна темы заключается в том, что разработанный материал полностью основан на отечественном сырье, что снижает себестоимость не

менее чем на 25%, возможность регулирования мощности по требованию заказчика за счет дизайна состава. За 10 лет эксплуатации теряется менее 10% тепловыделяющих свойств (для сравнения китайские аналоги более 25%), имеются возможности совершенствования рецептуры и поддержки конкурентоспособности на рынке.

Изготовленные пилотные образцы саморегулирующегося греющего кабеля, по результатам проведенных испытаний не уступают имеющимся аналогам и уже могут быть масштабированы в промышленном масштабе (Рисунок 39, Таблица 10)

Рисунок 39 – Пилотный образец саморегулирующегося греющего кабеля марки СГК-65 и СГК-120

Итогом всего проекта должна стать промышленная технология производства саморегулирующихся кабелей с использованием отечественного полупроводящего ПКМ, который был получен в ходе настоящей работы и в

данное время проходит промышленные испытания на нескольких крупных российских кабельных производствах.

Таблица 10 – Основные характеристики создаваемой продукции

Основные характеристики создаваемой продукции/ технологии	Зарубежные аналоги продукции/технологии		Отечественные аналоги продукции/технологии		**Наш продукт**	
	1 аналог Raychtm 10BTV2-CT	2 аналог Nelson Limitrace LT-23-JT	1 аналог 10HTA2-BT	2 аналог 10HPB2-BT	СГК-65	СГК-120
Макс. темп.	65	65	65	65	70,5	126
Мощность при температуре воздуха 0 град. С, Вт/м	35	25	10	10	22	24
Температурная группа, Т6	Т6	Т6	Т6	Т6	Т6	Т6
Мин. температура монтажа	-30	-30	-30	-30	-40	-40
Макс. температура без нагрузки	65	85	85	85	85	140
Снижение выделяемого тепла за 10 лет работы кабеля, %	15	15	25	25	7	6

Саморегулирующиеся кабели (СГК) используются в промышленности для решения следующих задач:

– поддержание требуемой технологической температуры, которая может быть выше температуры окружающей среды на протяжении всего года;

– защита от замерзания оборудования в зимний период;

– разогрев нефти и нефтепродуктов, технических жидкостей и химических веществ при их транспортировке и хранении;

– защита от обледенения оборудования, зданий, сооружений; противоконденсационный нагрев и др.

2.2 Итоги заседаний Научно-технического совета

На базе АО «ВНИИХТ» действует Научно-технический совет (НТС) – координационный и экспертно-совещательный орган по вопросам научной и проектной деятельности института.

Основными задачами и функциями НТС являются:

1. Выработка предложений и рекомендаций по уточнению приоритетных направлений и совершенствованию механизмов научно-технического развития института; по повышению эффективности использования объектов инфраструктуры и результатов (основных показателей) научно-технической деятельности института.

2. Формирование и согласование планов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, экспертиза научно-технических проектов и отчетов института.

3. Подготовка заключений и отзывов по диссертационным работам и научно-техническим публикациям (на правах экспертной комиссии).

4. Рассмотрение вопросов:

– об участии института и/или его представителей в работе выставок и научных конференций, научно-технических, научно-образовательных и научно-общественных объединениях и органах (ассоциациях, комиссиях и пр.);

– о выдвижении научных проектов и работ на конкурсы и соискание премий различного уровня;

– о представлении сотрудников к государственным и ведомственным наградам.

В состав НТС входят 16 человек, из них 2 доктора наук и 14 кандидатов наук.

В 2021 году было проведено 8 заседаний НТС. Основные вопросы, выносимые на повестке и решения, принятые членами Совета представлены в таблице 11.

Таблица 11

№ п/п	Тема заседания	Перечень рассмотренных вопросов	Дата проведения
1	Выборы на должность научного сотрудника лаборатории	1. Утверждение решения секции НТС Отделения комплексной переработки редкометалльного, радиоактивного рудного и техногенного сырья АО «ВНИИХТ» «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» по выборам на должность научного сотрудника лаборатории по редким, редкоземельным и радиоактивным элементам.	29 января 2021 г
2	О результатах интеллектуальной деятельности	1. О результате интеллектуальной деятельности «Электропроводящая композиция», полученном в ходе выполнения НИОКР по теме: «Разработка технологии получения высокотехнологичных полимерных композитных изоляционных материалов и полупроводящих матриц со структурой, обеспечивающей возможность саморегуляции электросопротивления в интервале температур от -30 ^{o}C до 120 ^{o}C» в рамках договора от 30.11.2020 № 774/161-Д/63/4774-Д.	9 февраля 2021 г
3	Выборы на должность начальника лабораторий	1. Выборы на должность начальника лаборатории Высокотемпературной химии и электрохимии отделения «Химические технологии замкнутого ядерного топливного цикла». 2. Выборы на вакантную должность начальника лаборатории полимерных композиционных материалов.	14 апреля 2021 г
4	О результатах интеллектуальной деятельности	1. О результатах интеллектуальной деятельности и признании их секретом производства. 2. О результате интеллектуальной деятельности «Способ переработки природного или синтетического мела на гипс и удобрительный нитрат	10 сентября 2021 г

		аммония», полученном в рамках выполнения работ по направлению научно-технической деятельности института «Технологии извлечения РМ и РЗМ».	
5	О результатах выполнения НИОКР	О выполнении работ этапа 1 по теме НИОКР «Разработка технологии получения компактных слитков редкоземельных металлов и/или лигатур на их основе» по договору с НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ № 2023020100832000000000000/ДГ-1019.	30 сентября 2021 г
6	О результатах выполнения НИОКР	1. О результатах НИОКР «Разработка технологии обращения с циркониевыми оболочками твэлов, образующимися при переработке ОЯТ ВВЭР», выполненной в рамках договора с Частным учреждением «Наука и инновации» от 15.07.2021 № 774/288-Д (проект ЕОТП-ТЦПМ-263) по теме «Исследование КМ оболочек твэлов и способа обращения». 2. О результатах НИР на тему «Разработка технологии получения высокотехнологических полимерных композитных изоляционных материалов и полупроводящих матриц со структурой, обеспечивающей возможность саморегуляции электросопротивления в интервале температур от -30^{0}С до 120^{0}С», выполненной в рамках проекта ЕОТП-МТ-241 Госкорпорации «Росатом» на 2021 год. 3. О результатах НИОКР на тему «Отработка технологий получения тугоплавких материалов в укрупненном масштабе», выполненной в рамках проекта ЕОТП-МТ-158 на тему «Разработка технологии переработки техногенных отвалов для получения лигатур	10 ноября 2021 г

		стратегического сырья (РЗЭ, W, Mo, Re и др.)». Договор от 18.09.2019 № 313/1721-Д с АО «Наука и инновации».	
7	О результатах выполнения НИОКР	1. О результатах НИОКР по теме «Разработка технологий иммобилизации ВАО в минералоподобные матрицы методом ИПХТ», подготовленных в рамках выполнения обязательств по договору с частным учреждением «Наука и инновации» от 03.12.2020 № 774/179-Д/63/4794-Д с дополнительным соглашением от 06.07.2021 № 774/179-Д-1 (проект ЕОТП-ТЦПМ-25). 2. Внесение в план научно-технических мероприятий Госкорпорации «Росатом» проведение АО «ВНИИХТ» Круглого стола по теме «Редкоземельные постоянные магниты».	17 ноября 2021 г
8	О создании служебных РИД и о результатах НИОКР	1. О создании служебных РИД: 1.1 «Электропроводящая полимерная композиция для низкотемпературного саморегулирующегося кабеля», 1.2 «Электропроводящая полимерная композиция для среднетемпературного саморегулирующегося кабеля», разработанных в результате выполнения работ по договору с Частным учреждением «Наука и Инновации» от «30» ноября 2020 г №774/161-Д/63/4774-Д. 1.3 «Режим подготовки шихты для получения сплавов повышенной плотности ВНМ-3-2 и ВНМ-6-4», полученный в ходе выполнения НИОКР по теме: «Разработка технологии переработки техногенных отвалов для получения лигатур стратегического сырья (РЗЭ, W, Mo, Re и другие)», разработанного в	7 декабря 2021 г

		результате выполнения работ по договору с АО «Наука и Инновации» от «18» сентября 2019 № 313/1721-Д, дополнительному соглашению от «29» октября 2021 № 313/1721-Д-2 (ЕОТП-МТ-158). 1.4 «Способ получения гидроксида бериллия из бериллийсодержащих концентратов», полученный в ходе выполнения работ по направлению научно-технической деятельности института «Технологии извлечения РМ и РЗМ». 2. О результатах НИОКР «Разработка технологии получения высокотехнологических полимерных композитных изоляционных материалов и полупроводящих матриц со структурой, обеспечивающей возможность саморегуляции электросопротивления в интервале температур от -30^{0}С до 120^{0}С», выполненной в рамках договора с Частным учреждением «Наука и инновации» от 30.11.2020 № 774/161-Д/63/4774-Д (проект ЕОТП-ТМ-241) по теме «Изготовление и испытание экспериментальных образцов ПКМ и пилотного образца СГК».	

В 2021 году на базе АО «Гиредмет» в целях обеспечения условий для эффективного формирования, функционирования и развития научно-производственного объединения был создан Научно-технический совет научно-производственного объединения АО «Гиредмет», АО «НИИграфит», АО «ВНИИХТ» (НТС НПО). Совет является постоянно действующим координационным и экспертно-совещательным органом научно-производственного объединения по вопросам научной и проектной деятельности институтов Химико-технологического кластера (ХТК).

Основными задачами и функциями НТС НПО являются:

– выработка предложений и рекомендаций по формированию и уточнению приоритетных направлений, совершенствованию механизмов научно-технологического развития институтов ХТК; по повышению эффективности использования объектов инфраструктуры и результатов (основных показателей) научно-технической деятельности институтов ХТК;

– координация работы научно-технических советов институтов по приоритетным направлениям деятельности;

– формирование и согласование планов совместных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, экспертиза совместных научно-технических проектов и отчетов институтов ХТК;

– рассмотрение вопросов о совместном участии в работе выставок и научных конференций, научно-технических, научно-образовательных и научно-общественных объединениях и органах (ассоциациях, комиссиях, консорциумах и др.); о выдвижении совместных научных проектов и работ на конкурсы и соискание премий различного уровня.

Совет сформирован из числа руководителей, ведущих ученых и специалистов институтов ХТК и иных организаций (по согласованию) в составе председателя, его заместителей, ученого секретаря и членов Совета. Члены НТС НПО АО «Гиредмет», АО «НИИграфит», АО «ВНИИХТ»:

– Голиней А.И. – директор АО «Гиредмет», АО «НИИграфит», АО «ВНИИХТ», (председатель Совета).

– Пархоменко Ю.Н. – научный руководитель АО «Гиредмет», (заместитель председателя Совета).

– Бейлина Н.Ю. – научный руководитель АО «НИИграфит», (заместитель председателя Совета).

– Нескоромная Е.А. – ученый секретарь АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ», (ученый секретарь Совета).

– Юрков Г.Ю. – директор по научному развитию – научный руководитель химико-технологического направления АО «Наука и инновации».

– Мазилин И.В. – руководитель направления проектного офиса АО «Наука и инновации».

– Бештоев Б.З. – генеральный директор АО «ВНИИХТ».

– Ивановских К.В. – заместитель директора по науке и инновациям АО «Гиредмет».

– Гареев А.Р. – заместитель директора по науке и инновациям АО «НИИграфит».

– Артамонов Г.Л. – заместитель директора по перспективным проектам АО «Гиредмет».

– Твиленев К.А. – заместитель директора по производству АО «НИИграфит».

– Бубненков И.А. – начальник научно-производственного отдела АО «НИИграфит».

– Соловьева Л.Г. – начальник отдела АО «ВНИИХТ».

– Каленова М.Ю. – начальник отделения АО «ВНИИХТ».

– Быков А.А. – начальник отделения АО «Гиредмет».

– Гурских А.В. – начальник отделения АО «Гиредмет».

– Черненко Д.Н. – начальник отдела АО «НИИграфит».

– Мельников С.А. – научный руководитель АО «ВНИИХТ».

– Карцев В.Е. – эксперт АО «Гиредмет».

– Самойлов В.М. – главный научный сотрудник АО «НИИграфит».

– Микитаев М.А. – руководитель Центра композиционных материалов АО «ВНИИХТ».

– Юрасова О.В. – начальник лаборатории АО «Гиредмет».

– Князев С.Н. – начальник лаборатории АО «Гиредмет».

– Новиков П.Ю. – начальник лаборатории АО «ВНИИХТ».

– Денисов И.А. – начальник лаборатории АО «Гиредмет».

– Кошель Е.С. – начальник Испытательного аналитико-сертификационного центра АО «Гиредмет».

– Чеблакова Е.Г. – начальник Испытательного центра АО «НИИграфит».

– Комиссарова Д.А. – руководитель проектного офиса АО «НИИграфит».

– Хакулова Д.М. – начальник лаборатории АО «ВНИИХТ».

В заседаниях принимают участие в качестве приглашенных членов сотрудники не только АО «ВНИИХТ» и АО «ГИРЕДМЕТ», но и высококвалифицированные специалисты предприятий, доктора и кандидаты наук институтов и образовательных учреждений, которым интересно сотрудничество по вопросам, выносимым на повестку заседания.

В 2021 году было проведено четыре заседания НТС НПО по перспективным научным направлениям развития институтов ХТК.

1. Заседание на тему «Технологии и материалы для создания литий-ионных аккумуляторов» было проведено 12 мая 2021 г. на базе АО «Гиредмет».

На заседании в качестве докладчиков выступили:

Тарасов Вадим Петрович (д.т.н., проф., зав. кафедрой НИТУ «МИСиС») с презентационными материалами по теме «Современные тенденции развития химических источников тока».

Вошкин Андрей Алексеевич (д.т.н., зам. директора по научной работе ИОНХ РАН) с презентационными материалами по теме «Гибридные экстракционные процессы в технологиях переработки литийсодержащих техногенных отходов».

Косарев Станислав Александрович (руководитель проекта АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ») с презентационными материалами по теме «Создание полимерных сепараторов с улучшенными свойствами с

применением трековых технологий для разработки аккумуляторов нового поколения».

Почтарев Александр Николаевич (к.т.н., начальник лаборатории АО «Гиредмет») с презентационными материалами по теме «Разработка технологии синтеза кристаллического катодного материала $LiCo_{1/3}Ni_{1/3}Mn_{1/3}O_2$ для литий-ионных источников тока».

Швецов Алексей Анатольевич (к.т.н., начальник отдела АО «НИИграфит») с презентационными материалами по теме «Разработка методологии подготовки новых видов углеродных порошков для анодов литий-ионных аккумуляторов».

Новиков Павел Юрьевич (к.т.н., начальник лаборатории АО «ВНИИХТ») с презентационными материалами по теме «Литий-технологии получения – от руды до чистого металла».

Клюев Владимир Владимирович (к.т.н., ведущий консультант Фонда перспективных исследований) с презентационными материалами по теме «Текущее состояние и перспективы разработки новых электрохимических накопителей энергии».

Членами НТС НПО отмечена целесообразность развития работ химико-технологического кластера на базе АО «ВНИИХТ», АО «Гиредмет», АО «НИИграфит» в области создания перспективных литий-ионных аккумуляторов с улучшенными характеристиками и их экологически безопасной переработки.

По результатам заседания было рекомендовано руководству АО «Гиредмет» сформировать проектный офис по данному направлению работ, целью которого является объединение и развитие рассмотренного направления в рамках химико-технологического контура и с привлечением компетенций внешних организаций, в том числе РАН и ВУЗов. На основании решения Совета необходимо подготовить и направить в АО «Наука и инновации» предложение по реализации комплексного проекта, включающего

все технологии от извлечения лития до создания аккумуляторных батарей с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

2. Заседание на тему «Перспективы развития углеродных материалов: от сырья до изделия» было проведено 28 сентября 2021 г на базе АО «НИИграфит».

С докладом на тему «Технологии композиционных материалов, конструкций и микросистем», выступил приглашенный участник заседания *Бухаров Сергей Викторович* – проф., д.т.н., проф. кафедры «Технологии композиционных материалов, конструкций и микросистем», ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ). Им были затронуты проблемы создания толстостенных УУКМ и конструкций на их основе, начиная с исходных преформ и заканчивая изделиями, которые получаются из заготовок традиционной механообработкой. Подробно рассмотрен метод получения толстостенного пространственно-армированного УУКМ, и обозначены тенденции в этом направлении за последние 10 лет, которые развиваются параллельно с полимерной технологией композиционных материалов.

Также, на заседании выступили сотрудники АО «НИИграфит» *Бейлина Наталия Юрьевна* д.т.н., научный руководитель с докладом на тему «Особенности применения углеродных наноструктур в матрицах углерод-углеродных композиционных материалов» и *Самойлов Владимир Маркович* д.т.н., главный научный сотрудник с докладом «Определение эффективной температуры обработки углеродных волокон на основе ПАН и вискозы методом рамановской спектроскопии».

Были затронуты вопросы материаловедческого и технологического характера, включая вопросы подготовки сырья, в частности, качества и аналитического контроля углеродных материалов и углеродных волокон, подготовки пространственно-армированных структур для получения углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ), а также обработки углеродных волокон.

По результатам заседания членами Совета было рекомендовано использовать представленные материалы докладов и презентаций при разработке проектов научно-производственного объединения с привлечением специалистов ВУЗов и научных учреждений по профилю получения и применения углерод-углеродных композиционных материалов.

Вопрос обсуждения концепции объединения научных компетенций АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ», АО «НИИграфит» и подведение итогов конференций, организованных АО «НИИграфит» и АО «Гиредмет» в 2021 году рассматривались на двух заседаниях НТС НПО (15 декабря, 27 декабря 2021 г. на базе АО «НИИграфит»).

На заседаниях слушали *Ивановских Константина Васильевича* (к.ф.-м.н., зам. директора по науке и инновациям АО «Гиредмет») с презентационным материалом на тему «Концепция объединения АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ», АО «НИИграфит». Формирование перечня направлений деятельности объединенного института».

По результатам открытого голосования было предложено, с учетом всех озвученных замечаний, утвердить предлагаемую концепцию объединения научных компетенций АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ», АО «НИИграфит» (за – «14», против – «1», воздержался – «1»).

По результатам организованных конференций слушали:

- *Бейлину Наталию Юрьевну* (д.т.н., научный руководитель АО «НИИграфит») об итогах 13-й Международной конференции «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология» посвященная 125-летию со дня рождения Николая Петровича Сажина. Конференция проходила на базе ТИСНУМ в период с 24 по 26 ноября 2021 года (г. Троицк).

По итогам конференции был выпущен сборник тезисов докладов в электронном виде, а все участники, оплатившие оргвзнос или имеющие льготу по оплате оргвзноса, получили именные сертификаты, а лучшие доклады,

представленные на конференции, будут опубликованы в журнале из списка Scopus/WoS.

Программа конференции включала следующие тематические направления:

– последние достижения в области синтеза алмазов;

– методы исследования и компьютерного моделирования структуры и свойств алмазов и новых форм углерода (наноалмазов, фуллеренов, нанотрубок, онионов, карбинов, графенов и др.);

– углеродосодержащие композиты функционального и конструкционного назначения, перспективы создания и применения в различных областях;

– новые физические и химические подходы при создании углеродных материалов, изучение взаимосвязи структуры и свойств, применение в биологии и медицине;

– сорбционные и каталитические свойства углеродных, в том числе наноструктурированных, материалов;

– методы синтеза наноструктурированных углеродных материалов.

Работа конференции проходила по двум секциям «Исследования и разработка углеродных материалов», «Фундаментальные исследования». В данной конференции приняли участие сотрудники АО «НИИграфит» и АО «Гиредмет».

В работе конференции участвовало 5 пленарных, 56 устных докладов и 51 секционный. Было заявлено в стендовой сессии 64 доклада. От АО «НИИграфит» было представлено 5 устных докладов и 9 стендовых, от АО «Гиредмет» – 1 стендовый доклад.

- *Нескоромную Елену Анатольевну* (к.т.н., ученый секретарь АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ») об итогах Научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» («РедМет-2021») («Сажинские чтения»),

посвященная юбилею АО «Гиредмет». Конференция проходила в период с 9 по 10 декабря 2021 года в АО «Гиредмет».

На прошедшую конференцию было зарегистрировано 143 участника. Участие в конференции можно было принять в качестве докладчика, слушателя или заочном формате, который подразумевал только подачу тезисов.

В работе конференции приняли участие 78 докладчиков и всего около 120 слушателей, которые выступили представителями более 40 организаций различного научно-технологического профиля.

Стоит отметить и географию участников – в работе Конференции приняли участие представители 13 городов и регионов России (Апатиты, Екатеринбург, Нижний-Новгород, Санкт-Петербург, Чита, Северск, Ставрополь, Красноярск, Черноголовка, Москва, Подольск, Королев, Троицк), а также наши коллеги из Республики Казахстан (г. Караганда).

Состав участников конференции достаточно разнообразен: 2 член-корр. РАН, более 20 докторов и 50 кандидатов наук, студентов/магистрантов/аспирантов всего 37 человек, инженеров, научных сотрудников и других работников, не имеющих ученую степень – 30 чел., руководителей различных предприятий и организаций – 6 чел.

Оргкомитетом Конференции сформирован и выпущен сборник Трудов конференции, с содержанием которого можно ознакомиться на сайте конференции http://redmet.giredmet.ru/ru.

Членами совета была отмечена необходимость привлекать к участию в проводимых конференциях молодых ученых и специалистов. Рекомендовано провести следующую Научно-практическую конференцию «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» («Сажинские чтения») во второй половине 2022 года и далее с периодичностью раз в два года. Обеспечить участие иностранных сотрудников в работе конференции. Для проведения конференции предусмотреть деление на пленарные (обзорные), секционные и стендовые доклады с различным временным

регламентом; включить проведение школы молодых ученых, аспирантов и студентов с проведением конкурса докладчиков в программу конференции; сформировать сборник трудов конференции, который будет индексироваться в РИНЦ; предусмотреть публикацию расширенных тезисов в журнале, входящем в Международные базы цитирования WoS или Scopus; ввести организационный взнос за участие в конференции.

3 Прочие научно-технические достижения

3.1 Статистические показатели по науке

Сведения о наукометрических показателях за отчетный год представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Наукометрические показатели

№/№	Показатель		Факт 2021 г.
1	Число публикаций, шт.		30
	из них: *индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования, шт.*		12
2	Количество созданных РИД, шт.		21
3	Количество использованных РИД, шт.		4
4	Количество сотрудников, защитивших диссертации, чел.	канд.	1
		докт.	0

3.1.1 Перечень публикаций

1. Бугриева Е.П., Казанцев В.В., Величкина Н.С., Стародубов А.В., Гулыгин А.В., Петрин А.В. О техногенной концентрации естественных радионуклидов в буровых шламах//Разведка и охрана недр – 2021. - №2. - С. 47-53.
2. Юдинцев С.В., Мальковский В.И., Каленова М.Ю. Тепловое поле скважинного хранилища радиоактивных отходов// Доклады российской академии наук. науки о земле. – 2021.- Т.498. №2. - С. 202-210.
3. Бугриева Е.П., Тарханов А.В., Трубаков Ю.М. Ионные руды Китая//Горный журнал. - 2021. - №2. - С. 63-68.
4. Matyasova, V.E., Trubakov, Y.M., Kol’tsov, V.Y. Features of Impurity Distribution in the Crystallization of Ammonium Tetrafluoroberyllate// Atomic Energy, 2021, 129(3), С. 144–148.

5. Бугриева Е.П., Тарханов А.В., Лаврентьев А.В., Солнцева Е.Б. Техногенные отходы - ценный источник редких металлов или объекты рекультивации? // Горный журнал – 2021. - №5. - С. 69-74
6. Чередниченко А.Г., Балановский Н.В., Аверина Ю.М. Синтез и свойства низкоосновных акрилатных анионитов// Химическая промышленность сегодня -2021. - №2. - С. 50-53
7. Мельникова И.М., Каленова М.Ю., Кузнецов И.В., Щепин А.С., Будин О.Н., Сапрыкин Р.В., Альжев Н.И. Влияние отжига на гидролитическую устойчивость минералоподобных матриц на основе Nd_2ZrTiO_7 и $Nd_4Ti_9O_{24}$ + TiO_2. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2021. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – 2000 экз.ISBN 978-5-317-06593-5
8. Будин О.Н., Кузнецов И.В., Сапрыкин Р.В., Каленова М.Ю., Мельникова И.М., Щепин А.С. Жидкостная дезактивация фрагментов радиохимического оборудования с электрохимической интенсификацией. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2021. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – 2000 экз. ISBN 978-5-317-06593-5
9. Muslim A. Mikitaev, V.A. Borisov, Ismel V. Musov, Azamat L. Slonov, Diana M. Khakulova. Electrical Properties of Composites Based on Low-Pressure Polyethyleneand Carbon-Containing Fillers// Key engineering materials. New Polymer Composite Materials III. - 2021. – Vol.899 – pp 720-725. DOI https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.899.720
10. Marina M. Murzakanova, Rustam M. Mamkhegov, Muslim A. Mikitaev. The Development of Effective Multifunctional Inhibiting Additives for Polymeric Materials// Key engineering materials New Polymer Composite Materials III.

- 2021. – Vol.899 – pp 398-404. DOI https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.899.398

11. Amina Vindizheva, Azamat A. Khashirov, Khuisein Sapaev, Alexandr Kalabin, Muslim A. Mikitaev, Ashat T. Tsurova. Polyvinyl Chloride Biodegradable Composite Materials, the Analysis of Biodegradability Research Methods// Key engineering materials.New Polymer Composite Materials III. - 2021. – Vol.899 – pp 715-719/ DOI https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.899.715
12. Коллеров М.Ю., Гвоздева О.Н., Коцарь М.Л., Алекберов З.М, Попов Н.Н., Юсупов В.С., Карелин Р.Д.Сплавы системы Ti-Ni-Hf с высокотемпературным эффектом памяти формы // Титан – 2021 - № 1 - С. 34-38.
13. Коцарь М.Л., Аликберов З.М., Юсупов В.С., Карелин Р.Д. и др. Сплавы системы Ti-Ni-Hf с высокотемпературным эффектом памяти формы. Получение, деформационная обработка, микроструктура, фазовый состав, свойства. //Тезисы открытой научно-технической конференции (Глазов, 29-30 июля 2021 г.), Глазов: АО «ЧМЗ», 2021 - С. 7.
14. Коцарь М.Л., Лавриков С.А., Лапидус А.О., Антонов А.В., Яговкин Н.А., Чернышев А.А. Совершенствование процесса иодидного рафинирования циркония с автоматизированным управлением в цехе 60 АО «ЧМЗ» // Тезисы открытой научно-технической конференции (Глазов, 29-30 июля 2021 г.), Глазов: АО «ЧМЗ», 2021 - С. 28.
15. Коцарь М.Л., Лавриков С.А., Лапидус А.О., Таланов А.А. и др. Разработка автоматизированной системы управления процессом дистилляции кальция на базе блока из 4-х печей Ш-1// Тезисы открытой научно-технической конференции (Глазов, 29-30 июля 2021 г.), Глазов: АО «ЧМЗ», 2021, - С. 32.
16. Савельев А.А., Клочкова Н.В. Исследование стадий кинетики сорбции америция-241 для определения оптимальных характеристик экстракционного аппарата с использованием твердофазного экстрагента

на основе ТОДГА Материалы и технологии в атомной энергетике: тезисы Молодежной научно-практической конференции (Москва, 23-24 июня 2021 г.), Москва: АО «ВНИИНМ»,2021 - С.77.

17. Величкина Н.С., Кольцов В.Ю., Юдина Т.Б., Власова Т.В., Звонарева М.Е. Извлечение ценных компонентов из монацитсодержащих отходов// Материалы и технологии в атомной энергетике: тезисы Молодежной научно-практической конференции (Москва, 23-24 июня 2021 г.), Москва: АО «ВНИИНМ»,2021 - С.72.
18. Минашкин В.М., Губанова Д.П., Иорданский М.А. О возможности моделирования переноса пыли в урбанизированных регионах// Тезисы международной конференции 13-е Петряновские и 4-е Фуксовские чтения (Нижний Новгород, 8-9 октября 2021 г.), Нижний Новгород: РАН, 2021 - С.85
19. Минашкин В.М., Будыка А.К., Губанова Д.П. Углеродсодержащие (сажевые) аэрозоли в Арктике: аспекты влияния на формирование климата и здоровье населения// Тезисы международной конференции 13-е Петряновские и 4-е Фуксовские чтения (Нижний Новгород, 8-9 октября 2021 г.), Нижний Новгород: РАН, 2021 - С.95
20. Нескоромная Е.А., Бабкин А.В., Мкртчан Э.С., Меметова А.Е., Кузнецова Т.С., Пасько Т.В. и др. Получение нанокомпозиционного материала на основе оксида графена и карбоксиметилцеллюлозы для сорбционного извлечения тяжелых металлов из водных сред//Сборник тезисов докладов 13-й международной конференции «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технологии» - М., - С. 145-146
21. Бабкин А.В., Курносов Д.А., Мкртчян Э.С., Кузнецова Т.С., Пасько Т.В., Нескоромная Е.А., Бураков А.Е., Буракова И.В., Ткачев А.Г. Влияние режимных параметров синтеза на эксплуатационные свойства композиционного сорбционного материала на основе модифицированного оксида графена, Материалы IV Международной

научно-практической конференции «Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение»; ФГБОУ ВО «ТГТУ», 6 – 8 октября 2021 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021 - С. 341-345.

22. Кочервинский В.В. О технических применениях сегнетоэлектрических полимеров// Современная химическая физика – на стыке физики, химии и биологии: тезисы Международной научной конференции (Черноголовка, 29 ноября – 3 декабря 2021 г.) / отв. ред. М.П. Березин. – Черноголовка: ИПХФ РАН, 2021. – С. 183-184.
23. Яндаев Д.М., Лизин А.А., Мурасова О.В., Хамдеев М.И., Хусаинов Д.Т., Балалаева Е.В., Дмитриева О.С., Колобова А.А., Мельникова И.М., Каленова М.Ю., Кузнецов И.В. Радиационная и химическая устойчивость поллуцит-таусонитовой матрицы//В сборнике: Научный годовой отчет АО «ГНЦ НИИАР» (отчет об основных исследовательских работах, выполненных в 2020 г.). статьи о выполненных в 2020 году исследованиях и результатах работы по основным направлениям деятельности Акционерное общество «Государственный научный центр — Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (АО «ГНЦ НИИАР»). Димитровград, 2021. С. 181-183.
24. Величкина Н.С., Калашников А.В., Звонарева М.Е. Комплексная переработка отходов производства постоянных магнитов Nd-Fe-B//Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение: тезисы Научно-практической конференции (Москва, АО «Гиредмет» 9-10 декабря 2021 г.) /Москва: АО Гиредмет, 2021 – С. 136-137
25. Тарханов А.В., Бугриева Е.П. Урановая промышленность в годы глобального экономического кризиса и пандемии//Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая №38. М: ВИМС, 2021 - С.88. ISBN 978-5-6046868-2-9

26. Губанова Д.П., Иорданский М.А., Кудерина Т.М., Минашкин В.М. и др. Элементный состав аэрозолей в приземном воздухе Москвы: сезонные изменения в 2019 и 2020 гг.//Оптика атмосферы океана -2021. – Т.34.№6(389). – С. – 400-407
27. Осинкина Т. В., Красиков С. А., Жилина Е. М., Русских А. С., Кузнецов И. В, Каленова М. Ю. Термодинамическая оценка взаимодействия циркониевых сплавов с фторидными и оксидными шлаками//Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований: труды V конгресса с международным участием и конференции молодых ученых Техноген-2021 (г. Екатеринбург, 23-26 ноября 2021 г) / отв. ред. Леонтьев Л.И. – Екатеринбург: УрО РАН. - 2021. – С. 359-362
28. Осинкина Т.В., Жилина Е.М., Красиков С.А., Русских А.С., Кузнецов И.В., Каленова М.Ю. Термодинамическая оценка возможности отделения радионуклидов от циркониевых сплавов в переплавных процессах с фторидными и оксидными шлаками//Нанофизика и наноматериалы: научные труды международного симпозиума (Санкт-Петербург, 24-25 ноября 2021 г.) / отв. ред. А.Г. Сырков. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. С. 214-218.
29. Басков П.Б., Маричев Г.В., Сахаров В.В., Степанов В.А. Ядерно-оптические преобразователи для детектирования сильных нейтронных полей// Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика – 2021. - №4. – С. 122-134.
30. Пензин Р.А., Куликов К.Н., Богданов Г.А., Ажгибков М.Ю., Амосов А.Г., Милютин В.В., Щеглов А.Ю., Русаков А.А., Демин А.В., Смирнов Д.И., Вистинь Л.Л. Опыт эксплуатации установки комплексной переработки жидких радиоактивных отходов с использованием селективной сорбции в АО «ЦС «ЗВЕЗДОЧКА» //Атомная энергия - 2021-Т.6 №6 – С. 336-339

3.1.2 Перечень созданных результатов интеллектуальной деятельности

1. Патент РФ № 203476 на полезную модель «Устройство определения профиля намерзания твердой фазы в процессе направленной кристаллизации», дата публикации – 06.04.2021.
2. Патент № 2743849 на изобретение «Ионизационная камера деления для регистрации быстрых нейтронов», дата публикации – 26.02.2021.
3. Патент № 2757219 на изобретение «Ионизационная камера деления для регистрации нейтронов», дата публикации – 12.10.2021.
4. Патент № 2753924 на изобретение «Плавильный узел для индукционной переплавки металлических радиоактивных отходов», дата публикации – 24.08.2021.
5. Приказ от 27.01.2021 № 063/37-П о признании РИД «Устройство технологической оснастки при получении порошков тугоплавких металлов (W, Mo, Re) водородным восстановлением оксидов или аммонийных солей» секретом производства.
6. Приказ от 29.01.2021 № 063/40-П о признании РИД «Разработка технологии сорбционной очистки продуктивных растворов, содержащих неодим и сопутствующие ему редкие земли от бора» секретом производства.
7. Приказ от 29.01.2021 № 063/41-П о признании РИД «Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологии переработки техногенных отвалов для получения лигатур стратегического сырья (РЗЭ, W. Mo. Re и другие) Этап 2 «разработка технологических регламентов получения тугоплавких материалов и РЗЭ» секретом производства.
8. Приказ от 17.02.2021 № 063/77-П о признании РИД «Электропроводящая композиция» секретом производства.
9. Приказ от 02.07.2021 № 063/260-П о признании РИД «Автоматизированная экспериментальная установка для определения

эффективности улавливания Kr-85 различными сорбентами» секретом производства.

10. Приказ от 02.07.2021 № 063/261-П о признании РИД «Стеклообразующий борофосфатный состав для иммобилизации хлорсодержащих высокоактивных отходов» секретом производства.
11. Приказ от 02.07.2021 № 063/262-П о признании РИД «Экспресс методика определения степени окклюзии эвтектики LiCl-KCl» в порах цеолита» секретом производства.
12. Приказ от 19.08.2021 № 063/323-П о признании РИД «Отчет о НИОКР по теме: «Разработка газофторидной технологии для переработки отработанного нитридного топлива с имитаторами продуктов деления на установке «Конверсия» производительностью 2 кг/час» (промежуточный, этап 2)» секретом производства.
13. Приказ от 19.08.2021 № 063/326-П о признании РИД «Аппаратурное оформление процесса десублимации и испарения гексафторида урана» секретом производства.
14. Приказ от 16.09.2021 № 063/360-П о признании РИД «Способ снижения количества осадкообразующих элементов (молибдена и циркония) в растворах ОЯТ и сокращения потерь плутония с осадками» секретом производства.
15. Приказ от 21.10.2021 № 063/407-П о признании РИД «Способ извлечения марганца из низкосортного марганецсодержащего техногенного сырья (шлаков) в раствор» секретом производства.
16. Приказ от 21.10.2021 № 063/408-П о признании РИД «Способ осаждения фторидов из марганецсодержащих растворов, полученных при разложении шлака» секретом производства.
17. Приказ от 13.12.2021 № 063/477-П о признании РИД «Режим подготовки шихты для получения сплавов повышенной плотности ВНМ-3-2 и ВНМ-6-4» секретом производства.

18. Приказ от 22.12.2021 № 063/505-П о признании РИД «Электропроводящая полимерная композиция для среднетемпературного саморегулирующегося кабеля» секретом производства.
19. Приказ от 22.12.2021 № 063/506-П о признании РИД «Электропроводящая полимерная композиция для низкотемпературного саморегулирующегося кабеля» секретом производства.
20. Приказ от 28.12.2021 № 063/516-П о признании РИД «Способ получения гидроксида бериллия из бериллийсодержащих концентратов» секретом производства.
21. Патент KR № 10-2276073 на изобретение «Способ изготовления таблетированного ядерного керамического топлива», дата публикации – 14.07.2021.

3.1.3 Перечень использованных результатов интеллектуальной деятельности

1. Патент РФ № 2484018 на изобретение «Способ переработки фосфатного редкоземельного концентрата, выделенного из апатита», дата публикации – 10.06.2013 (Лицензионный договор от 27.03.2014 № 1/5677-Д, заключенный между АО «ВНИИХТ» и ОАО «Акрон»).
2. Патент РФ № 2615522 на изобретение «Способ получения ионита для сорбции золота», дата публикации – 05.04.2017 (Лицензионный договор от 10.09.2020 № 63/4587, заключенный между АО «ВНИИХТ» и ООО «Интек»).
3. Приказ от 13.07.2017 № 063/259-П о признании РИД «Способ разложения бериллийсодержащих проб руды, концентратов и продуктов их переработки для аналитического контроля» секретом производства (Лицензионный договор от 26.03.2020 № 63/4594-Д, заключенный между АО «ВНИИХТ» и ООО «Русский Бериллий»).

4. Приказ от 23.12.2016 № 063/464-П о признании РИД «Способ получения гидроксида бериллия из бериллийсодержащих концентратов» секретом производства (Лицензионный договор от 26.03.2020 № 63/4594-Д, заключенный между АО «ВНИИХТ» и ООО «Русский Бериллий»).

3.2 Перечень полученных премий и наград

9 февраля 2021 г. в рамках торжественного заседания «Наука в комплексной программе РТТН», приуроченного к Дню российской науки, состоялась церемония вручения государственных и ведомственных наград ученым и исследователям атомной отрасли. Среди награжденных – восемь представителей научного дивизиона. Ордена и медали вручил генеральный директор Госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев. Знаком отличия «Академик И.В. Курчатов» 4 степени была отмечена Солнцева Екатерина Борисовна, руководитель направления, заместитель начальника Центра по редким, редкоземельным и радиоактивным элементам АО «ВНИИХТ».

26 и 27 мая 2021 г. на сцене New Wave Hall в г. Сочи прошла церемония награждения финалистов ежегодной отраслевой программы признания «Человек года Росатома». Отраслевые награды вручали сразу за два года – 2019 и 2020, поскольку ранее премия не состоялась из-за ограничений, вызванных пандемией коронавируса. Победителей и призеров чествовали в 58 номинациях по трем ключевым направлениям: дивизиональным, общекорпоративным и специальным номинациям генерального директора. За все время проведения конкурса по уровню и количеству наград нынешняя стала самой успешной для научного дивизиона

– 74 сотрудника отмечены за высокие достижения. Второе место в номинации «Ученый» завоевала сотрудница АО «ВНИИХТ» – ведущий научный сотрудник лаборатории металлургических процессов Матясова Валентина Ефимовна.

Общий перечень наград сотрудников АО «ВНИИХТ» за отчетный год представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень наград

ФИО	Должность	Подразделение	Награда
Крылова Ольга Константиновна	Начальник лаборатории	Лаборатория технологии выщелачивания и разделительных процессов	Благодарность генерального директора Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Величкина Наталья Сергеевна	Старший научный сотрудник	Лаборатория геотехнологий и переработки техногенного сырья	Благодарность генерального директора Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Ковалева Юлия Александровна	Ведущий инженер	Лаборатория высокотемпературной химии и электрохимии	Благодарственное письмо генерального директора Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Федонова Елена Геннадиевна	Руководитель направления по имущественным отношениям	Отдел по корпоративно-правовой работе и имущественным отношениям	Почетная грамота Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Кузнецов Иван Владимирович	Начальник лаборатории	Лаборатория методов обращения с ОЯТ и РАО	Благодарность генерального директора Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Сёмин Алексей Васильевич	Руководитель направления	Группа по планированию и бюджетированию	Благодарственное письмо генерального директора Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Щепин Андрей Станиславович	Ведущий инженер	Лаборатория методов обращения с ОЯТ и РАО	Благодарственное письмо генерального директора

			Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Менделеев Валерий Мекдятович	Начальник службы безопасности	Служба безопасности	Почетная грамота АО «ВНИИХТ» - 25.05.2021 г.
Холин Вячеслав Федорович	Ведущий инженер	Сектор конверсии соединений урана	Юбилейная медаль «75 лет атомной отрасли России» - 19.05.2021 г.
Тарханов Алексей Владимирович	Главный научный сотрудник	Группа научных экспертов	Почетная грамота АО «ВНИИХТ» - 19.03.2021 г.
Селивановский Андрей Константинович	Начальник лаборатории	Лаборатория по редким, редкоземельным и радиоактивным элементам	Почетная грамота АО «ВНИИХТ» - 19.03.2021 г.
Зайцева Анна Владимировна	Старший научный сотрудник	Лаборатория технологии выщелачивания и разделительных процессов	Почетная грамота АО «ВНИИХТ» - 25.05.2021 г.
Лавриков Сергей Александрович	Ведущий научный сотрудник	Лаборатория чистых металлов и функциональных материалов	Почетная грамота АО «ВНИИХТ» - 11.02.2021 г.; Знак отличия «Академик И.В. Курчатов» 3 степени - 18.06.2021 г.
Косынкин Валерий Дмитриевич	Главный научный сотрудник	Лаборатория по редким, редкоземельным и радиоактивным элементам	Почетная грамота АО «ВНИИХТ» - 19.03.2021 г.
Юдина Татьяна Борисовна	Ведущий научный сотрудник	Лаборатория геотехнологий и переработки техногенного сырья	Благодарность генерального директора Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Коцарь Михаил Леонидович	Начальник лаборатории	Лаборатория чистых металлов и функциональных материалов	Юбилейная медаль «75 лет атомной отрасли России» - 19.05.2021 г.
Кузин Рудольф Евгеньевич	Главный научный сотрудник	Испытательная лаборатория радиационного контроля	Почетная грамота АО «ВНИИХТ» - 25.05.2021 г.
Никитина Зоя Артемьевна	Научный сотрудник	Центр коллективного пользования испытательный аналитический центр	Почетная грамота Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Будин Олег Николаевич	Научный сотрудник	Лаборатория методов обращения с ОЯТ и РАО	Благодарственное письмо генерального

			директора Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.
Намакшинас Артур Азарович	Научный сотрудник	Лаборатория функциональных пленочно-стекло-волоконных материалов радиационной фотоники	Почетная грамота АО «ВНИИХТ» - 26.04.2021 г.
Федонова Анастасия Юрьевна	Руководитель направления	Группа по казначейским операциям	Благодарственное письмо генерального директора Госкорпорации "Росатом" - 18.06.2021 г.

4 Научно-технические мероприятия

4.1 Перечень выставок, конференций, в которых институт принимал участие

В отчетном году сотрудники АО «ВНИИХТ» приняли участие:

– В международной выставке кабельно-проводниковой продукции Cabex 2021, где были представлены пожаробезопасные безгалогеновые полиолефиновые композиты iCom FRSH 3505 и iCom FRISO 3510, применяемые в производстве различных типов кабелей и проводов.

– В международном форуме «Полимерный бизнес России. Экономика. Технологии. Перспективы» (июнь 2021 г., г. Геленджик). С докладом «Новые полимерные материалы электроизоляционного назначения» выступил генеральный директор Бештоев Б.З.

– В международном конгрессе «Приоритеты развития топливо-энергетического и нефтехимического комплекса России» (сентябрь 2021 г., г. Москва).

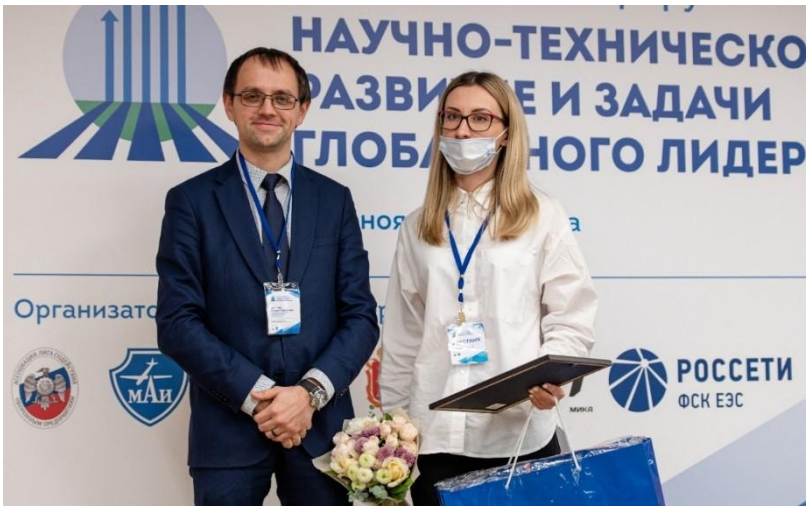
– В слете лидеров молодежных сообществ Госкорпорации «Росатом». Для молодых лидеров «Росатома» слет стал масштабной встречей, где они могли поделиться с коллегами из других дивизионов своим видением решения актуальных отраслевых задач и обсудить волнующие их вопросы. В

диалоге с руководителями отрасли обсуждены ключевые вызовы, которые стоят перед «Росатомом» сегодня и сформирован перечень инициатив по развитию отрасли. Организаторы слета ставили своей целью актуализировать концепцию работы с молодежным сообществом отрасли. По итогам встречи молодежные лидеры сформировали планы по внедрению ключевых изменений.

– В научно-техническом семинаре «Обращение с ОЯТ и РАО в ЗЯТЦ» (27 мая 2021 г., г. Москва). С докладом «Жидкостная дезактивация радиационно-загрязненных фрагментов оборудования с использованием электрохимического и комбинированного воздействия на обрабатываемые материалы» выступил Будин О.Н., научный сотрудник лаборатории «Методы обращения с ОЯТ и РАО» отделения «Химические технологии замкнутого ядерного топливного цикла».

– В научно-техническом семинаре «Разработка оборудования и технологий обращения с РАО» для создаваемого модуля переработки ОЯТ в рамках Опытно-демонстрационного энергокомплекса на площадке АО «СХК». С докладами выступили сотрудники отделения «Химические технологии замкнутого ядерного топливного цикла».

– Проект ученого секретаря АО «ВНИИХТ» и АО «Гиредмет» Нескоромной Е.А. «Разработка многофункциональных композиционных сорбентов на основе углеродных наноструктур для комплексной очистки водных сред» оказался в числе призеров XI Национальной научно-технической конференции (ННТК). Финал прошел 10 ноября 2021 г. в Москве в рамках всероссийского форума «Научно-техническое развитие и задачи глобального лидерства». Всего на конкурс было подано 122 заявки со всей России. По результатам предварительных этапов, проходивших в дистанционном формате, в финал было отобрано 45 проектов по 14 отраслевым направлениям.



За отчетный период сотрудники АО «ВНИИХТ» приняли участие в 12 научных конференциях:

– в XXVIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов», организованной в рамках Международного научного молодежного форума «Ломоносов-2021». Мероприятие проходило с 12 по 23 апреля 2021 г. в онлайн-формате. От АО «ВНИИХТ» на конференцию было представлено два доклада на секцию «Химия» в подсекции «Радиохимия и радиоэкология». С докладом «Жидкостная дезактивация фрагментов радиохимического оборудования с электрохимической интенсификацией» выступил Будин О.Н., научный сотрудник лаборатории «Методы обращения с ОЯТ и РАО» отделения «Химические технологии замкнутого ядерного топливного цикла». (Авторы работы: Будин О.Н., Кузнецов И.В., Каленова М.Ю., Сапрыкин Р.В., Мельникова И.М., Щепин А.С.). Мельникова И.М., младший научный сотрудник лаборатории «Высокотемпературной химии и электрохимии» того же отделения представила доклад «Влияние отжига на гидролитическую устойчивость минералоподобных матриц на основе Nd_2ZrTiO_7 и $Nd_4Ti_9O_{24}$ + TiO_2». (Авторы работы: Мельникова И.М., Каленова М.Ю., Кузнецов И.В., Щепин А.С., Будин О.Н., Сапрыкин Р.В., Альжев Н.И.).

– В Молодежной научно-практической конференции АО «ВНИИНМ» «Материалы и технологии в атомной энергетике». Мероприятие проходило с 23 по 24 июня 2021 г. в онлайн-формате. От АО «ВНИИХТ» на конференцию был представлен один доклад на секцию: «Металлургия, аддитивные технологии, сверхпроводниковые материалы и материалы для термоядерных реакторов» и два доклада на секцию «Обращение с ОЯТ и РАО в ЗЯТЦ, вывод из эксплуатации ЯРОО и специальная химия». С докладом «Исследования влияния параметров низкотемпературного получения порошков тугоплавких металлов (W, Mo, Re) и их свойства» выступила Силюк Н.П., ведущий инженер лаборатории металлургических процессов. Научный сотрудник испытательной лаборатории радиационного контроля Савельев А.А. представил доклад «Исследование стадий кинетики сорбции америция-241 для определения

оптимальных характеристик экстракционного аппарата с использованием твердофазного экстрагента на основе ТОГДА». (Авторы работы Савельев А.А., Клочкова Н.В.). Старший научный сотрудник лаборатории переработки техногенного сырья Величкина Н.С. представила доклад «Извлечение ценных компонентов из монацитсодержащих отходов» (Авторы работы: Величкина Н.С., Кольцов В.Ю., Юдина Т.Б., Власова Т.В., Звонарева М.Е.).

– В XVI открытой научно-технической конференции АО «ЧМЗ» (29-30 июля 2021 г., Глазов). Специалисты АО «ВНИИХТ представили проекты развития технологических процессов на производстве и создания новых продуктов, востребованных на промышленном рынке. В направлении «На шаг впереди», где участники представляли инновационные идеи по совершенствованию технологий производства, выступил начальник лаборатории чистых металлов и функциональных материалов Коцарь М.Л. с докладом «Сплавы системы Ti-Hf-Ni с высокотемпературным эффектом памяти формы. Получение, деформационная обработка, микроструктура, фазовый состав, свойства». (Авторы работы: Коцарь М.Л., Аликберов З.М., Юсупов В.С., Карелин Р.Д., Коллеров М.Ю. и др.). Кроме этого, Коцарь М.Л. в соавторстве с ведущим научным сотрудником Лавриковым С.А. в секции «Ответственность за результат» представили доклад «Разработка автоматизированной системы управления процессом дистилляции кальция на базе блока из 4-х печей Ш-1». (Авторы работы: Коцарь М.Л., Лавриков С.А., Лапидус А.О., Таланов А.А. и др.). В этой же секции выступил ведущий инженер лаборатории чистых металлов и функциональных материалов Лапиндус А.О. с проектом по теме «Совершенствование процесса иодидного рафинирования циркония с автоматизированным управлением в цехе 60 АО «ЧМЗ» (Авторы работы: Коцарь М.Л., Лавриков С.А., Лапидус А.О., Антонов А.В., Яговкин Н.А., Чернышев А.А.).

– В международной научной конференции «Современная Химическая физика – на стыке физики, химии и биологии», посвященной 125-летию со дня рождения Н.Н. Семенова, 90-летию ФИЦ ХФ РАН, 65-летию

ИПХФ РАН (29 ноября – 3 декабря 2021 г., Черноголовка). От АО «ВНИИХТ» на конференцию был представлен один доклад на секцию «Химическая физика в науках о материалах». С докладом «О технических применениях сегнетоэлектрических полимеров» выступил Кочервинский В.В., главный научный сотрудник лаборатории полимерных композиционных материалов.

– Представители АО «ВНИИХТ» приняли участие (без доклада) в XIII Петряновских и IV Фуксовских чтениях, конференция состоялась в октябре 2021 г. в Национальном исследовательском Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского.

– В VI Всероссийском симпозиуме «Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии» (26 сентября -2 октября 2021 г., г. Краснодар). Участники Каленова М.Ю., Кузнецов И.В. (без доклада).

– В IV Международной научно-практической конференции «Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение»; ФГБОУ ВО «ТГТУ» (6 – 8 октября 2021 г., Тамбов) В рамках тематических сессий выступила ученый секретарь АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ» Нескоромная Е.А. с темой «Влияние режимных параметров синтеза на эксплуатационные свойства композиционного сорбционного материала на основе модифицированного оксида графена». Представленная работа выполнена в соавторстве с коллективом кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВО «ТГТУ».

– В отраслевой научно-технической конференции «Замыкание топливного цикла ядерной энергетики на базе реакторов на быстрых нейтронах 2021» (28-29 октября 2021 г., г. Сочи.). АО «ВНИИХТ» представил один доклад на секцию «Технологии переработки ОЯТ». С докладом «Радиационная устойчивость магнийфосфатной матрицы для иммобилизации углерода-14» выступила Каленова М.Ю., начальник отделения химические технологии замкнутого ядерного топливного цикла.

– В работе V-го Конгресса с международным участием и научно-технической конференцией молодых ученых «Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований» (23-26 ноября 2021 г., Екатеринбург). Без доклада.

– В международном симпозиуме «Нанофизика и наноматериалы» (24-25 ноября 2021 г., Санкт-Петербург) Без доклада.

– В 13-й международной конференции «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технологии». Стендовый доклад «Получение нанокомпозиционного материала на основе оксида графена и карбоксиметилцеллюлозы для сорбционного извлечения тяжелых металлов из водных сред» представила Нескоромная Е.А., ученый секретарь АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ». (Авторы работы: Нескоромная Е.А., Бабкин А.В., Мкртчан Э.С., Меметова А.Е., Кузнецова Т.С., Пасько Т.В. и др.).

– В научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» (9-10 декабря 2021 г., АО «Гиредмет», г. Москва). От АО «ВНИИХТ» был представлен один доклад на секцию: «Технологии переработки природного и техногенного минерального сырья на основе редких металлов». С докладом «Комплексная переработка отходов производства постоянных магнитов Nd-Fe-B» выступила Величкина Н.С., старший научный сотрудник лаборатории переработки техногенного сырья. (Авторы работы: Величкина Н.С., Калашников А.В., Звонарева М.Е.).

– Во Всероссийской конференции с международным участием «Физикохимические проблемы адсорбции, структуры и химии поверхности нанопористых материалов», посвященной 120-летию со дня рождения М.М. Дубинина (18 - 22 октября 2021 г., г. Москва, Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН). В работе конференции приняла участие Нескоромная Е.А., ученый секретарь АО «Гиредмет» и АО «ВНИИХТ» с докладом на тему «Композиционные аэрогели на основе восстановленного оксида графена для адсорбционного хранения и

транспортировки метана». Представленная работа выполнена в соавторстве с сотрудниками Инжинирингового центра «Новые материалы и технологии гражданского и двойного назначения» и кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВО «ТГТУ».