



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ



**ГОДОВОЙ
НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ
2022**

Акционерное общество
«Государственный научно-исследовательский и проектный институт
редкометаллической промышленности «Гиредмет» имени Н.П. Сажина
(АО «Гиредмет» имени Н.П. Сажина)

ГОДОВОЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ ГИРЕДМЕТ - 2022

Под редакцией К.В. Ивановских, Е.А. Нескоромной

Москва 2023

УДК 001.89: 66

ГРНТИ 61; 53.37.35; 53, 41; 29.19.31

ББК 35

Код ОКНТИ В.10.4.; В.11.3.; В.11.5., В.11.2.2

Научный годовой отчет АО «Гиредмет» имени Н.П. Сажина (отчет об основных научно-исследовательских работах, выполненных в 2022 г.) / под общей ред. к.ф.-м.н. Ивановских К.В. и к.т.н. Нескоромной Е.А. — Москва: АО «Гиредмет» имени Н.П. Сажина, 2023. — 223 с.

Отчет содержит краткую ретроспективу научно-исследовательской деятельности АО «Гиредмет», исторический очерк о выдающихся ученых, работавших в институте, а также сведения по основным направлениям деятельности лабораторий в 2022 году и перспективам их развития, среди которых: получение высокочистых редких металлов, материалов для оптики и фотоники, технологии получения веществ особой чистоты; технологии разделения редкоземельных металлов, технологии получения рассеянных элементов, полупроводниковых соединений АЗВ5 и А2В6, материалов накопителей и преобразователей энергии и др. В отчете отражены научные показатели развития института, включающие в себя структуру и кадровый потенциал института, наукометрию, взаимодействие с ВУЗами и институтами, сотрудничество с научными организациями и др.

Отчет предназначен для сотрудников научно-исследовательских организаций, предприятий атомной промышленности и студентов профильных специальностей.

Над выпуском отчета работали: к.ф.-м.н. Ивановских К.В. (зам. директора по науке и инновациям), к.т.н. Нескоромная Е.А. (ученый секретарь), к.т.н. Едренникова Е.Е. (научный консультант).

Утвержден объединенным научно-техническим советом Акционерного общества «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности» «Гиредмет» имени Н.П. Сажина

АО «Гиредмет» имени Н.П. Сажина, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ДИРЕКТОРА	4
СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ И ОРИЕНТИРЫ АО «ГИРЕДМЕТ» ИМЕНИ Н.П. САЖИНА	5
ОБ ИНСТИТУТЕ	12
<i>Деятельность института как научной организации</i>	12
<i>«Гиредмет – наш дом, а лаборатория – наша семья»</i>	20
<i>Основные направления научных исследований и роль института в российском научном сообществе</i>	35
<i>Структура блока по науке и инновациям</i>	36
<i>Кадровый потенциал института</i>	46
РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОСНОВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ	52
<i>Лаборатория технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов – отделение редких и редкоземельных металлов</i>	52
<i>Лаборатория технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов – отделение особо чистых веществ и монокристаллов</i>	59
<i>Лаборатория высокочистых галогенидных материалов для оптики - отделение особо чистых веществ и монокристаллов</i>	70
<i>Лаборатория технологии получения веществ особой чистоты – отделение особо чистых веществ и монокристаллов</i>	77
<i>Лаборатория технологии разделения редкоземельных металлов и соединений – отделение особо чистых веществ и монокристаллов</i>	89
<i>Лаборатория технологии получения рассеянных элементов – отделение особо чистых веществ и монокристаллов</i>	96
<i>Лаборатория высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 – отделение полупроводниковых соединений</i>	103
<i>Лаборатория полупроводниковых соединений А2В6 – отделение полупроводниковых соединений</i>	111
<i>Лаборатория низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 – отделение полупроводниковых соединений</i>	116
<i>Отделение материалов накопителей и преобразователей энергии</i>	123
<i>Испытательный аналитико-сертификационный центр</i>	129
<i>Цех производства тугоплавких металлов</i>	137
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИОРИТЕТОВ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	142

<i>Развитие высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ»</i>	144
<i>Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по современным технологиям в рамках реализации инновационных проектов</i>	147
<i>Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса</i>	148
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММ И ПРОЕКТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОРПОРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»	149
<i>Единый отраслевой тематический план Государственной корпорации по атомной энергии «РОСАТОМ»</i>	149
ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ПРОЕКТЫ ПРОГРАММЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОРПОРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»	155
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАБОТЫ ПО ОСНОВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	169
<i>Прикладные исследования</i>	170
<i>Инвестиционные мероприятия</i>	171
ВНЕДРЕНИЕ СОЗДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В 2022 ГОДУ	174
<i>Правовая охрана созданных в 2022 году результатов научно-технической деятельности</i>	174
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ИНСТИТУТА	178
<i>Научно-технический совет АО «Гиредмет»</i>	178
<i>Статистические показатели научного развития института</i>	186
<i>Перечень полученных премий и наград</i>	189
<i>Издательская деятельность института</i>	191
<i>Научно-технические мероприятия</i>	192
<i>II Международная научно-практическая конференция «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» (РЕДМЕТ-2022)</i>	203
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ЗАМЕСТИТЕЛЯ ДИРЕКТОРА ПО НАУКЕ И ИННОВАЦИЯМ	208

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ДИРЕКТОРА

«Имя созданного в 1931 году института неразрывно связано с зарождением и становлением отечественной атомной отрасли. В сложнейшие для нашей страны времена Гиредмет внес определяющий вклад в создание технологий получения редкоземельных металлов и обеспечения ими промышленности.

История института сложена из судеб сотен людей – руководителей, инженеров, технологов, и, конечно, выдающихся деятелей науки, таких как Н.П. Сажин, В.И. Спицин, З.Г. Ершова, Б.А. Сахаров, А.В. Елютин, В.Б. Освенский, М.Г. Мильвидский, Л.А. Нисельсон, Ю.А. Карпов и многих других. Благодаря их знаниям, навыкам и труду Гиредмет по праву стал флагманом отечественного материаловедения.

Гиредмет продолжает развиваться. Приумножая свои научные достижения, сочетая научные исследования с прикладными работами, содействует наращиванию научно-технологического потенциала страны. Разработки института используются на десятках российских и зарубежных предприятий атомной энергетики, микроэлектроники, приборостроения, авиа- и ракетостроения, в области добычи и переработки минерального сырья.

Убежден, что накопленный поколениями работников опыт и богатые трудовые традиции, передовая научная школа, уникальные технологии и оборудование позволят добиваться высоких достижений и новых побед!»

Андрей Иванович Голиней

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ И ОРИЕНТИРЫ АО «ГИРЕДМЕТ» ИМЕНИ Н.П. САЖИНА

*Заместитель директора по науке и инновациям
АО «Гиредмет» – к.ф.-м.н. К.В. Ивановских*

Конкурентоспособность и устойчивость любой экономики определяется, прежде всего, развитием науки и высокотехнологичных отраслей промышленности — атомной, авиационной, космической, электронной, оптической, приборостроительной, машиностроительной, химической и т.п. Научно-технологические инновации являются основой для обеспечения конкурентоспособности экономики России на глобальном мировом рынке, а также для обеспечения безопасности страны. Исходя из этого, стратегически важным является создание всех условий для их интенсивного развития, и важнейшую роль здесь играют редкие металлы (РМ), которые нередко называют «витаминами промышленности». Мировые объемы производства, спектр продукции, уровень и состояние технологии редких металлов находятся в постоянном развитии, несмотря на высокую чувствительность соответствующего рынка к различным геополитическим процессам. Одним из основных результатов постоянного расширения сфер применения РМ является развитие электроники, постоянный прогресс телекоммуникационных технологий, повышение мобильности людей и машин, широкое внедрение систем искусственного интеллекта в промышленности и быту, повышение энергоэффективности, экономия природных ресурсов, материалов, развитие новых направлений в медицине и многое другое. Отдельно следует отметить роль материалов на основе РМ в развитии современной фундаментальной и прикладной науки.



*К.В. Ивановских
к.ф.-м.н., заместитель директора
по науке и инновациям*

Согласно общепринятой научной и промышленной классификации, РМ включают в себя около 60 элементов, разделенных на пять условных групп, классифицируемых в зависимости от их фундаментальных физико-химических свойств, способов их добычи и выделения из сырья: легкие, рассеянные, тугоплавкие, редкоземельные (РЗМ) и радиоактивные (Таблица 1.).

Таблица 1.

Группы редких металлов.

Группа редких металлов	Элементы	Группа периодической системы
Легкие	Литий, бериллий, рубидий, цезий	II
Тугоплавкие	Титан, цирконий, гафний	IV
	Ванадий, ниобий, тантал	V
	Молибден, вольфрам	VI
Рассеянные	Галлий, индий, таллий	III
	Германий	IV
	Селен, теллур	VI
	Рений	VII
Редкоземельные	Скандий, иттрий, лантан и лантаниды от церия до лютеция	III
Радиоактивные	Франций	I
	Радий	II
	Актиний, торий, протактиний, уран, плутоний и др. трансурановые элементы	VI
	Полоний, технеций	VII

За исключением радиоактивных элементов, в современные научные и производственные области деятельности АО «Гиредмет» вовлечены практически все перечисленные выше элементы. Являясь ведущим в стране научно-исследовательским и научно-производственным учреждением в области редких металлов, институт Гиредмет активно ведет работу в области разработки и промышленного внедрения технологий переработки минерального сырья, содержащего РМ и РЗМ, получения широкого спектра высокочистых металлов, сплавов и соединений, полупроводниковых и оптических материалов, материалов радиационной и ИК фотоники, материалов электрохимических накопителей и преобразователей энергии, и других материалов для высокотехнологических отраслей промышленности.

В настоящее время и в ближайшие десятилетия сохраняется и будет сохраняться устойчивый рост потребления и производства РМ. Объемы производства и потребления РМ в большинстве промышленно развитых стран мира являются показателями экономического и технологического развития, а также национальной безопасности. Качественный и количественный объем потребления РМ в мире с каждым годом только увеличивается, растут объемы добычи и переработки природного и техногенного редкометаллического сырья. В то же время наблюдается ограниченность редкометаллических ресурсов, что порождает скрытую и открытую борьбу за них, острую конкуренцию на мировом рынке.

Сегодня АО «Гиредмет» развивает основные научные и научно-производственные ресурсы в области технологий редких металлов, высокочистых, полупроводниковых и оптических материалов на их основе для потребителей российской промышленности, а также с целью укрепления роли и обеспечения приоритета России на мировом рынке высоких технологий.

Для усиления роли АО «Гиредмет» в развитии отечественной наукоёмкой промышленности, инициирования новых, прорывных разработок, сохранения и дальнейшего развития творческого потенциала специалистов и научных школ, в долгосрочной стратегии развития АО «Гиредмет» определены и сформулированы следующие **приоритетные направления**:

1) Полупроводниковые материалы

- Технологии роста монокристаллов A_3B_5 ,
- Технологии роста монокристаллов A_2B_6 ,
- Технологии получения особо чистого кристаллического германия детекторного качества,
- Технология выращивания широкозонных кристаллов Ga_2O_3 для силовой электроники,
- Технологии получения фоточувствительных структур $CdHgTe$ и создание матричных ИК фотоприемников на их основе,

– Технологии получения полированных пластин полупроводниковых соединений АЗВ5 класса «epi-ready»,

2) Оптические материалы и материалы для фотоники

– Технологии получения монокристаллических сцинтилляторов на основе неорганических материалов с РМ и РЗМ,

– Технологии изготовления матричных гамма- и рентгеновских детекторов для ядерной медицины,

– Технологии изготовления материалов и элементов ИК оптики и фотоники на основе галогенидов серебра и таллия,

– Технологии получения оптики ИК диапазона на основе кристаллов галогенидов таллия с градиентом показателя преломления.

– Технологии прецизионной обработки оптических изделий.

3) Особо чистые РМ и РЗМ, их соединения

– Технологии получения соединений РМ и РЗМ высокой чистоты,

– Технологии сложных химических соединений для ВТСП,

– Технологии получения монокристаллических оксидов РЗМ,

– Технологии дистилляции и ректификации Li,

– Разделение и аффинирование драгоценных металлов из их концентратов

5) Технологии рассеянных элементов

– Технологии получения и производство высокочистого индия, галлия

– Технологии зонной очистки

– Технологии получения монокристаллов особо чистого германия

– Технологии получения высокочистых оксидов рассеянных элементов

6) Гидрометаллургические технологии переработки редкометаллического сырья, разделения и извлечения РМ, РЗМ и драгоценных металлов

– Технологии выщелачивания РМ и РЗМ из минерального сырья,

- Технологии экстракционного разделения концентратов РЗМ,
- Технологии сорбционного извлечения РМ, РЗМ и драгоценных металлов.

7) Технологии получения редких и редкоземельных металлов, сплавов и порошков на их основе

- Технологии сферических порошков тугоплавких металлов,
- Технологии порошков на основе РМ и РЗМ,
- Технологии сплавов и лигатур на основе РМ и РЗМ,
- Технологии получения индивидуальных РМ и РЗМ высокой чистоты.

8) Материалы и технологии 4-го энергетического перехода

- Электрохимические генераторы электроэнергии и тепла на твердооксидных и протонно-керамических топливных элементах
- Электрохимические генераторы высокочистого водорода
- Твердооксидные и протонно-керамические электрохимические насосы и датчики
- Технологии термоэлектрических материалов и генераторных устройств на их основе.
- Технологии изготовления электродных (катодных и анодных) материалов, электролита и аккумуляторов
- Разработка и конструирование аккумуляторных элементов
- Пост-литий-ионные технологии электрохимического хранения энергии

9) Химическая аналитика, испытания и сертификация минерального сырья, металлов и материалов

- Анализ элементного и изотопного состава,
- Фазовый (структурный) анализ,
- Анализ химического состава ОСЧ веществ,
- Анализ гранулометрического состава дисперсных материалов,

- Минералого-петрографический анализ минерального сырья,
- Разработка и аттестация методики измерения и стандартных образцов химического состава,

10) Разработка и конструирование оборудования, проектирование производственных участков, автоматизация и цифровизация

- Проектирование и создание мало- и среднемасштабных установок для производства металлических порошков, получения особо чистых РМ и их соединений, выращивания монокристаллов, опытных и промышленных установок переработки минерального сырья и др.
- Автоматизация экспериментальных и исследовательских установок, цифровизация и моделирование технологических процессов,
- Авторский надзор и модернизация установок, ранее разработанных в АО «Гиредмет».

Кроме того, АО «Гиредмет» продолжит выполнять и развивать свои функции ведущего и координирующего центра в области разработки материалов электронной, атомной, авиационной, космической и оборонной промышленности. В этой работе, представители АО «Гиредмет» участвуют в работе различных отраслевых и правительственных совещательных органах.

Также АО «Гиредмет» активно выстраивает долгосрочные программы сотрудничества с различными научными организациями и ведущими ВУЗами страны, такими как НИЦ «Курчатовский институт», ФГУП «ЭЗАН», ГНЦ РФ ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», Институт ядерной физики им. Будкера СО РАН, АО «ЦНИИ Электрон», АО «НИИП», ООО «Иоффе ЛЕД», АО «НПО Орион», ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС», ФГАО ВПО Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, ФТИ им. Иоффе, ФГАО УВО Московский физико-технический институт (государственный университет), ФГБУН Институт физики полупроводников СО РАН и т.д.

В 2022 году в связи с введением международных санкций в адрес Российской Федерации существенно изменился вектор потенциальной и фактической внешнеэкономической деятельности института. Так практически невозможным стала реализация поставочных договоров (особо чистые материалы) в адрес контрагентов из США и Европы. В этой связи были предприняты попытки по диверсификации международных связей с их переориентацией на заказчиков из Индии, Китая, Узбекистана, стран Ближнего Востока и т.п. Ожидается, что практическая реализация проектов с некоторыми заказчиками из этих стран начнётся уже в 2023 году.

Труд ученого — достояние всего человечества, и наука является областью наибольшего бескорыстия.

М. Горький

ОБ ИНСТИТУТЕ

Деятельность института, как научной организации

В последние годы наука постепенно выходит в ранг национальных приоритетов России. Для её поддержки и развития был создан отдельный национальный проект «Наука», рассчитанный на 2019–2024 годы. Основная цель проекта заключается во вхождении России в пятерку мировых научных лидеров по приоритетным направлениям, уменьшении оттока ученых за границу и повышении привлекательности работы в России для иностранных ученых. В целях дальнейшего развития науки и технологий в нашей стране Президент Российской Федерации Владимир Путин подписал Указ о проведении в 2021 году в России Года науки и технологий.

Задачи программы состоят в привлечении талантливой молодежи в сферу науки и технологий, повышении вовлеченности профессионального сообщества в реализацию Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, а также формированию у нашего населения четкого представления о ключевых инициативах, реализуемых сегодня государством и бизнесом в области развития науки и технологий.

«Укрепление научного потенциала России – это долгосрочная и системная работа. Идет развитие исследовательской инфраструктуры, создаются научные центры, разработана система поддержки молодых талантов и привлечение к научным проектам наших соотечественников. Время показало, что такие шаги были правильными и своевременными», –

подчеркнул Владимир Путин на заседании Совета по науке и образованию при Президенте РФ¹.

В целях усиления роли науки и технологий в решении важнейших задач развития общества и страны, а также учитывая результаты, достигнутые в ходе проведения в 2021 году в Российской Федерации Года науки и технологий, Президентом РФ были объявлены 2022–2031 годы в Российской Федерации Десятилетием науки и технологий. Основные цели этой программы заключаются в привлечении талантливой молодежи в сферу исследований и разработок, содействии вовлечению исследователей и разработчиков в решение важнейших задач развития общества и страны, повышении доступности информации о достижениях и перспективах российской науки для граждан РФ. Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, совместно с оператором проведения Десятилетия науки и технологий утвержден план, который включает в себя укрупненный перечень мер, направленных на достижение позитивного социально-экономического эффекта в важнейших областях развития личности, общества и государства. В план включено 18 перспективных инициатив и проектов, сформированных на основании 2935 предложений, которые были представлены заинтересованными организациями (в том числе фондом поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности, научными и образовательными организациями, государственными корпорациями, органами местного самоуправления и др.).

Стоит вспомнить, что в СССР ученая степень и/или звание были не только квалификационными требованиями, предъявляемыми к потенциальным соискателям научных должностей, но и важным признаком высокого социального статуса, обеспечивающего достойное положение его обладателя в обществе.

¹ 2021 год объявлен в России Годом науки и технологий // Минобрнауки URL: <https://www.minobrnauki.gov.ru/god-nauki>

Сегодня, к сожалению, для современного поколения статус ученого не является столь же престижным, как это было ранее. Одним из факторов формирования стереотипных представлений об ученых, о характере их работы и науке в целом может выступать, с одной стороны, СМИ и кинематограф, а с другой – образ социально невостребованного ученого, который мог укорениться в общественном мнении в результате значительного снижения финансирования науки в 1990-е годы, и последующего катастрофического падения престижа научной деятельности и оттока кадров². Данные Росстата показывают динамику падения численности персонала, занятого научными исследованиями и разработками по Российской Федерации. В таблице (Таблица 2.) представлены статистические данные за период с 2000 по 2021 год.

Таблица 2.
Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, по категориям по Российской Федерации.

	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Численность персонала (человек)	813207	736540	738857	722291	707887	682580	682464	679333	662702
Исследователи	391121	368915	379411	370379	359793	347854	348221	346497	340142
Техники	65982	59276	62805	60441	59690	57722	58681	59557	60474
Вспомогательный персонал	215555	183713	174056	171915	170347	160591	160864	158298	152066
Прочий персонал	140549	124636	122585	119556	118057	116413	114698	114981	110020

Источник: составлено автором по данным Росстата

На сегодняшний день выбор научной карьеры многим россиянам кажется не самым удачным решением. Как показали результаты одного из проводимых опросов, около трети опрошенных были бы рады, если бы их дети связали свою жизнь с профессией ученого. Практически столько же не обрадовались бы такому выбору ребенка. Для сравнения, в Китае, США и Израиле поддержали бы выбор своих детей строить научную карьеру 36, 80 и 77% родителей соответственно³.

^{2,3} Карьера ученого мало привлекает россиян // ВШЭ URL: <https://iq.hse.ru/news/177665330.html>

В одном из выступлений академика Садовниченко В.А. (ректора МГУ им. М.В. Ломоносова) были представлены данные о значительном сокращении количества молодых исследователей в возрасте до 30 лет в России. Так, в 2010 году их было 71 000 (в т.ч. 4350 – с ученой степенью), а в 2021 году их стало 53 000 (в т.ч. с ученой степенью 1750). В своем докладе ректор также опирался на данные Росстата (Форма 2-Наука).

Сложившееся на сегодняшний день негативное мнение возможно изменить путем популяризации науки и ее результатов в обществе. Необходимо сделать информацию о примерах успешной карьеры ученых, об их жизни и выдающихся достижениях общедоступной. В этом случае перспектива развития научной карьеры станет более привлекательной в глазах молодежи, а они сами будут сильнее вовлечены в научно-популярную культуру в целом.

В рамках реализации программы 10-летия науки и технологий, сотрудниками АО «Гиредмет» совместно с АО «ВНИИХТ» и АО «НИИГрафит» (Химико-технологического кластера) научного дивизиона Госкорпорации «Росатом», была поставлена цель сохранить историю становления и развития институтов, увековечить их роль и значение в мировом развитии науки. Был совместно разработан план по сохранению и увековечиванию истории институтов, ученых, стоявших у истоков и внесших значительный вклад в становление и развитие ХТК.

Для достижения поставленной цели были проведены комплексные работы по увековечиванию имен выдающихся российских ученых, чьи работы перекликаются с направлениями деятельности АО «Гиредмет»; выполнена реконструкция, открытие и организация постоянной работы музейного комплекса ХТК; организована и успешно проведена Международная научно-практическая конференция «РЕДМЕТ-2022» на базе АО «Гиредмет», посвященная памяти академика Н.П. Сажина.

Руководство института вышло с инициативой увековечивания памяти выдающегося деятеля и присвоении АО «Гиредмет» имени ученого, внесшего

значительный вклад в развитие отечественной науки, а также, воспитание у молодого поколения ученых уважения к истории и традициям атомной отрасли. Для реализации этой задачи была проведена комплексная работа, включающая мероприятия по изучению деятельности выдающихся ученых института, поиску и обработке документальных источников, а также работе по установлению взаимосвязи с родственниками ученых, знакомыми, учениками и единомышленниками. На основании всей полученной и обработанной информации было решено присвоить АО «Гиредмет» имя академика Николая Петровича Сажина. Была проделана огромная работа по реализации данной идеи, включая её юридическую сторону. Сплоченная командная работа сотрудников института позволила уже в сентябре 2022 года решить первую поставленную задачу – был подписан приказ АО «Наука и инновации» о Присвоении имени Сажина Н.П. Акционерному обществу «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет».



Рис. 1. Торжественное открытие музея ХТК

На основании полученного массива исторических данных был возрожден музей ХТК, экспозиция которого отражает основные вехи в истории создания и становления институтов. Была проведена комплексная работа по реконструкции помещения, возрождению и восстановлению исторической экспозиции музея, а также формированию новых актуальных экспонатов. В качестве почетных гостей в торжественной церемонии открытия

музея приняли участие дети первого директора Научно-исследовательского института конструкционных материалов на основе графита им. С.Е. Вяткина (входит в состав ХТК) – Ольга и Семен Вяткины. Они перерезали символическую красную ленту, тем самым открыв двери музея для посетителей.

«Это очень важно для будущих поколений, что в институте так трепетно и бережно относятся к истории, сохраняют документы и экспонаты. Я очень рад, что память об отце сохраняется и передается новым сотрудникам института и атомной отрасли. Ведь институт был его жизнью, он много сил и энергии отдал для его успешного развития. Надеюсь, его опыт и достижения, представленные в музее, послужат добрым примером и вдохновением для многих людей» – выразил слова благодарности Семен Семенович Вяткин.

Сегодня работа музейного комплекса направлена на активную экспозиционно-выставочную и просветительскую деятельность, что является одной из основных задач сохранения атомного наследия музеев Госкорпорации «Росатом». Восстановленный музей является стратегически важным элементом, способствующим научному развитию работников отрасли и дополнительному приобщению студентов и школьников к науке, в том числе через историю институтов. Музей хранит социальную память и через нее передает опыт поколений.

Благодаря созданной информационной кампании сотрудниками института удалось организовать программу «Экскурсии по институтам» и привлечь сторонних сотрудников НИИ, студентов и школьников, желающих глубже узнать историю института, стать частью коллектива.

Слушатели развивающей программы знакомятся с историей институтов, продукцией, которая была и планируется к запуску, деятельностью великих ученых институтов, а также руководителями, которые внесли значительный вклад в становление институтов.



Рис. 2. Музейный комплекс ХТК

Участие в данной программе позволяет студентам и сотрудникам не только стать профессионально ориентированными в работе, но и способствует личностному росту и развитию. Также реализация программы «Экскурсии по институтам» положительно сказывается на жизни институтов, позволяя позиционировать АО «НИИГрафит», АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ» как научные организации с многолетней историей и большими перспективами дальнейшего развития.

Инновационным инструментом для продвижения экскурсионных маршрутов стали лаборатории институтов и выпускаемая на территории предприятий продукция.



Музей ХТК – это многофункциональный центр социальной информации, предназначенный для сохранения культурно-исторических и естественнонаучных ценностей, накопления и распространения информации посредством музейных предметов. Документируя важнейшие вехи развития

институтов ХТК, музей активно работает в научных, образовательно-воспитательных и пропагандистских целях.



Рис 3. Посетители музейного комплекса ХТК. Школьники из Якутии

Работа музея имеет вполне определенные количественные критерии оценки, за время его работы проведено более 100 технических туров и экскурсий для более чем 800 участников. Среди посетителей музея были школьники, студенты и преподаватели (ВУЗы, средние специальные и средние учебные заведения), сотрудники организаций Росатома, участники Международной конференции РЕДМЕТ-2022 (более 250 человек).

Большинство посетителей делились информацией о музейной экскурсии на своих страницах в социальных сетях и на страницах городских сообществ. Таким образом, посредством создания и постоянной работы Музейного комплекса ХТК, нам удалось реализовать одну из важнейших задач – популяризация науки среди молодежи.

Стоит отметить, что на основании полученных исторических данных о жизни и профессиональных достижениях Н.П. Сажина к 90-летию АО «Гиредмет», была подготовлена книга «Научные труды академика Н.П. Сажина «Гиредмет вчера, сегодня, завтра!», в которой представлена подборка научных трудов и рукописей ученого. Книга находится в открытом доступе на официальном сайте института.

Сотрудниками института в рамках II Международной конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» (РЕДМЕТ-2022) был возобновлен цикл регулярных научных семинаров «Сажинские чтения», проводившихся в «Гиредмет» с 1970 г. Инициативу проведения конференции поддержали на заседании президиума РАН (от 19 июля 2022 года), на котором был заслушан доклад директора института – А.И. Голинея об истории АО «Гиредмет» и перспективах дальнейшего научного развития. Конференция была проведена с 23 по 25 ноября 2022 года. В ней приняли участие около 250-ти человек из 93 организаций, из которых 30 – иностранные представители из Японии, Китая, Венесуэлы, Индии, Таджикистана, Казахстана, Кыргызстана и др. (подробная информация о конференции представлена ниже).

Таким образом, мероприятия, проводимые под инициативой руководства института, способствуют увековечиванию памяти выдающихся ученых и воспитанию у молодого поколения уважения к истории и традициям атомной отрасли, стимулирования интереса молодежи к исследовательской деятельности и научной карьере.

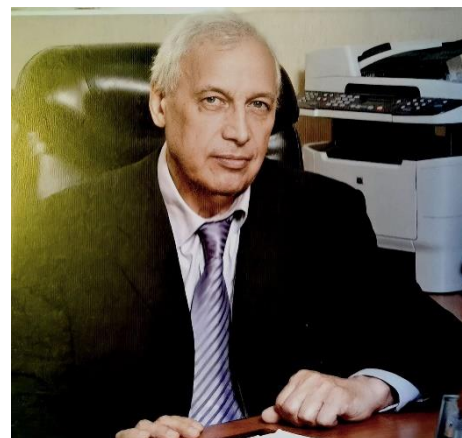
«Гиредмет – наш дом, а лаборатория – наша семья»

В рамках реализации программы 10-летия науки и технологий, командой ХТК научного дивизиона Госкорпорации «Росатом» отмечен значительный вклад ведущих учёных института Гиредмет, которые своим самоотверженным трудом, ярким талантом создали значимые направления

развития отечественной редкометаллической промышленности, и на которых сегодня во многом базируется современное развитие института.

Карцев Валентин Ефимович (1942 г.р.), кандидат технических наук, эксперт, является ведущим специалистом в области, материаловедения, металлургии и химической технологии редких и редкоземельных металлов, является экспертом в экспертных советах Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Государственной корпорации по атомной энергии «РОСАТОМ», Российской академии наук по тематике производства редких и редкоземельных металлов.

Карцев В. Е. в качестве руководителя и ответственного исполнителя принимал активное участие в разработке теоретических основ и технологий процессов электрохимического получения редких, редкоземельных и драгоценных металлов, в том числе ультравысокой чистоты. При непосредственном участии Карцева Валентина Ефимовича внедрены промышленные



*Карцев
Валентин Ефимович*

технологии электрохимического получения тантала, ниобия, титана, ванадия, гафния, других металлов и их сплавов. Технология получения ниобия особой чистоты создала предпосылки для промышленного производства резонаторного ниобия с отношением электросопротивлений $RRR = R_{300K}/R_{4.2K} > 1500$ для изготовления ускоряющих структур на основе сверхпроводящих радиочастотных, по технологии особо чистого тантала получен металл с $R_{300K}/R_{4.2K} > 2000$, из которого изготовлена фольга толщиной 2 мкм и на ней впервые в мире воспроизведен эффект Мессбауэра, Внедрена технология производства изделий из редких тугоплавких металлов высокой чистоты в расплавленных электролитах, в частности для изделий,

работающих в режиме сверхпроводимости. Это позволило организовать выпуск редких тугоплавких металлов и изделий из них для новейших областей науки и технологий и изделий двойного назначения.

В качестве ответственного исполнителя принимал участие в разработке процессов получения и реализации в реальном секторе экономики технологий по производству порошков ниобия, тантала, циркония, гафния, титана, индивидуальных редких и редкоземельных металлов в том числе высокой чистоты. Под руководством Карцева В.Е. от имени АО «Гиредмет» были сформированы федеральные программы: «Создание авиационно-космических материалов и развитие специальной металлургии России с учетом восстановления производства стратегических материалов «Стратегические материалы» и малотоннажной химии» - ФЦП «Национальная технологическая база» на 2002–2006 годы (Постановление Правительства РФ от 08.11.2002 г №779), ФЦП «Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов» (Распоряжение Правительства РФ от 30.01.2013 N 91-р), развитие приоритетных высокотехнологичных областей «Технологии новых материалов и веществ», «Высокочистые редкие металлы для микроэлектроники и фотоники» и «Новые поколения микроэлектроники и создание электронной компонентной базы» (распоряжение Правительства РФ от 08.07.20219 №1484-р), ФЦП «Производство редких и редкоземельных металлов» (Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 №328), ФЦП «Новые материалы и технологии специальной металлургии»: «Стратегические материалы 2009-2015» и ФЦП «Стратегические материалы 2016-2025».

Под руководством В.Е. Карцева в рамках Госзаказа впервые в России организовано производство порошка редкого тугоплавкого металла для предприятий Госкорпорации «Росатом»: РФЯЦ - Всероссийский НИИ экспериментальной физики, ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» и АО «Чепецкий механический завод». Результаты защищены двумя патентами России и одним «ноу-хау».

Карцев В.Е. является соавтором более 60 печатных трудов и более 20 изобретений, более 60 работ на правах рукописи.

Валентин Ефимович являлся наставником многих молодых специалистов: студентов, аспирантов, кандидатов наук, студентов, многие из которых и по сей день работают в институте и успешно решают поставленные перед ними задачи. В его коллективе всегда были выстроены уважительные и доверительные отношения друг к другу, которые позволяли добиваться поставленных целей.

Многолетняя, успешная и безупречная работа Карцева В.Е. отмечена многочисленными благодарностями, почетными грамотами и золотыми медалями выставок, наградой Госкорпорации «Росатом». В числе наград – медаль «За доблестный труд» в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина (1970 г.) за доблестный труд в науке и технике, медаль «В Память 850-летия Москвы» (1998 г.), почетное звание «Изобретатель СССР» (1987 г.) за успешное внедрение изобретений, звание «Почетный металлург» (2001 г.) за достижения в области металлургии редких и драгоценных металлов, звание «Почетный работник науки и техники РФ» Минобрнауки России (2011 г.) за заслуги в области науки, нагрудный знак «Отличник социалистического соревнования» (1968, 1974), нагрудный знак «Победитель социалистического соревнования» (1983 г.), Нагрудный Знак «Академик И.В. Курчатов» 4-й степени Госкорпорации «Росатом» (2017 г.) за достижения в области металлургии редких и драгоценных металлов в атомной отрасли.

Почтарев Александр Николаевич (1945 г.р.), кандидат технических наук, главный научный сотрудник лаборатории технологий получения рассеянных металлов, общий стаж работы в АО «Гиредмет» более 50 лет, в том числе 12 лет в Госкорпорации «Росатом».

Область научных интересов и достижений – физическая химия и химические технологии получения редких и редкоземельных металлов, веществ высокой чистоты, веществ с нанокристаллической структурой,

технологии выделения редкоземельных, цветных и драгоценных металлов. Почтарев А.Н. имеет большой опыт работы на предприятиях цветной металлургии: создавал производства редких металлов на АО «ВДГМК», АО «ЗЧМ», АО «КГМК», АО «ИГМЗ», АО «СМЗ», АО «ИХМЗ», АО «УКТМК», АО «ЗТМК» и др.

Руководитель НИОКР двух направлений научной деятельности института: разработка и внедрение технологий конверсии отходов химико-металлургических предприятий, водоочистка, конверсия промышленных стоков; ведущий специалист в области химической технологии рассеянных металлов, в том числе высокой чистоты. Под его руководством разработан ряд технологий, обеспечивающих высокую степень экологической безопасности работы редкометаллических предприятий.

Под руководством А.Н. Почтарева осуществлено коренное техническое перевооружение лаборатории новым технологическим и исследовательским оборудованием и создание высокотехнологичного модуля исследований и разработок технологий рассеянных металлов на площадке АО «НИИГрафит».

За последние время под руководством А.Н. Почтарева выполнен цикл научно-исследовательских разработок, направленных на создание технологий получения галлия и индия высокой чистоты (6-7N) и химических соединений этих металлов, технологии извлечения рения из некондиционных сырьевых материалов, технологий получения комплексных оксидов - веществ на основе редких, РЗМ и цветных металлов, в частности разработаны научные основы технологии синтеза электродных материалов для перспективных видов аккумуляторов электроэнергии.

Соавтор 12 патентов на изобретения и «ноу-хау». Автор более чем 60 научных статей и тезисов докладов, участник многих конференций и симпозиумов международного уровня. Огромный опыт руководства и исполнения договоров, контрактов, соглашений, в том числе с государственными структурами – Министерством образования и науки

России, Министерством промышленности и торговли России, Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом») по науке и др.

А.Н. Почтарев выполняет научно-педагогическую работу со студентами старших курсов профильных кафедр Московского института тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова, Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, Московского института стали и сплавов и других ВУЗов Российской Федерации при выполнении дипломных, курсовых и выпускных квалификационных работ на основе проектов предприятий научного дивизиона Госкорпорации «Росатом» в рамках компетенций АО «Гиредмет» и обеспечивает участие студентов в мероприятиях по подготовке инженерных и научных кадров.

Д

е Профессиональная деятельность Денисова И.А. связана с разработкой технологий и организацией производства полупроводниковых материалов А2В6 и изделий из них, в частности, технологий кристаллов кадмий-цинк-теллур (КЦТ) методом вертикально направленной кристаллизации (ВНК), изготовления подложек КЦТ, выращивания гетероструктур с фоточувствительным слоем кадмий-ртуть-теллур (КРТ) методом жидкофазной эпитаксии. Кристаллы и подложки КЦТ, гетероструктуры КРТ являются стратегическими материалами и их производство выполняется в рамках Государственного оборонного заказа в области оснащения вооружений, военной и специальной техники тепловизионными системами и оптико-электронной аппаратурой ИК диапазона спектра.



*Денисов
Игорь Андреевич*

н Являясь руководителем производства перечисленных материалов и изделий, Денисов И.А. обеспечивает не только своевременное и качественное выполнение контрактных обязательств, но и прикладывает значительные

е

е

в

усилия по расширению масштабов производства, усовершенствованию используемых, разработке и освоению новых технологий, отвечающих современным и постоянно растущим требованиям к материалам для инфракрасной и тепловизионной техники.

За последние годы Денисову И.А. и возглавляемому им коллективу сотрудников удалось увеличить объемы производства кристаллов, подложек и гетероструктур более чем в 2 раза без привлечения дополнительных производственных мощностей. Одновременно с производством материалов по уже разработанным под научным руководством Денисова И.А. технологиям он является Главным конструктором ОКР «Базис», направленной на разработку технологии и освоение на производственной площадке АО «Гиредмет» серийного производства кристаллов и подложек КЦТ, удовлетворяющих требованиям производства гетероструктур КРТ по технологиям молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) и металлоорганического химического парофазного осаждения (МОСVD). Таким образом, круг организаций, заинтересованных в продукции АО «Гиредмет» значительно расширяется. Уже проработан и находится в стадии испытаний переход технологии ВНК КЦТ от самопроизвольного затравления кристаллов к выращиванию на монокристаллическую ориентированную затравку, что существенно увеличивает выход годной продукции и улучшает технико-экономические показатели технологии.

Еще одной заслугой и достижением Денисова И. А. является проведение инициированного и возглавляемого им проекта по разработке и освоению производства чипов матрицы фокальной плоскости на основе эпитаксиальных гетероструктур КРТ. Достижение целей проекта приводит не только к простому расширению ассортимента выпускаемой в АО «Гиредмет» продукции, но, в первую очередь, знаменует собой переход от «сырьевого» уровня разработок к производству составных частей приборов. На этом пути, на базе возглавляемой Денисовым И.А. лаборатории полупроводниковых соединений А2В6, созданы участки фотолитографии, нанесения различных

функциональных покрытий, контрольно-измерительный участок приборной направленности. Ведутся интенсивные работы по отработке технологических операций изготовления фотодиодных матриц на основе гетероструктур КРТ, выращенных методом жидкофазной эпитаксии (ЖФЭ) в АО «Гиредмет».

Денисов И.А. ставит перед собой и возглавляемым им коллективом амбициозные цели и планомерно продвигается по пути их достижения.

Многолетняя и безупречная работа Денисов И.А. отмечена благодарностями, дипломами и медалями выставок, медалью 850-летия Москвы, Знаком Отличия «За вклад в развитие атомной отрасли» 2-й степени, Нагрудным Знаком «Академик И.В. Курчатов» 4-й степени Госкорпорации «Росатом» (2019 г.) за достижения в области развития технологий полупроводниковых соединений А2В6 в атомной отрасли

Князев Станислав Николаевич (1954 г.р.), кандидат технических наук, начальник лаборатории высокотемпературных полупроводниковых соединений А3В5.

Трудовая биография Станислава Николаевича началась с поступления в институт «Гиредмет» в июле 1976, куда он пришел после окончания средней школы и службы в рядах Советской Армии. В институт его привело случайное знакомство с Пугачевым Борисом Владимировичем, с которым они вместе учились в институте МИСиС. Борис Владимирович рассказал об интересной работе, которой занимаются в Гиредмете, выращивая монокристаллы для изготовления полупроводниковых приборов. Не последнюю роль в выборе места работы сыграло увлечение со школьной скамьи радиотехникой. Князеву С.Н. посчастливилось попасть в лабораторию №22 отдела №3, которая занимались получением и исследованием полупроводниковых соединений всей группы А3В5. Руководил лабораторией видный ученый Михаил Григорьевич Мильвидский.



*Князев
Станислав Николаевич*

Изначально в течении года работал в должности лаборанта в группе Освенского Владимира Борисовича и занимался подготовкой к исследованию структурных образцов. Здесь Станислав Николаевич приобрел опыт работы с химическими веществами, с измерительной техникой, физическими методами измерения характеристик полупроводниковых материалов. Через год он перешел в группу Филиппова М.А. в той же лаборатории, которая занималась непосредственным выращиванием монокристаллов GaAs, работая под руководством инженеров Биберина В.И., Пугачева Б.В. и Григорьева Ю.А., которые были хорошими наставниками в научном и практическом деле. Освоив процесс выращивания монокристаллов GaAs методом Чохральского, Князев С.Н. участвовал в выполнении многочисленных научных тем, был направлен в командировку на промышленный завод в г. Светловодск (Украина) с целью выполнения работ по внедрению технологии выращивания монокристаллов GaAs легированных теллуром. Интересная и увлекательная работа под руководством грамотных и широкообразованных учителей обогатила Станислава Николаевича и задала вектор на всю будущую трудовую деятельность, как в стенах Гиредмета, так и на других предприятиях, где ему довелось работать.

После защиты диплома он был направлен на Опытный химико-металлургический завод (ОХМЗ) института «Гиредмет» для решения на тот момент важной народно-хозяйственной задачи, которая входила в группу «100». Перед ним стояла задача в кратчайшие сроки разработать технологию получения монокристаллов и пластин гадолиний-галлиевого граната, используемого для запоминающих устройств с большим объемом памяти, применяемых в системах наведения летающих объектов. На тот момент это был лучший материал: радиационно-стойкий, высокотемпературный и имел малые габариты и вес. В этот период коллективом цеха №2 ОХМЗ и другими специалистами института «Гиредмет» была отработана технологическая цепочка получения сложного оксидного высокотемпературного соединения $Gd_3Ga_5O_{12}$, оборудование для которого было изготовлено на опытном заводе

«Геоприборцветмет». В процессе выполнения производственных задач Станислав Николаевич поступил на заочную аспирантуру, окончил ее и защитил диссертацию по тематике выполняемой работы. Одновременно, за выполненную работу «Разработка и внедрение комплекса методов для получения монокристаллов гранатовой структуры» в составе молодых сотрудников завода ОХМЗ института «Гиредмет» был удостоен звания Лауреат премии Ленинского комсомола за 1986 год. На заводе прошел путь от старшего инженера-технолога до главного инженера завода.

По словам Станислава Николаевича, приобретенный опыт работы помог ему работать на руководящих должностях ОАО «Щербинский завод электроплавленных огнеупоров», «ФГУП НИИ НПО «ЛУЧ», ОАО «Подольский химико-металлургический завод». На «Щербинском заводе электроплавленных огнеупоров» в составе коллектива обеспечивал производство и выпуск крупных партий огнеупорных изделий для стекловаренных печей в качестве начальника технического отдела, директора по производству и заместителя директора по перспективному развитию.

На «Подольском химико-металлургическом заводе» Князеву С.Н. довелось изучить и освоить аппаратурно-технологическую схему получения монокристаллического кремния и пластин на их основе для солнечной энергетики. Выпуск продукции в то время составлял до 1,0 млн. пластин в месяц, поэтому требовалась очень хорошая организация производственного процесса, в котором Станислав Николаевич был непосредственным участником. После перехода на НПО «Луч» он продолжил освоение технологии получения монокристаллического кремния методом Чохральского для солнечной энергетики. Наставником и руководителем работы был д.т.н. Макеев Х.И. и к.т.н. Чертков М.П., это сотрудники, которые в 1958 году на Подольском химико-металлургическом заводе получили первые образцы полупроводникового кремния.

В 2011 году Князева С.Н. пригласили вернуться в «Гиредмет» для того, чтобы возглавить лабораторию высокотемпературных полупроводниковых

соединений АЗВ5, где стояло много задач по модернизации технологического оборудования и усовершенствования процесса выращивания кристаллов, и где его опыт и знания были очень необходимы.

Где бы не трудился Станислав Николаевич, тот фундамент и подход к решению производственных и научных задач, заложенный в стенах «Гиредмета» его учителями, всегда был основой для него при принятии решений, научил работать с большими массивами информации и объемами производства, помог в подборе персонала и общении с сотрудниками. Князев С.Н. считает, что на любом участке работы необходимо иметь хороших учителей, желание и волю к достижению цели, умение слушать.

«Как говорят мудрые: «Дорогу осилит идущий». Я всегда старался придерживаться этого принципа, чего желаю всем молодым начинающим сотрудникам» - добавил Станислав Николаевич.

Чернов Владимир Николаевич (1953 г.р.), ведущий инженер-технолог лаборатории высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5, стаж работы в АО «Гиредмет» - 40 лет. Начинал свою трудовую деятельность в лаборатории метрологии инженером 2-ой категории под руководством Холодного Л.П. – «Вот это была работа! Группа создавала образцы и приборы, которые по сей день являются эталонами. С базового объекта до прецизионных измерений! Институт Гиредмет координировал работу предприятий отрасли. Внедрял разработки технологий. Благодаря метрологической службе была создана измерительная система, в чем была большая заслуга проф. Иглицина!» - вспоминает Чернов В.Н.



*Чернов
Владимир Николаевич*

С сентября 1989 работал в группе получения особо чистого германия в подразделения Прохорова С.Б. (организатор участка особо чистого германия), где его работа состояла в освоении и эксплуатации установки зонной чистки

Ge и сопутствующих технологических операций. После доочистки сырье использовалось для роста монокристаллов на установке EKZ (ростовая установка методом Чохральского; производства Германии).

С 1998 в связи с закрытием лаборатории Ge перевелся в лабораторию АЗВ5, где работает по настоящий день – «При закрытии лаборатории или уходе из нее все достигнутое приходится бросать и переступить через это, засунув личные принципы в ближайшее будущее!». В общей сложности в структурах «Гиредмета» Чернов В.Н. отработал 40 лет. На вопрос о том почему он решил связать свою жизнь с научно-производственной отраслью, Владимир Николаевич отвечает «С октябрьского возраста, в пионерии, в комсомоле и других рабочих коллективах – всегда витала надежда! Если старшее поколение работало на страну, то и я должен...»

Теоретические и практические знания по синтезу и механической обработке монокристаллов GaAs и InAs ведущий инженер-технолог Чернов В.Н. сегодня передает стажерам-исследователям.

Чернов В.Н – участник всех выполняемых в лаборатории доходных договоров, а также 2-х затратных НИОКР. За высокий профессионализм, ответственность и личный вклад в реализацию планов института, отмечен благодарностью АО «Гиредмет».

Главный совет, который он хотел бы передать молодому поколению ученых сформулирован в трех предложениях: «Необходимо изучать технологию, сопутствующие приборы и механизмы. А лучше всего - два ведра холодной воды на голову для кровообращения. Наука продвигается рывками – как раз когда кто-то попал под холодный душ! (Смеётся.)».

Горбачева Надежда Семеновна (1935 г.р.), научный сотрудник лаборатории технологии получения рассеянных элементов. Общий стаж работы Горбачевой Н.С. в «Гиредмет» 63 года.

Надежда Семеновна пришла в наш институт, как она сама говорит, совершенно случайно. Окончив три курса на факультете иностранных языков, Надежда Семеновна была направлена на работу в школу. По ее словам, работа со школьниками – это достаточно сложный труд, который был ей не по душе. Во время работы по переписи населения ей впервые представилась возможность познакомиться



*Горбачева
Надежда Семеновна*

с людьми, непосредственно занимающимися химией. Это и стало для нее определяющим в окончательном выборе профессии. Уже через несколько месяцев (29 июня 1960 года) Надежда Семеновна была принята в Гиредмет на работу в лабораторию электрохимии (лаборатория №19).

Работа Надежды Семеновны была направлена на создание технологии получения индия высокой чистоты. В это же самое время Сажин Н.П. развивал в институте направление получения высокочистого галлия, руководителем которого была назначена Иоффе Валентина Максимовна – начальник лаборатории №19. На исследования процессов электрохимического получения галлия была назначена Любимова Нина Андреевна, к которой в качестве лаборанта была прикреплена Горбачева Н.С. С тех самых пор и по сегодняшний день Надежда Семеновна занимается процессами получения галлия высокой чистоты, развивая эту тематику не только в Гиредмете, но и активно сотрудничая практически со многими профильными организациями Советского Союза. Ее первая командировка была в Бокситогорск (Ленинградская обл.), где в то время только начинали развивать тему получения высокочистого галлия. Под ее чутким руководством там впервые провели испытания первых опытных электролизеров. Аналогичные работы ранее проводились только на Химико-металлургическом опытном заводе,

который в то время находился на улице Дурова. Надежда Семеновна отмечает, что исследования, проводимые в Бокситогорске, были достаточно удачными, все запланированные работы были выполнены в полном объеме.

Следующая длительная командировка Надежды Семеновны была на Завод чистых металлов в г. Светловодск (Украина). Для Надежды Семеновны работы, проводимые в Светловодске, были крайне интересными. Если Бокситогорск занимался получением галлия из руд, то для Завода чистых металлов необходимо было получить галлий из отходов полупроводниковых соединений. В рамках этих работ была сформирована технология получения галлия из отходов полупроводниковых соединений типа АЗВ5. В общей сложности Надежда Семеновна провела около полугода на заводе чистых металлов. А затем появился Павлодарский алюминиевый завод, где внедряли технологию электрохимического извлечения галлия высокой чистоты.

После ухода на пенсию Иоффе В.М. заведующим лабораторией электрохимии стал Артур Казайн. Постепенно стала распадаться и сама лаборатория №19. Надежда Семеновна перешла в другую лабораторию к сотрудникам, которые занимались развитием технологий получения галлия, индия, рения и таллия. Это так называемая Лаборатория №13, которой руководил в это время Фомин С.С.

Надежда Семеновна с теплом и любовью вспоминает работу в лаборатории Гиредмета, когда студентов и ученых было много и работа «кипела». Каждые две недели организовывались совещания, на которых докладывались результаты работы каждого сотрудника. Все это обсуждалось и получало коллективную оценку. Такого тепла и общего единения она нигде и никогда больше не встречала. Ее коллеги всегда говорили: «Гиредмет – это наш дом, а лаборатория – это наша семья». Она вспоминает, что Н.П. Сажин часто приходил к сотрудникам своей лаборатории и очень любил общаться с ними.



Рис. 3. День науки в ХТК. Вручение Горбачевой Н.С. благодарственного письма за неоценимый вклад в развитие институтов и преданность своему делу

Надежда Семеновна искренне надеется на скорое возрождение исследований, связанных с получением высокочистого галлия для микроэлектроники, так как это направление сегодня можно назвать одним из стратегически важных для нашей страны. Она с теплом и трепетом вспоминает сколько сил, терпения и труда было вложено сотрудниками института в это направление, и она уверена в большом потенциале Гиредмета в развитии микроэлектроники в стране. «В то время ученые были в почете, и наш институт этим особо отличался. К людям, кто занимался наукой, относились с таким уважением и трепетом, что я, наверно, нигде больше не встречала подобного» - говорит Надежда Семеновна.

Основные достижения своей деятельности Горбачева Н.С. видит в коллективной работе по созданию технологии получения высокочистого галлия, участие в работах по рению. А любовь к работе и желание помогать считает самыми главными качествами.

Пожелание от Надежды Семеновны: «Сегодняшней молодёжи, молодым ученым я хочу пожелать зацикливаться не только на науке, но и на тех людях, кто рядом, потому что наука не может существовать отдельно от тех людей, которые рядом с вами. Поэтому молодежи хочу пожелать добра друг к другу

и взаимоподдержки, взаимопонимания в первую очередь. Если не понимаешь человека, ничего у вас не получится».

Основные направления научных исследований и роль Института в российском научном сообществе

Современное развитие АО «Гиредмет» направлено на построение качественно новой и соответствующей мировому уровню 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. Одной из основ этой новой системы становится модульность и открытость к внутренней кооперации, когда каждый лабораторный или производственный участок института, сохраняя свою базовую специализацию, должен иметь возможность при необходимости встроиться в новый научно-исследовательский или технологический процесс. Такие процессы могут быть распространены и на дивизиональный и отраслевой уровни, когда подразделения АО «Гиредмет» активно участвуют в решении производственных и научно-исследовательских задач других предприятий и институтов Госкорпорации «Росатом». Наиболее представительным примером такой кооперации сегодня является тесное взаимодействие подразделений АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ» и АО «НИИГрафит» в рамках Химико-технологического кластера.

В 2022 году в АО «Гиредмет» были приложены усилия по постановке и решению новых научных и научно-прикладных задач, в т.ч. междисциплинарных и нацеленных на разработку и создание продуктов и технологий с высокой добавленной стоимостью, а также имеющих экспортный потенциал. Так, помимо целого ряда перспективных продуктов и технологий, освоенных в рамках выполнения ряда задельных НИОКР и проектов Единого отраслевого тематического плана (ЕОТП), продолжилось

формирование группы новых для института научных направлений, связанных с разработкой материалов и технологий водородной энергетики, а также металл-ионных накопителей энергии. При этом важно отметить, что становление новых направлений в немалой степени базируется на уже имеющемся научно-техническом заделе института в части технологий анодных и катодных материалов, высокодисперсных материалов, гидридов металлов и др. Среди экспортно-ориентированных продуктов АО «Гиредмет» можно отметить особо чистые соединения РМ и РЗМ, индивидуальные РЗМ, материалы ИК оптики и фотоники, пластины антимонида индия, полупроводниковые материалы, сцинтилляционные кристаллы и др.



Рис. 4. Научно-технологические макронаправления АО «Гиредмет»

Структура блока по науке и инновациям

В 2022 году структура блока по науке и инновациям АО «Гиредмет» включала четыре отделения и Испытательный аналитико-сертификационный центр (ИАСЦ).

Отделение редких и редкоземельных металлов включает в себя две лаборатории:

- Лаборатория технологий получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов (начальник лаборатории – к.т.н., А.М. Чапыгин);
- Лаборатория технологий получения редких тугоплавких высокочистых металлов (начальник лаборатории – Д.А. Ишмаметов).

В настоящее время основной упор в работе Отделения направлен на:

– исследование и разработка технологий получения порошков РМ и РЗМ методом водородного восстановления и методом водородного охрупчивания (HDH);

– исследование и разработка технологий получения лигатур и сплавов редких и цветных металлов;

– научно-техническая поддержка производственных участков и усовершенствованию технологий получения порошков РМ и РЗМ и лигатур на основе РМ и РЗМ.

– Разработка технологий получения металлических РЗМ из их безводных хлоридов с использованием метода литиетермии.

– Разработка технологии рафинирования металлического лития методом методами дистилляции и фильтрации.

– Разработка технологии получения порошков тантала конденсаторного класса из пентахлорида тантала, методами металлотермии.

– Разработка технологий получения металлических РЗМ из изотопных безводных хлоридов, методами металлотермии.

Отделение развивает существующие компетенции, а также активно осваивает новые технологии и виды продукции. В последнее время в мире активно развиваются аддитивные технологии. Сотрудниками Отделения разрабатываются методы



получения сферических порошков РЗМ. Применение метода плазменной сфероидизации позволяет придать порошкам РЗМ неправильной формы – форму идеального шара, что позволяет расширить сферу применения РЗМ.

Еще одним перспективным направлением является создание высокоэнтропийных сплавов на основе РЗМ. Согласно литературным данным, применение этого вида сплавов позволит существенно расширить

эксплуатационные свойства изделий за счет повышенной химической стойкости, механической прочности и т. д.

В ближайшие месяцы планируется начало работ лабораторий Отделения в рамках международных контрактов АО «Гиредмет». Среди них - создание технологического участка по производству металлических РЗМ в Индии, а также создание лаборатории получения эвтектики Li – Pb, на территории Боливии, на основе местного литиевого сырья.

Отделение особо чистых веществ и монокристаллов включает в себя четыре лаборатории:

- Лаборатория высокочистых галогенидных материалов для оптики (начальник – М.С. Кузнецов);
- Лаборатория технологии получения веществ особой чистоты (начальник – к.т.н. О.В. Юрасова);
- Лаборатория технологии разделения редкоземельных металлов и соединений (начальник – С.А. Василенко);
- Лаборатория технологии получения рассеянных элементов (начальник – Вахрин В.В.).

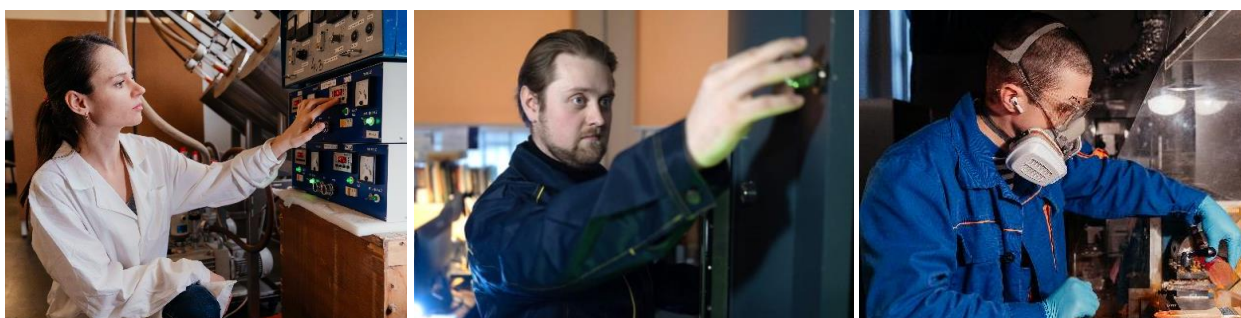


Рис. 5. Специалисты Отделения особо чистых веществ и монокристаллов в рабочей обстановке.

Специалистами Отделения выполняются исследования, направленные на разработку комплексных технологий получения особо чистых химических соединений редких металлов (лабораторные исследования, математическое моделирование, разработка оборудования и выдача исходных данных для

проектирования) с заданными свойствами, проводится синтез особо чистых веществ в укрупненно-лабораторном масштабе для поставки российским и зарубежным заказчикам, ведутся исследования и разработки в области технологий выращивания и обработки сцинтилляционных кристаллов, а также кристаллов для ИК оптики.

В настоящее время основными направлениями научных исследований в Отделении являются:

– Технология получения металлического скандия высокой чистоты и его соединений;

– Технология получения редкоземельных металлов иттриевой группы и их соединений;

– Технология получения и переработки циркония, гафния и их соединений;

– Технология получения галогенидов таллия и серебра и материалов на их основе для ИК оптики;

– Технологии получения градиентных линз ИК диапазона;

– Ультрапрецизионная обработка оптических элементов методом квазипластичного алмазного точения;

– Технология выращивания кристаллов сцинтилляторов на основе оксиортосиликата лютеция;

– Технологии получения и разливки (микродозирования) металлического рубидия и цезия

– Производство высокочистых безводных хлоридов и галогенидов редких металлов

– Технологии получения и переработки индия, галлия и их соединений для высокотехнологичных отраслей промышленности.

– Экстракционные технологии процессов извлечения, разделения и глубокой очистки РМ, РЗМ, цветных и драгоценных металлов

– Получение сцинтилляционной керамики на основе соединений РЗМ



– Технологии переработки природного кремний-содержащего сырья (диатомита, серпентинита и др.) и получения высокочистого тетрахлорида кремния;

– Технологии производства нанодисперсных порошков оксидов и комплексных оксидов РМ и РЗМ

Отделение особо чистых веществ и монокристаллов можно считать самым молодым Отделением, в лабораториях которого работают сотрудники, возраст которых преимущественно не превышает 35 лет.

Отделение полупроводниковых соединений включает в себя следующие лаборатории:

– Лаборатория высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 (начальник – к.т.н. С.Н. Князев);

– Лаборатория полупроводниковых соединений А2В6 (начальник – к.т.н. И.А. Денисов);

– Лаборатория низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 (начальник – Р.Ю. Козлов).

На протяжении всей истории развития работ по полупроводникам Гиредмет имел самые тесные творческие контакты с ведущими академическими институтами страны (ЛФТИ им. А.Ф. Иоффе, ИМЕТ, ФИАН, ИФТТ, ИРЭ, ИКАН, ИФП СОАН, ИНХ СОАН, Курчатовский институт и др.), а также с рядом ведущих высших учебных заведений (МИСиС, МГУ, МИТХТ, МХТИ, ЛПТИ, ЛЭТИ и др.). Далеко не формальные, теплые отношения связывали Гиредмет и с коллективами предприятий полупроводниковой подотрасли (ПХМЗ, ЗЧМ, ЗТМК, КЗЦМ и др.), а также с потребителями продукции Гиредмет – институтами и предприятиями министерств электронной, оборонной, радио- и электротехнической промышленности.

Основные направления научно-исследовательской и производственной деятельности Отделения включают:

– Производство монокристаллов антимонидов индия и галлия диаметром 50,8 и 76,2 мм методом Чохральского;

- Производство монокристаллов InAs и галлия диаметром 50,8 и 76,2 мм методом Чохральского;
- Разработка технологий выращивания монокристаллов антимонидов и арсенидов индия и галлия диаметром 100 мм и более методом Чохральского;
- Исследования электрофизических, механических и структурных свойств монокристаллов;
- Производство подложек КЦТ (CdZnTe) и гетероструктур с фоточувствительным слоем КРТ (CdHgTe)
- Разработка технологии изготовления ИК фотодиодов на основе эпитаксиальных слоев кадмий – ртуть – теллур
- Разработка технологии изготовления матричного ИК фотоприемника на основе эпитаксиальных структур КРТ



Рис. 6. Контроль качества полированных пластин сотрудником лаборатории низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 в чистой комнате.

В ближайшие годы новыми перспективными направлениями развития Отделения должны стать работы по разработке технологии получения полированных пластин из монокристаллов соединений АЗВ5 (InSb, GaSb, GaAs, InAs), разработке и внедрению технологии градиентного отжига монокристаллов АЗВ5, внедрению метода вертикальной направленной

кристаллизации (VGF) для выращивания монокристаллов InAs, развитию технологий выращивания монокристаллов фосфида индия InP и галлия GaP, разработкой гетероструктур с фоточувствительным эпитаксиальным слоем КРТ для высокотемпературных матричных фотоприемников ИК диапазона.

Накопленный коллективом научно-технический потенциал позволяет с оптимизмом оценивать перспективы дальнейшего развития в институте работ по созданию новых полупроводниковых



материалов, в том числе материалов, обеспечивающих развитие в стране нанoeлектроники, микрофотоники, спинтроники, солнечной энергетики, сенсорной и других новейших областей техники. Необходимыми предпосылками для успешного решения этих новых, и актуальных задач являются: освоение современного технологического и диагностического оборудования, создание условий для притока и закрепления в институте талантливой творческой молодежи. Сегодня институту и всем сотрудникам необходимо сделать все возможное для того, чтобы бренд «Гиредмет» по-прежнему оставался олицетворением высокого научно-технического уровня, эффективности и надежности выполняемых разработок в области полупроводниковых материалов.

Развиваясь в ногу со временем, в АО «Гиредмет» в 2021 году было создано **Отделение материалов накопителей и преобразователей энергии**, начальником которого д.х.н., доцент М.В. Ананьев.

Развитие новых технологий преобразования энергии с использованием водорода естественным образом вошло в стратегию развития института Гиредмет, поскольку функциональные материалы, применяемые в технологиях водородной энергетики, в частности твердооксидных и протонно-керамических топливных элементах и электролизерах, – это, как правило, оксидные соединения, содержащие цирконий, церий, скандий, иттрий,

празеодим, лантан, галлий и др., т.е. металлы и их соединения, технологии получения которых являются базовыми для АО «Гиредмет». Глубокое понимание методов синтеза оксидных и композитных материалов, принципов работы твердооксидных и протонно-керамических электрохимических устройств и технологий их формирования заложили основу для создания новых высокоэффективных и стабильных функциональных материалов, и электрохимических устройств на их основе: топливных элементов и электролизеров для водородной энергетики.



Отделение включает в себя три лаборатории:

- Лаборатория технологий и материалов современной энергетики (вакансия);
- Лаборатория материалов электрохимических накопителей энергии (вакансия);
- Лаборатория термоэлектрических материалов (начальник – к.т.н. М.Ю. Штерн).

Основные направления деятельности Отделения сегодня и на ближайшую перспективу будут включать:

- Развитие технологий синтеза функциональных материалов и несущих основ для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ);
- Развитие технологий изготовления электрохимических ячеек, модулей токогенерирующих частей электрохимических генераторов;
- Конструирование и изготовление энергетических установок на базе среднетемпературных ТОТЭ;
- Разработка электрохимических генераторов высокочистого водорода из водяного пара на твердооксидных электролизерах (ТОЭ) и из метана на протонно-керамических электролизерах (ПКЭ).

- Разработка и изготовления испытательных стендов для единичных топливных ячеек и батарей;
- Разработка мембранных реакторов получения высокочистого водорода;
- Разработка катодных и анодных материалов, а также материалов электролита для электрохимических накопителей;
- Разработка конструкций натрий-ионных аккумуляторов с увеличенной энергоемкостью и мощностью;
- Разработка и изготовление термоэлектрических материалов повышенной добротности и создание термоэлектрических генераторов и холодильных устройств на их основе;

Испытательный аналитико-сертификационный центр (ИАСЦ) является самостоятельной единицей в составе научного блока АО «Гиредмет». Руководителем центра является к.х.н. Кошель Е.С.

Развитие аналитического контроля постоянно стимулируется новыми потребностями промышленности. За последние полтора-два десятилетия серьезно выросли масштабы мирового производства, резко интенсифицировались и усложнились технологические процессы, многократно расширилась номенклатура изготавливаемых материалов в различных областях промышленности, науки и техники. Одновременно значительно повысились требования к химическому анализу сырья, исходных материалов и готовой продукции. В последнее время резко повысились требования к оценке качества особо чистых материалов, применение которых существенно выросло за последние годы



в связи с развитием новых технологий в области электроники, оптики, лазерной техники, СВЧ техники, магнитных материалов, детекторных

материалов, энергетических систем и др. Возможности повышения качества соответствующей продукции и эффективности работы предприятий высокотехнологических отраслей в значительной степени определяются состоянием средств аналитического контроля, их действенностью, надежностью и экспрессностью.

С 1962 года под руководством академика Юрия Александровича Карпова разработан комплекс государственных стандартов на методы анализа продукции производства редких и благородных металлов; разработаны методы анализа вторичного сырья, содержащего редкие и драгоценные металлы. Он стоял у истоков Российской системы сертификации высокочистых веществ и материалов по химическому составу, провел колоссальную работу и совместно с Госстандартом и ассоциацией «Аналитика» разработал российскую систему аккредитации аналитических лабораторий. Аналитическая служба Гиредмета стала первой лабораторией, аккредитованной в этой системе. В процессе аккредитации аналитическая служба Института получила название Испытательный аналитико-сертификационный центр, так и называется по сегодняшний день.

Основная задача деятельности ИАСЦ сегодня заключается в непрерывном химико-аналитическом сопровождении деятельности научно-исследовательских и производственных подразделений института. В этой роли ИАСЦ обеспечивает проведение следующих видов анализа и испытаний:

- Элементный химический анализ;
- Фазовый (структурный) анализ;
- Анализ изотопного состава;
- Анализ химического состава ОСЧ веществ;
- Анализ характеристик дисперсных материалов (порошков);
- Минералого-петрографический анализ минерального сырья;

Кроме того, в центре проводятся работы по разработке и аттестация методики выполнения измерения, а также стандартных образцов, как для лабораторий института, так и для внешних заказчиков.

Центр аккредитован на соответствие ГОСТ ИСО 17025-2017. В области аккредитации находится более 170 методик анализа различных веществ и материалов на основе РМ и РЗМ.

Кадровый потенциал Института

В 2022 году в институте работало 3 доктора наук и 43 кандидата наук, в том числе совместители и лица, выполняющие работы по договорам гражданско-правового характера.

Одним из приоритетных направлений работы института является объединение процесса обучения с решением научно-исследовательских и производственных задач, возможность расширения спектра квалификационных знаний молодых специалистов, получение практических навыков профессиональной деятельности. Эти задачи решаются в активном взаимодействии с профильными кафедрами Московского института стали и сплавов, Московской государственной академии тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова, Российского химико – технологического университета им. Д.И. Менделеева.

АО «Гиредмет» проводит активную работу в области сотрудничества с институтами и вузами. Здесь можно отметить педагогическую деятельность наших сотрудников:

- заместитель директора по науке и инновациям к.ф.-м.н. Ивановских Константин Васильевич по совместительству осуществляет трудовую деятельность в УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина в должности старшего научного сотрудника кафедры экспериментальной физики Физико-технологического института;

- научный руководитель института, д.ф.-м.н. Пархоменко Юрий Николаевич по совместительству осуществляет трудовую деятельность в НИТУ МИСиС в должности научного руководителя кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков;

- научный консультант ИАСЦ, д.х.н. Барановская Василиса Борисовна по совместительству осуществляет трудовую деятельность в НИТУ МИСиС в должности доцент кафедры «Сертификация и аналитический контроль»;

- старший научный сотрудник лаборатории высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5, к.ф.м.н. Сыров Юрий Вячеславович по совместительству осуществляет трудовую деятельность в РТУ МИРЭА в должности доцента кафедры химии и технологии переработки пластмасс и полимерных композитов;

- начальник лаборатории термоэлектрических материалов, к.т.н., Штерн Максим Юрьевич по совместительству осуществляет трудовую деятельность в ФГАОУ ВО НИУ «Московский институт электронной техники» (МИЭТ) в должности доцента института перспективных материалов и технологий;

- ведущий инженер-технолог лаборатории высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5, Вербицкий Роман Андреевич по совместительству осуществляет трудовую деятельность в РТУ МИРЭА в должности ассистента преподавателя кафедры инженерной графики Институт радиоэлектроники и информатики.

Институт принимает на договорной основе студентов на практику, с дальнейшей возможностью их трудоустройства в лаборатории АО «Гиредмет». В 2022 году между АО «Гиредмет» имени Н.П. Сагина и рядом ВУЗов и СУЗов были подписаны договоры о сотрудничестве и заключены/продлены договора о практической подготовке обучающихся.

С ФГБОУ ВО «СТАНКИН», ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», РТУ МИРЭА, «Московский колледж бизнес-технологий» подписаны соглашения, предметом которых является сотрудничество в области образования и науки, а также разработки и реализации совместных образовательных программ, повышение квалификации работников, внедрение новых технологий, научных разработок, проектов; заключены договора о практической подготовке обучающихся,

направленных организацию практической подготовки обучающихся и направленных на удовлетворение потребностей Института в соответствующих специалистах. Информация об общем количестве стажеров, а также принятых в 2022 году, представлена в Таблице 3.

Таблица 3.

Статистика приема стажеров по подразделениям.

<i>Подразделение</i>	<i>Кол-во стажеров</i>	<i>Из них, принято в 2022 г</i>	<i>Переведены на пост. должность в 2022 г (м.н.с., инженер)</i>
Лаб. низкотемпературных полупровод. соединений АЗВ5			
Лаб. высокотемпературных полупровод. соединений АЗВ5			
Лаб. высокочистых галогенидных материалов для оптики			
Лаб. полупроводниковых соединений А2В6			
Лаб. термоэлектрических материалов	3	-	-
Лаб. материалов электрохимич. накопителей энергии			
Лаб. технологии получения веществ особой чистоты			
Лаб. технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов			
Лаб. технологии разделения редкоземельных металлов и соединений			
Лаб. технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов			

В 2022 году в АО «Гиредмет» производственную и преддипломную практики прошли более 28 студентов ВУЗов и СУЗов, часть из которых были трудоустроены на предприятие.

Сотрудники АО «Гиредмет» принимают активное участие в мероприятиях по популяризации науки (проведение технических туров для студентов, участие в карьерных мероприятиях). Совместно с сотрудниками вузов, аспирантами и студентами проводятся исследования, необходимые для

выполнения НИОКР. Полученные результаты представлены в совместных публикациях в рецензируемых журналах и на Всероссийских и Международных конференциях.

Большое внимание в институте уделяется сотрудникам, обучающимся в аспирантуре, и тем работникам, которые являются соискателями ученых степеней. В таблице 4 представлен список аспирантов, докторантов и соискателей, работавших в институте в 2022 году. В их распоряжении находится вся инфраструктура лабораторий, позволяющая им проводить научные исследования и эксперименты необходимые для подготовки диссертационной работы.

Таблица 4.

Список аспирантов, докторантов и соискателей АО «Гиредмет».

№ п/п	ФИО	Организация	Год окончания аспирантуры	Подразделение института
Аспиранты				
1.	Козлов Роман Юрьевич	НИТУ МИСиС 11.06.01 – Материаловедение и технология материалов электронной технике 11.06.01	2023 планируемая защита 2023	Начальник лаборатории низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5
2.	Ишмаметов Дмитрий Амирович	МГТУ им. Н.Э. Баумана 22.06.01 Технологии материалов	2024 планируемая защита 2024	Начальник лаборатории технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов
3.	Межевая Лилия Юрьевна	НИТУ МИСиС 04.06.01 – Химические науки	2024 планируемая защита 2024	Ведущий инженер-технолог ИАСЦ
4.	Комаровский Никита Юрьевич	НИТУ МИСиС 22.06.01 – Технологии материалов	2025 -	Стажер-исследователь Лаборатория высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5
5.	Ющук Вячеслав Васильевич	НИТУ МИСиС 22.06.01 – Технологии материалов	2025 -	Стажер-исследователь Лаборатория высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5
6.	Кормилицина Светлана Сергеевна	НИТУ МИСиС 11.06.01 – Материаловедение и технология материалов электронной технике	2025 -	М.н.с. Лаборатория низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5
7.	Кузьмин Максим Игоревич	РХТУ им. Д.И. Менделеева 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	2025	М.н.с., Группа перспективных проектов

8.	Ахмадеев Альберт Рустемович	ФИЦ ПХФ и МХ (Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии)	2025	М.н.с , Лаборатория технологий и материалов для современной энергетики
9.	Коротаев Денис Викторович	НИТУ МИСиС	2025	Начальник участка металлических порошков
10.	Волков Илья Николаевич	НИТУ МИСиС 22.06.01 – Технологии материалов	2022	Научный сотрудник, Лаборатория материалов электрохимических накопителей энергии
11.	Мехтиев Рафаэль Асимович	НИТУ МИСиС 2.6.2 – Metallurgy черных, цветных и редких металлов	2022	Инженер, Отделение материалов накопителей и преобразователей энергии
12.	Чернышова Евгения Валерьевна	НИТУ МИСиС 03.06.01 Физика и Астрономия Физика наноразмерных материалов и структур	2025	Стажер-исследователь Лаборатория высокотемп. полупроводниковых соединений АЗВ5
13.	Рожина Алёна Андреевна	НИТУ МИСиС 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	2026	Стажер-исследователь Лаборатория термоэлектрических материалов
14.	Мальков Всеволод Викторович	МАДИ 2.22.03.01 Материаловедение	2026	Инженер-технолог 2-й кат Участок металлических порошков
Соискатели				
1.	Самиева Динара Акжолтоевна	РХТУ им. Д. И. Менделеева	2024	Ведущий инженер-технолог. Лаборатория технологии получения веществ особой чистоты
2.	Силина Александра Андреевна	МИТХТ РГУ МИРЭА	2024	Научный сотрудник Лаборатория полупроводниковых соединений АПВVI
Докторанты				
1.	Ивановских Константин Васильевич	УрФУ 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, организация Защита докторской	Защита запланирована на 2025 год	Заместитель директора по науке и инновациям

Институт активно проводит работы по интеграции научного и образовательного потенциала научных организаций и высших учебных заведений, созданию исследовательской и учебной базы, учебных специализированных программ, созданию условий для подготовки и переподготовки высококвалифицированных научных и научно-педагогических кадров, активизации участия в исследованиях молодых

ученых, аспирантов и студентов, совместному осуществлению инновационной деятельности в научной и образовательной сферах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОСНОВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ

Лаборатория технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов – Отделение редких и редкоземельных металлов

Начальник лаборатории – Д.А. Ишмаметов

Основные направления деятельности лаборатории связаны с разработкой технологий получения высокочистых тугоплавких металлов, используемых в различных отраслях отечественной промышленности, в том числе микроэлектронике, авиации и машиностроении.

В этой связи в состав лаборатории входят следующие участки:

- Плавильный;
- Водородного восстановления редких тугоплавких металлов;
- Аллюминотермического восстановления оксидов тугоплавких металлов;
- Получения мелкодисперсных порошков тугоплавких металлов, в том числе титансодержащих порошков для аддитивных технологий;
- Подготовки материалов для проведения процессов выплавки специальных сплавов.

Лаборатория прошла техническое перевооружение в рамках Федеральной целевой программы (ФЦП) «Стратегические материалы», что позволило оснастить ее самым современным и высокотехнологическим оборудованием. В частности, в парк оборудования лаборатории вошла новейшая универсальная вакуумная установка, предназначенная для исследования и производства применяемых в аддитивных технологиях ультрадисперсных металлических порошков (в том числе на основе титана).

Универсальность установки отвечает наладке выпуска такого вида наукоемкой продукции, как полигональные ультрадисперсные порошки. В частности, речь идет об обработке технологией сфероидизации порошков

титана и сплавов на его основе (BT6, BT14 и BT20), получаемых в низкотемпературной плазме после процесса гидрирования-дегидрирования металла (рис. 6).

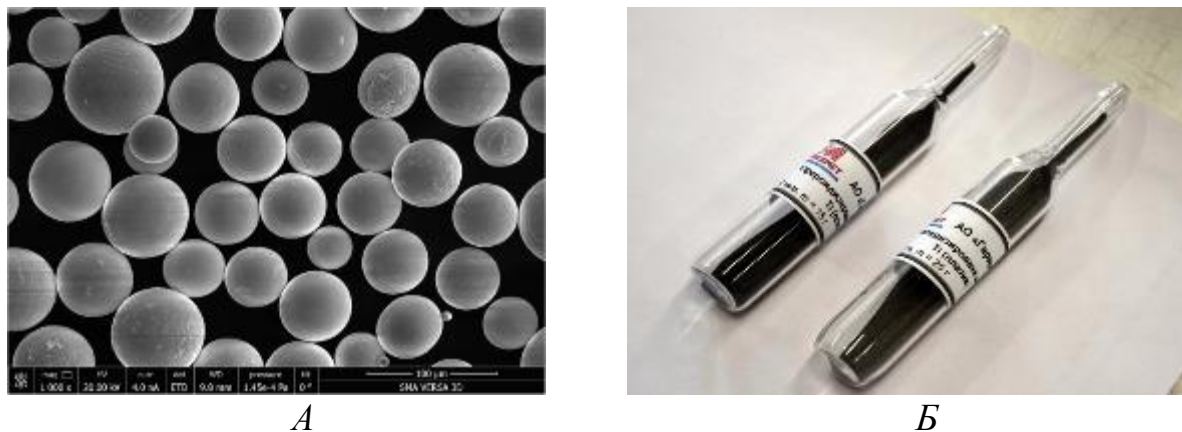


Рис. 7. Сферический порошок титана: *а* – электронная микроскопия порошка, *б* – экспериментальные образцы титанового порошка

Производственное использование установленного в лаборатории оборудования позволяет получать металлические порошки различных металлов и сплавов, качество которых полностью соответствует требованиям зарубежных аналогов.

В распоряжении лаборатории имеется установка обработки металлических порошков парами активных металлов, разработанная в АО «Гиредмет» и изготовленная в 2020 году силами подрядной организации. Стоит отметить, что аналогичные установки в России отсутствуют.

В 2022 году в лаборатории были выполнены работы в рамках реализации проекта ЕОТП-МТ-409, приоритетное направление научно-технологического развития (ПННТР) «Материалы и технологии».

НИР по разработке технологии и образцов металлических порошков для магнитов «Разработка и изготовление порошков для создания магнитных элементов с использованием 3D-печати»

Период выполнения: 20.09.2022 – 15.11.2022.

Целью работы является поиск параметров производства порошков на основе высокоанизотропных соединений типа $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{V}$ и $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ для производства постоянных магнитов методами аддитивного производства и

порошков сплавов Fe-Si и Fe-Ni сферической формы для производства магнитомягких элементов магнитных систем.

В ходе выполнения НИР разработана технологическая инструкция лабораторной технологии получения пригодных для изготовления магнитомягких элементов и постоянных магнитов порошков сплавов систем Nd-Fe-B, Sm-Co, Fe-Si, Fe-Ni, обеспечивающей требуемые характеристики – в распределении частиц порошка по размерам не менее 90 % находятся в диапазоне от 35 до 100 мкм, порошки сплавов системы Nd-Fe-B содержат основную фазу $Nd_2Fe_{14}B$, порошки сплавов системы Nd-Fe-B обладают коэрцитивной силой по намагниченности не менее 10 кЭ и остаточной индукцией не менее 10 кГс, порошки системы Sm-Co содержат основную фазу типа Th_2Zn_{17} , порошки сплавов системы Fe-Si имеют основную фазу типа α -Fe, порошки сплавов системы Fe-Ni состоят из смеси фаз FeNi и FeNi₃, форма частиц порошков сплавов систем Fe-Si и Fe-Ni близка к сферической.

В соответствии с разработанной технологической инструкцией получены лабораторные образцы порошков сплавов систем Nd-Fe-B и Sm-Co, изготовлены магнитомягкие порошки на основе железа. Определен химический состав изготовленных порошков сплавов систем Nd-Fe-B и Sm-Co, а также магнитомягких порошков на основе железа. Каждый образец соответствует требованиям, предъявляемым к материалам такого качества:

– порошки сплавов системы Sm-Co имеют коэрцитивную силу по намагниченности не менее 100 Э по ГОСТ 19693-74;

– порошки сплавов системы Nd-Fe-B после HDDR имеют коэрцитивную силу не менее 10 кЭ по ГОСТ 19693-74;

– порошки сплавов системы Nd-Fe-B и Sm-Co имеют удельную намагниченность технического насыщения не менее 90 Гс·см³/г по ГОСТ 19693-74;

– магнитомягкие порошки на основе железа имеют коэрцитивную силу по намагниченности не более 50 Э по ГОСТ 19693-74;

– магнитомягкие порошки на основе железа имеют удельную намагниченность технического насыщения не менее 85 Гс·см³/г по ГОСТ 19693-74;

– содержание примесей в каждом из порошков не более 1,5 %;

– порошок сплава системы Nd-Fe-B имеет основную фазу типа Nd₂Fe₁₄B;

– порошок сплава системы Sm-Co имеет основную фазу типа Th₂Zn₁₇ (допускается содержание фазы типа Ni₂Mn₁₇ в качестве основной);

– порошок сплава системы Fe-Si содержит основную фазу типа α-Fe;

– порошки сплавов системы Fe-Ni состоят из смеси фаз FeNi и FeNi₃;

– насыпная плотность всех порошков не менее 3 г/см³.

НИР по разработке технологии и изготовлению образцов металлических порошков для магнитов «Разработка и изготовление порошков для создания магнитных элементов с использованием 3D-печати» по заказу УрФУ им. Б.Н. Ельцина в рамках выполнения темы «Разработка технологических основ изготовления магнитных систем с использованием 3D-печати».

НИР выполнена в лаборатории технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов АО «Гиредмет» под руководством начальника лаборатории Ишмаметова Д.А. и с участием ведущего научного сотрудника к.т.н. Котляров В.И и других специалистов этой лаборатории, а также специалистами лаборатории технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов под руководством начальника лаборатории, к.т.н. Чапыгина А.М. и сотрудников ИАСЦ под руководством начальника центра, к.х.н. Кошель Е.С. К выполнению НИР также была привлечена организация-соисполнитель – АО «ВНИИХТ». Соисполнителем в 2022 году выполнена НИР «Разработка технологического процесса получения сплавов на основе неодима и празеодима с переходными металлами для фабрикации прекурсоров для печати магнитомягких материалов», в том числе разработан способ получения слитков редкоземельных металлов с переходными металлами, исследованы технологические режимы получения сплавов Nd-Fe-

Co-Ga-Nb-B, Nd-Cu, Nd-Cu-Co, Pr-Cu-Co, изготовлены сплавы Nd-Cu, Nd-Cu-Co, Pr-Cu-Co, а также сплавы Nd-Fe-Co-Ga-Nb-B четырех различных составов.

В 2022 году сотрудникам лаборатории была проведена *НИОКР по теме «Разработка технологии и создание образцов конденсаторного тантала» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (ID 054-002-654, шифр «Тантал»)*.

В рамках данного НИОКР решалась актуальная задача по совершенствованию технологии получения тантала конденсаторного качества для изготовления образцов конденсаторного тантала и поставки его предприятиям радиоэлектронной промышленности. В ходе выполнения проекта разработана технология получения сферического танталового порошка конденсаторного класса. Разработанная технология позволяет значительно снизить содержание газовых примесей и, за счет сферической формы, снизить токи утечки и тангенс угла потерь. Получена опытная партия сферического порошка тантала в количестве 1 кг. Разработаны ТУ 24.45.30-019-00198396-2021, методика по определению содержания примесей и фракций в порошках, температуры воспламенения порошков и величины удельной поверхности сферического порошка тантала, ТИ по изготовлению порошка тантала сферического 00198396.019.2021.

На данный момент продолжают работы по улучшению свойств сферического танталового порошка конденсаторного класса.

Проект выполнен в лаборатории технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов под руководством начальника лаборатории Ишмаметова Д.А. с участием специалистов ИАСЦ под руководством начальника центра, к.х.н. Кошель Е.С. В составе исполнителей от лаборатории специалисты высокой квалификации – научный сотрудник лаборатории к.т.н. Котляров В.И.

Кроме того, в 2022 году сотрудниками лаборатории:

– Разработана технология получения осколочного порошка тантала конденсаторного класса в рамках импортозамещения, проведены апробации

на 3 (из 4) заводах изготовителях, получены положительные заключения, ведутся работы по коммерциализации технологии.

– Создан стенд и ведутся разработка по технологии раскисления порошка тантала/титана/сплавов парами активных металлов с целью удаления кислорода и увеличения свойств танталового порошка, получены первые положительные лабораторные заключения.

– Создан стенд по тонкому определению водородоемкости сплавов металлгидридных теплопреобразователей, ведутся работы по изготовлению этих сплавов. В отчетный период лабораторией разработана технология получения скандия металлического методом вакуумной дистилляции чистотой не менее 99.99% масс. по сумме всех примесей, включая газовые.

Успешная работа лаборатории в большой мере обеспечивается ее научно-техническим персоналом (рис.7).

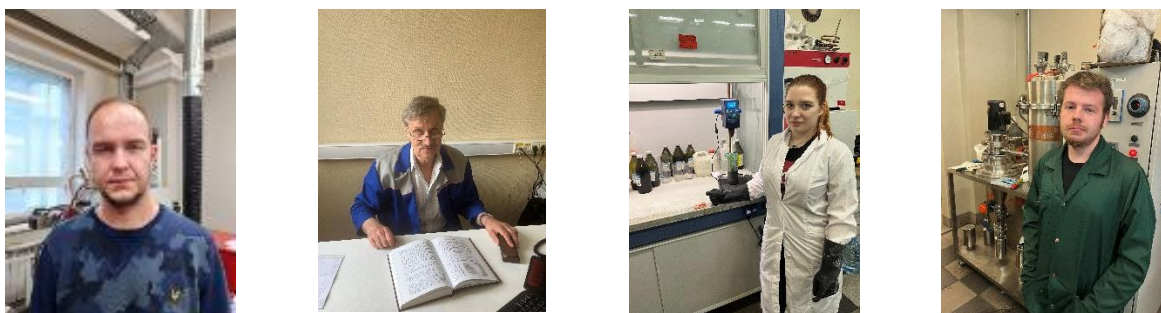


Рис. 8. Персонал лаборатории

В проведении исследований и разработок молодой и перспективной смене лаборатории помогает более опытный старший коллега, отдавший профессии десятки лет своей жизни - бывший заведующий лабораторией, к.т.н. Владимир Иванович Котляров. Под его руководством были проведены большие работы, результатами которых являются следующие достижения:

– Разработана технология получения сферических порошков титана и титановых сплавов методом НДН с последующей плазмохимической сфероидизацией для аддитивных технологий;

– Разработана технология получения сферического порошка тантала, применимого как для электроники (производство конденсаторов), так и для аддитивных технологий (печать имплантов и пр.);

– Разработана технология алюминотермического восстановления тантала из пентаоксида тантала;

– Разработаны технологии электроннолучевой плавки высокочистых тугоплавких металлов;

– Разработана технология йодидного рафинирования титана и осаждения титана из газовой фазы на проволоку сопротивления;

– Разработана технология раскисления порошков тантала парами активных металлов.

Всего в подразделении числится 5 сотрудников, в т. ч. один кандидат наук, аспирант и два студента.

На 2023 год в лаборатории запланированы следующие работы:

– Разработка технологии изготовления сплавов металлгидридных преобразователей энергии (МГТ) и измерения их характеристик (разработка стенда определения характеристик сплавов МГТ, разработка технологии изготовления сплавов МГТ);

– Разработка технологии получения высокочистых РЗМ иттриевой подгруппы (разработка технологии получения металлов чистотой не менее 99,95 % масс. по всем примесям);

– Разработка технологии конденсаторных порошков тантала различных типов и изготовление образцов (разработка технологии получения конденсаторных порошков тантала, изготовление образцов различных марок, апробация на заводах изготовителях) и освоение серийного производства;

Реализация запланированных работ позволит в ближайшем будущем значительно расширить продуктовую линейку института, а также заместить отдельные материалы на основе РМ и РЗМ, зависимость от поставки которых

из-за рубежа ставит под риск многие производственные предприятия в нашей стране.

Лаборатория технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов – Отделение редких и редкоземельных металлов

Начальник лаборатории – А.М. Чапыгин

Одними из основных разработчиков технологий получения лигатур и порошков тугоплавких металлов и сплавов в институте Гиредмет являлись д.т.н. Патрикеев Юрий Борисович и к.т.н. Воробьева Наталия Сергеевна. В настоящее время на основе имеющегося большого научного задела лаборатория осуществляет выполнение работ, связанных с получением лигатур и сплавов на основе РМ и РЗМ, выполнением НИОКР по получению порошков тугоплавких металлов и сплавов определенного гранулометрического состава и морфологии.

В рамках лаборатории проводятся работы по совершенствованию технологий получения порошков металлов, разработанных еще в 70-е годы, такие как порошки тугоплавких металлов и циркония.

На базе последних достижений в области металлургии индивидуальных РЗМ, порошков и сплавов разработаны исходные требования по техническому перевооружению и на проектирование участков малотоннажных производств большой группы редкометаллической продукции. В перечень продукции входят все индивидуальные лантаноиды, иттрий, скандий различной квалификации, в том числе особо чистые, сплавы РЗМ, иттрия и скандия с другими металлами, лигатуры с участием редкоземельных металлов, металлический рений и рений-содержащие лигатуры, порошки редкоземельных металлов.

Кроме того, лаборатория активно участвует в сопровождении деятельности производственного цеха, где объемы изготовления продукции в

зависимости от конкретных требований к продукции колеблются от нескольких десятков килограмм до нескольких тонн в год.

Сегодня лаборатория имеет в своем распоряжении комплект оборудования, позволяющий выполнять работы начиная от подготовки и вскрытия первичного сырья до получения компактных металлов, а также реализовать все существующие металлургические способы производства редкоземельных металлов (фторидную, оксидную и хлоридные технологические схемы).

Коллектив лаборатории выполняет и сопровождает выполнение заказов на производство никель-рутениевой лигатуры для производства супержаропрочных сплавов, а также заказов на никель-гафниевого лигатуры.

Существенным событием в производственной биографии коллектива является создание участка по малотоннажному производству порошка тантала по заказу ФГУП Комбинат «ЭХП», который в настоящее время эксплуатируется производственным цехом. Коллектив лаборатории имеет широкие компетенции в области получения порошков тугоплавких металлов, в частности, ранее была разработана технология производства порошков ниобия конденсаторной квалификации. На базе этих знаний и с учетом накопившегося опыта коллектив лаборатории разработал исходные данные для проектирования и реализовал проект по созданию участка производства порошков металлов.

На сегодняшний день в лаборатории ведутся работы по 8 основным направлениям.

1. Разработка технологий получения порошков РЗМ, редких, тугоплавких металлов и их сплавов методом НДН. В рамках данного направления осуществляются работы по усовершенствованию технологий получения порошков РЗМ, редких, тугоплавких металлов, с целью увеличения производительности процессов и качества производимых порошков.

На рис. 9 представлен участок передела гидрирования, дегидрирования различных тугоплавких металлов и их сплавов, с исходным материалом в виде

слитков. Производительность участка получения порошков металлов и сплавов достигает 3 т/год.



Рис. 9. Участок HDH

В 2021 г производственный участок лаборатории был передан производственному сектору АО «Гиредмет».

В лаборатории проводится разработка технологии получения сферического порошка Nb – Mo, с содержанием молибдена от 20 до 30% в рамках СЧ НИОКР по договору № 23–24-4.2-1 с АО «НИИ НПО «Луч».

2. Разработка технологий получения металлических РЗМ из их безводных хлоридов с использованием метода литиетермии. Данная работа выполнялась в рамках ЕОТП-МТ-454 и включает в себя разработку технологии получения металлических РЗМ из их безводных хлоридов, методом литиетермии. На рис. 10 слева на право, представлены образцы металлической губки и рафинированного материала, полученного вакуумно-дуговой плавкой, в виде слитка.

Чистота черновой губки РЗМ для Gd, Tb, Dy, Ho и Er находится на уровне 99,85–99,9%.

Чистота рафинированной губки для Gd, Tb, Dy, Ho и Er – 99,95–99,97%.

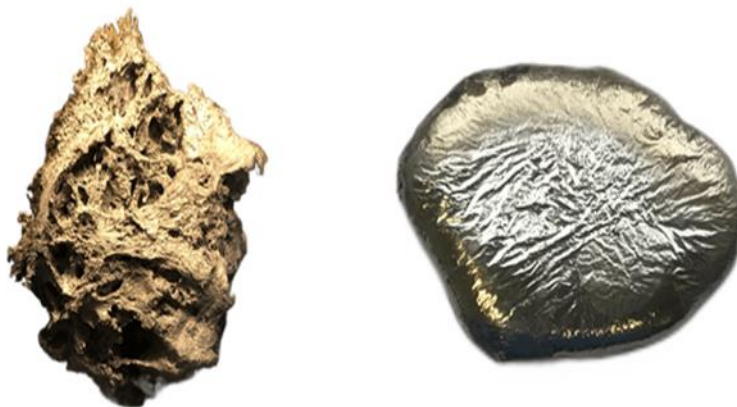


Рис. 10. Неодим, губка (слева), рафинированный слиток (справа).

На основании проведенных исследований по восстановлению безводных хлоридов РЗМ металлическим Li, в модуле к. 265 АО «Гиредмет», силами лаборатории разработаны исходные данные для создания производственного участка по получению металлических РЗМ, таких как гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий и эрбий, производительностью 2 кг/сутки по каждому РЗМ. Пуск в эксплуатацию запланирован во второй половине 2023 года.

3. Разработка технологии рафинирования металлического лития методом пленочной дистилляции

В лаборатории под руководством к.х.н. Матрюкова М.В. (руководитель направления) ведётся работа «Разработка технологии рафинирования металлического лития методами дистилляции и фильтрации» по договору от 02.08.2022 № 62/5164-Д (шифр 22-59-4.2-1) с ПАО «Новосибирский завод химконцентратов».

В лаборатории в настоящее время исследуются процессы плёночной дистилляции металлического лития на созданной лабораторной установке. На рис. 11 представлена трёхмерная модель установки.

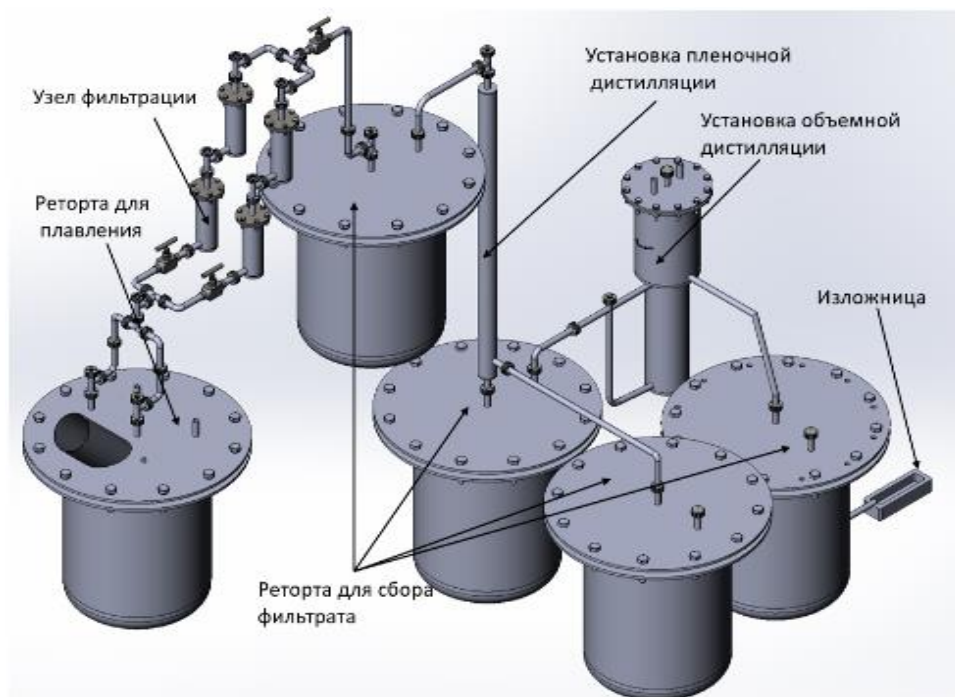


Рис. 11. Модель дистилляции лития

4. Разработка технологии получения порошков тантала конденсаторного класса из хлорида тантала, методами металлотермии

В лаборатории ведутся исследования по разработке технологии получения танталового порошка из его безводного хлорида методом металлотермии. В качестве основного восстановителя использовался металлический магний. Ведутся работы по использованию, в качестве восстановителя и других металлов.



Рис. 12. Порошок тантала

На приведенном рис. 12 показан общий вид получаемого порошка тантала.

Применение такого вида танталовых порошков включает атомную энергетику, аэрокосмическую промышленность, электронику, производство твердых сплавов и суперсплавов, оптику, катализ и медицину.

В 2023 году планируется наработка опытных образцов танталового порошка для передачи их на завод-изготовитель электрических конденсаторов для получения электрофизических характеристик.

5. Разработка нового направления технологии получения порошков циркония для нужд ВПК, методом HDH.

В рамках перспективных направлений НИР и ОКР по созданию технологий металлического циркония (Приказ № 62/512-П от 13.12.2022г.) в лаборатории проводятся работы и исследования по созданию альтернативного способа получения циркониевых порошков методом HDH, позволяющим создать много тоннажное производство порошков циркония с заданными физико-химическими характеристиками для производства пиротехнических составов и изделий.

В настоящее время разработана аппаратурно-технологическая схема производства порошков циркония, мощностью до 1,5 т/год на производственном участке АО «Гиредмет». На данный момент отрабатывается технология получения порошков циркония заданного состава.

6. Разработка технологий получения металлических РЗМ из изотопных безводных хлоридов, методами металлотермии

В 2022 году в подразделении велась работа по получению изотопа гадолиния в металлической форме, включая этапы получения губки гадолиния, методом литиетермии, с последующим получением компактного слитка, с помощью вакуумно-дуговой плавки, в рамках договора №001-15/719 от 09.12.2020 с дополнительным соглашением от 23.03.2022 г «Работа по получению изотопов в металлической форме из давальческого изотопно-обогащенного материала других химических форм».



Рис. 13 Неодим

В процессе выполнения договора был получен слиток изотопа гадолиния весом в 57,3г. Содержание примесей и сквозная степень извлечения гадолиния из его оксида, соответствовали требованиям заказчика.

На 2023–2024 годы планируется изготовление изотопа гадолиния в металлической форме, в количестве 2-х килограмм.

7. Создание технологических участков по производству металлических РЗМ, на территории Республики Индия.

В 2023 запланированы переговоры по заключению контракта с центром ARCI (Индия) для создания на их территории производственного участка по получению металлического неодима из собственного сырья – оксида неодима.

8. Создание лаборатории получения эвтектики Li –Pb, на территории Многонационального Государства Боливия, на основе их собственного сырья

Начиная с 2022 года в АО «Гиредмет» ведутся подготовительные работы к реализации проекта по созданию многофункциональной лаборатории, по получению металлического лития из карбоната лития и эвтектики Li – Pb для центра ЦЯИТ, создаваемого на территории Боливии.

В лаборатории выполнены работы по компоновке участков создаваемой лаборатории по получению лития высокой чистоты и эвтектики Li – Pb на его основе, с привязкой к проектируемым помещениям ЦЯИТ.

Разработано функционально-структурное описание участка алюмотермического производства лития, включая получение эвтектики Li – Pb. Кроме того, была выполнена работа по подбору необходимого оборудования и описанию требований к персоналу. На рис. 14 представлена индукционная печь для производства эвтектики Li – Pb. Начало работ запланировано на середину 2023 г.

В 2022 году в лаборатории проведен ряд научно-исследовательских работ в качестве исполнителя и соисполнителя в том числе:



Рис. 14. Индукционная печь для производства эвтектики Li – Pb

- НИР «Установление основных технологических параметров процесса получения порошка ванадия гидридным методом из промпродуктов производства»;
- НИОКР «Разработка технологии получения металлических индивидуальных РЗМ и иттриевой подгруппы (Gd, Tb, Dy, Ho, Eu), чистотой не менее 99,95% из оксидов» (ЕОТП-МТ-454), Этап 2;
- НИОКР «Разработка технологии рафинирования металлического лития методами дистилляции и фильтрации», Этап 1;
- НИР «Разработка и изготовление порошков для создания магнитных элементов с использованием 3D печати»;
- НИР «Разработка метода создания опытных образцов металлгидридных теплопреобразователей на основе сплавов LaNiCo, LaNiAl»;
- Открыта новая перспективная тематика НИР «Получение опытных образцов порошков циркония»;
- Получение изотопа гадолиния литийтермическим способом (задельный НИР).

НИР по теме «Установление основных технологических параметров процесса получения порошка ванадия гидридным методом из промпродуктов производства», период выполнения: 02.03.2022 – 28.06.2022.

Целью проведения исследований являлось установление возможности получения порошка ванадия из некондиционной стружки (слитков) АО «Уралредмет» методом гидрирования-дегидрирования (HDH) с контролируемым измельчением гидрида ванадия. В задачи входила разработка технологии получения порошка ванадия с получением экспериментальной партии продукции из исходного некондиционного сырья – металлических промпродуктов ванадия в виде стружки, брикетированной стружки, слитков, а также создание опытного производства малых партий порошка. Продукция (порошок ванадия) предназначена для получения

ванадиевых лигатур и производства прецизионных титановых сплавов.

В ходе выполнения НИР были получены следующие научно-технические результаты:

– на 1 этапе исследован новый метод (HDH процесс) получения порошков ванадия, и установлена принципиальная возможность осуществления процессов гидрирования/размола гидрида/дегидрирования, а также получения порошка ванадия с практически значимым выходом,

– на 2 этапе проведены исследования технологических параметров HDH процесса получения порошков ванадия, разработаны новые научно-технологические решения HDH процесса на установке с загрузкой 50 кг исходного металла, получены опытные партии порошка, выполнены аналитические исследования его характеристик с установлением основных требуемых показателей.

В результате выполнения НИР исследован метод гидрирования некондиционных видов металлического ванадия (стружка, брикеты, слитки). Разработана технология получения порошков ванадия – оптимизированы и отработаны режимы HDH процесса с получением металлического порошка ванадия требуемого качества. Получены результаты балансовых экспериментов, выпущена технологическая инструкция на технологию получения порошка ванадия по гидридному методу. Изготовлены, испытаны и исследованы на содержание примесей в конечном продукте экспериментальные образцы порошка ванадия, подготовлены протоколы аналитического контроля качества исходного материала и конечного продукта. Определены оптимальные параметры реализации HDH процесса с экономически оправданным выходом готового порошка. Выполнено описание экспериментальной установки получения порошков гидрида и металлического ванадия.

НИР выполнен под руководством начальника лаборатории Чапыгина А.М. Коллектив исполнителей научно-исследовательской работы включал специалистов высокой квалификации, в числе которых два кандидата наук:

начальник лаборатории, к.т.н. Чапыгин А.М., и начальник Отделения, к.т.н. Гурских А.В.

В 2022 году сотрудниками лаборатории выполнена *НИОКР по теме «Разработка технологии производства циркониевых порошков» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (ID 054-002-655, «Цирконий»)*

Цель проекта – совершенствование технологий производства порошков циркония. В ходе проекта разработана технология натриетермического получения порошка циркония, основанная на высокоскоростных производительных методах, обеспечивающих максимальный съем металла с единицы оборудования. Получен охраноспособный результат интеллектуальной деятельности – секрет производства (ноу-хау) «Устройство для проведения процессов получения порошков редких и тугоплавких металлов», оформлена его правовая охрана от 28.12.2022. Создан опытный участок по производству пиррофорных порошков циркония производительностью 3 кг/месяц. Получены опытные партии порошка циркония, соответствующие требованиям к порошку циркония марок ПЦрН-А и Б по ТУ 48-4-376-76. В связи с прямыми технологическими рисками при организации укрупненной установки, связанной с пожаро-взрывоопасностью, производство значительных объемов на площадке АО «Гиредмет» невозможно. Показано, что созданная инфраструктура с успехом может быть использована для производства различных РЗМ без дополнительных затрат с перспективой масштабирования их производства.

Проект выполнен в лаборатории технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов под руководством начальника лаборатории, к.т.н. Чапыгина А.М. с привлечением специалистов ИАСЦ под руководством начальника центра, к.х.н. Кошель Е.С. Коллектив исполнителей от лаборатории представлен специалистами высокой квалификации, в том числе – начальник лаборатории, к.т.н. Чапыгин А.М., старший научный сотрудник лаборатории к.геол.-минерал.н. Покушалов П.М.

Всего в подразделении числится 6 сотрудников, в т. ч. 3 кандидата наук: к.т.н., начальник лаборатории Чапыгин А.М.; руководитель направления Будин О.Н.; ведущий научный сотрудник Фрадков М.Я.; к.т.н., старший научный сотрудник Покушалов П.М.; ведущий научный сотрудник Солнцева Е.Б. и младший научный сотрудник Буниц Н.С.



Рис. 15. Сотрудники лаборатории технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов

На 2023 год в лаборатории запланированы следующие работы:

- разработка технологии получения металлических РЗМ иттриевой группы из их безводных хлоридов, методом литиетермии;
- разработка технологии рафинирования металлического лития методами дистилляции и фильтрации;
- разработка технологии сфероидизации сырьевых прутков сплава тугоплавких металлов;
- создание технологий металлического циркония (в рамках перспективных направлений НИР и ОКР).

Участок оснащен современным высокотехнологичным оборудованием собственной конструкторской разработки. Разработка защищена патентом РФ № 2582414, 17.10.2014, 27.04.2016, «Способ получения порошков

тантала». По данным технологиям имеется ряд Ноу-Хау. Участок относится к производству.

В рамках инвестиционного проекта в лаборатории разработана технология и создан опытный участок по получению порошка циркония натриетермического отвечающим требованиям ТУ-48-4-376-76.

В период с 2020 по 2022 год под руководством к.т.н. Чапыгина А.М. в лаборатории были выполнены работы по увеличению производительности производства порошков тантала, которые позволили увеличить его выпуск до 36 тонн в год, и по производству лигатур на основе скандия, гафния, рутения и РЗМ. Данный производственный участок сегодня эксплуатируется Цехом производства порошков и сплавов АО «Гиредмет» и обеспечивает бесперебойное изготовление порошка тантала и ниобия для отраслевых потребителей.

В рамках инвестиционного проекта «Цирконий» была усовершенствована технология получения циркониевых порошков натриетермическим способом. Получены опытные образцы порошков, отвечающие требованиям ТУ 48-4-376-76.

В 2022 году начата разработка многотоннажной альтернативной технология получения порошков циркония методом HDH, с физико-химическими характеристиками, соответствующими порошкам натриетермического производства.

Лаборатория высокочистых галогенидных материалов для оптики - Отделение особо чистых веществ и монокристаллов

Начальник лаборатории – М.С. Кузнецов

Основное направление деятельности лаборатории направлено на выращивание монокристаллов галогенидов таллия КРС-5 (TlBr-TlI) и КРС-6 (TlCl-TlBr).

К основным областям практического применения разрабатываемых кристаллов относятся промышленное применение, криминалистика, научные исследования (например, ИК спектроскопия - определение молекулярного состава по уникальным колебательным спектрам (наркотических веществ, фармацевтических препаратов, полимеров, органических и неорганических веществ, пр.) для химических, фармацевтических, нефтегазовых предприятий). Также стоит выделить и специальные применения, включая космические исследования (пассивные приборы ИК диапазона – тепловизионное оборудование, всепогодное и круглосуточное наблюдение и наведение, системы активного ИК лазерного ослепления теплонаводящихся ракет в спектральных диапазонах 0,6–50 мкм (окна прозрачности атмосферы), наблюдение космических объектов в дневных и ночных условиях).



Рис. 16. Принципиальная схема выращивания монокристаллов состава $TlCl-TlBr$ (КРС-6), $TlBr-TlI$ (КРС-5), $TlBr$, $AgCl-AgBr$, др. и оптических заготовок

Сотрудниками лаборатории были проведены работы по разработке технологии и выпуску опытной партии оптического волокна ИК-диапазона из галогенидов серебра и таллия.

Волоконные зонды, работающие в ближней и средней инфракрасной области спектра, важны и необходимы в нефтепереработке и нефтехимии для контроля процессов внутри реактора в режиме реального времени, фармацевтического и органического синтеза, космических исследований,

атомной энергетики, экологического мониторинга, а также ИК диагностики и лечения.

В данный момент используют кварцевые длинные световоды, однако получаемый сигнал мало информативен, что обусловлено ограничением диапазона пропускания кварца (только видимый и ближний ИК-диапазон). Производимые аналоги для средней ИК-области не превышают 2,5 метра в длину ввиду оптических потерь, что недостаточно для крупных производств. Для решения существующей проблемы необходимы волокна, работающие в ближней и средней ИК-области спектра, длиной по крайней мере 10 метров.



Применение в таких волокнах в качестве основного светопроводящего материала твердых растворов галогенидов серебра и одновалентного таллия позволяет получать рабочий диапазон зонда 0,6–30 мкм. В случае появления на рынке оптического волокна ИК диапазона из галогенидов серебра и таллия длиной порядка 10 метров, ожидается высокий спрос со стороны производителей измерительного оборудования для нужд нефтехимической, фармацевтической, химической отрасли, а также других направлений органического синтеза.

Процесс экструзии оптического волокна проводили на прессовом оборудовании – изменённой универсальной электрической испытательной машине FUDLC 200 кН, модифицированной специальной оснасткой для экструзии. Применение электромеханической испытательной машины, обеспечивает проведение процессов с тонко контролируемыми параметрами в безмасляной атмосфере.



Рис. 17. Универсальная электрическая испытательная машина FUDLC 200 кН, модифицированная специальной оснасткой для экструзии

Сотрудниками подразделения был реализован проект на тему «Создание участка ультрапрецизионной обработки оптических элементов ИК-диапазона из галогенидов таллия методом квазипластичного алмазного точения» (Рис. 18).

АО «Гиредмет» занимается темой получения оптических материалов на основе галогенидов серебра и таллия **более 30 лет**.

Получены экспериментальные партии кристаллов оптического и лазерного качества в количестве 20 шт. в рамках выполнения НИОКР при поддержке Минобрнауки РФ и ГК «Росатом».



до 2018 г.



С 2018 года АО «Гиредмет» производит и реализует ООО «НПП «АЛЕКСАНДР» заготовки из КРС-5 для получения оптических элементов (линз) в интересах МО РФ.

По результатам проведенных испытаний у потенциальных потребителей начал формироваться список заинтересованных потребителей продукции – оптических элементов из КРС-5 – как для нужд МО РФ, так и гражданского назначения (светоделительные элементы для спектрометров).

2018 г.

С 2019 года было изготовлено и поставлено около 800 оптических заготовок для линз.

Оптической обработкой и изготовлением линз занимаются специалисты ООО «НПП «АЛЕКСАНДР». Применяемая традиционная технология обработки (шлифовка и ручная полировка) трудозатратна, что сдерживает рост производства.

Для высокопроизводительной обработки требуется ультрапрецизионное оборудование, цена которого у зарубежных производителей (SCHNEIDER) сдерживала развитие проекта.



2019 г.

В начале 2020 года был подобран вариант российского ультрапрецизионного токарно-фрезерного станка алмазного точения производства НПП «Туламаш» с более низкой ценой.

При выполнении ИМ «Оптоволокно» опробован метод квазипластичного алмазного точения для обработки кристаллов КРС.

Были проведены испытания, которые подтвердили возможность использования данного метода и оборудования.

Получены ТЗ заказчиков на оптическую продукцию, комфортные письма.

Формирование инвестиционного проекта «Линзы»

2020 г.

Рис. 18. История реализации проекта, направленного на создание участка ультрапрецизионной обработки оптических элементов ИК-диапазона.

В 2022 году в лаборатории были проведены работы в рамках реализации аванпроекта АП-22/020 по теме *«Проведение исследований, разработка и обоснование технического задания на разработку технологии оптических материалов на основе галогенидов таллия для изготовления акустооптических дефлекторных устройств, модуляторов и фильтров лазерного пучка инфракрасного диапазона»*, шифр «Акустика». Период выполнения: 14.02.2022 – 30.11.2022.

Ряд задач, связанных с анализом спектров оптических излучений и высокочастотных радиосигналов в реальном масштабе времени, может быть решен практически только при помощи акустооптических устройств. Важным достоинством акустооптических устройств перед аналогичными оптико-механическими системами является отсутствие движущихся частей, что обеспечивает высокую степень надежности и быстродействия.

Анализ российских и зарубежных литературных источников показал, что в настоящее время существуют эффективные акустооптические устройства, работающие в диапазоне от ультрафиолетового до среднего ИК диапазона электромагнитного спектра на длинах волн, не превышающих 13-15 мкм. Большая часть обычно используемых ИК акустооптических материалов (например, Ge, GaAs), является непрозрачной для излучения на длинах волн более 20 мкм и в видимом диапазоне. В последние годы были разработаны новые эффективные источники излучения для средней и дальней ИК области, такие как квантово-каскадные лазеры. Таким образом, было показано, что разработка акустооптических устройств для работы на более длинных волнах до 40 мкм является актуальной проблемой.

Новизна подхода в расширении рабочего диапазона от видимой до средней ИК области (до 40 мкм) спектра заключается широкополосного оптического материала КРС-5, акустооптическое качество которого должно быть достигнуто посредством применения метода бегущего температурного поля для выращивания монокристаллов контролируемой кристаллографической ориентации.

Разрабатываемая технология обеспечит создание акустооптических материалов, пригодных для изготовления дефлекторных устройств мгновенного изменения направления, модуляторов, фильтров лазерного пучка большой мощности, работающих в диапазоне от 0,56 до 40 мкм с увеличенной по сравнению с аналогами акустооптической добротностью не менее, чем в 3 раза. При этом рабочая мощность лазерного пучка выше не менее, чем на порядок. Нами показано, что использование разрабатываемых материалов даст возможность улучшения свойств по сравнению с существующими аналогами в диапазоне до 10 мкм, а также создавать приборы, работающие в диапазоне от 10 до 40 мкм, не имеющие аналогов.

В результате реализации проекта сформированы и обоснованы техническое задание и календарный план НИР на разработку технологии оптических материалов на основе галогенидов таллия для изготовления акустооптических дефлекторных устройств, модуляторов и фильтров лазерного пучка ИК диапазона.

Аванпроект выполнен в лаборатории высокочистых галогенидных материалов для оптики АО «Гиредмет» под руководством начальника лаборатории Кузнецова М.С. Коллектив лаборатории представлен специалистами высокой квалификации, в числе которых один кандидат наук: ведущий научный сотрудник, к.х.н. Зараменских К.С. К реализации проекта был привлечен стажер-исследователь. Работы проводились с привлечением специалистов лаборатории акустооптики и оптической обработки информации физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

В 2022 году в лаборатории проведен *НИОКР по теме «Разработка технологии ультрапрецизионной обработки линз и светоделительных колец методом квазипластичного алмазного точения» в рамках инвестиционного проекта «Создание участка ультрапрецизионной обработки оптических элементов ИК-диапазона из галогенидов таллия методом квазипластичного алмазного точения», шифр «Линзы» (ID 054-003-377)*. Задача проекта – обеспечение российских производителей приборов волоконными световодами

ИК-диапазона (в настоящее время используют продукцию зарубежного производства), а также потребностей атомной отрасли (производство и применение волоконных световодов ИК-диапазона для дистанционного контроля состава и температуры в местах хранения радиоактивных отходов, и пр.). Ввиду отсутствия поставщиков, предлагающих комплексные поставки (как заготовок для экструзии оптоволокна, так и готовых волокон) актуальность разработки и внедрения технологии получения опытной партии оптического волокна ИК-диапазона из галогенидов серебра и таллия для перехода на производство продукции более высокого передела не вызывала сомнения. Для решения поставленной задачи необходимо было оптимизировать технологию и создать линию получения оболочечных поликристаллических волокон для различных областей инфракрасной техники и специальной волоконной оптики (из галогенидов серебра и таллия), экструдированных из сборок типа «сердцевина-оболочка».

Выпуск опытной партии оптического волокна ИК-диапазона показал, что можно создавать оптические волокна для отечественных потребителей, и в ряде случаев заменить импортные аналоги благодаря:

- расширению рабочего диапазона ИК-приборов;
- увеличению длины волоконных световодов;
- уменьшению поглощения лазерного излучения (оптических потерь).

Выполнение проекта позволяет перейти на производство продукции более высокого передела, в перспективе АО «Гиредмет» может выйти на рынок с комплексным предложением: заготовок для экструзии оптоволокна и готовых волокон.

Проект выполнялся силами АО «Гиредмет» без привлечения сторонних соисполнителей в лаборатории высокочистых галогенидных материалов для оптики под руководством начальника лаборатории Кузнецова М.С. Коллектив лаборатории представлен специалистами высокой квалификации, в числе которых один кандидат наук: ведущий научный

сотрудник лаборатории, к.х.н. Зараменских К.С. К реализации проекта был привлечен стажер-исследователь.

В результате выполнения проекта разработано, изготовлено, введено в эксплуатацию нестандартное технологическое оборудование получения оптоволокна. Разработаны процессы получения оптических заготовок для экструзии и непосредственно экструзии с получением готового оптоволокна. Выпущены опытные партии оптического волокна ИК-диапазона. Созданы охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности и оформлена их правовая охрана:

- 1) Секрет производства (ноу-хау) «Способ обработки кристаллов галогенидов таллия в режиме квазипластичного резания» от 31.08.2022,
- 2) Изобретение Способ получения оболочечного поликристаллического волоконного световода инфракрасного диапазона (патент РФ от 30.09.2022 № 2780763).

Работа выполнялась в интересах подтвержденных и потенциальных заказчиков продукции.

В лаборатории высокочистых галогенидных материалов для оптики работает 7 человек, из которых 1 кандидат наук, 2 студента и стажер.

Лаборатория технологии получения веществ особой чистоты – Отделение особо чистых веществ и монокристаллов

Начальник лаборатории – к.т.н., О.В. Юрасова

В институте Гиредмет для разработки способов получения редких и редкоземельных металлов в 60-е годы XX в. была создана отдельная лаборатория – основоположник экстракционных и ионообменных методов в гидрометаллургии РЗМ. В первые десятилетия деятельности лаборатории были разработаны многие ключевые для отрасли технологии связанные получением оксидов РЗМ для производства постоянных магнитов; высокочистых оксидов РЗМ (от 99, 999 % и выше) методами жидкостной экстракции и ионного обмена

для производства монокристаллов и других оптических материалов, феррогранатов, в электротехнике; высокочистых оксидов Ta и Nb (от 99,9999 % и выше); солей РЗМ (лантан, церий) для изготовления катализаторов; полирующих материалов на основе CeO_2 ; сплавов на основе РЗМ (самария, неодима), мишметалла, для изготовления магнитов и спецсталей; ниобия и тантала для изготовления спец. сталей для авиации. Кроме того, разрабатывались технологии гидрометаллургической переработки редкометаллического сырья, с последующим разделением РЗМ методами экстракции и ионного обмена.



Рис. 19. Сотрудники лаборатории экстракционных и ионообменных методов

Разработанные специалистами лаборатории технологии были реализованы на таких предприятиях, как Пышминский Опытный Завод «ГИРЕДМЕТ» (Россия), Иртышский химико-металлургический завод (Казахстан), Киргизский горно-металлургический комбинат (Киргизия), Чепецкий механический завод (Россия).

Благодаря знаниям, квалификации и мастерству коллектива лаборатории, в сложные 90-е годы разработана высокоэффективная технология, не имеющая аналогов в мировой практике до настоящего времени - уникальная экстракционная технология аффинажа драгоценных металлов:

платины, палладия, иттрия, иридия и рутения, реализованная на Приокском заводе цветных металлов (Россия). Ее внедрение позволило предприятию получить более 10 тонн металлов платиновой группы (платины, палладия, иттрия, родия, рутения), сократить в разы сроки переработки сырья, объемы незавершенного производства, затраты на переработку сырья, увеличить сквозное извлечение драгоценных металлов.



Рис. 20. Образцы готовой продукции лаборатории

В начале 2000-х создана высокоэффективная технология получения наноразмерных порошков РЗМ, отмеченная диплом Правительством г. Москва, позволяющая синтезировать высокодисперсные оксиды РЗМ.

В 2014–2016 гг. для лаборатории, как и для всего института Гиредмет, произошла еще одна проверка на выживаемость, связанная с релокацией на территорию АО «НИИГрафит», по адресу ул. Электродная, д.2. Несмотря на сложность периода, сотрудники лаборатории продолжали заниматься исследованиями и разработками в области РМ и РЗМ, успешно решая научные, прикладные и организационные задачи.



Новая площадка АО «Гиредмет»

С 2015 по 2018 гг. были проведены работы по разработке комплексной технологии переработки техногенного сырья – отходов люминофоров, позволяющей получать продукцию в виде технического цинка и высокочистых индивидуальных наноксидов иттрия и европия, с размером частиц < 40 нм (рис. 21). В этот же период при участии ГК «Скайград» выполнены работы по

созданию технологии извлечения РЗМ из отходов фосфогипса, образовавшихся при переработке апатитов.



Рис. 21. Схема разработанной технологии переработки техногенного сырья

Для промышленной практики РЗМ исследован и предложен новый экстрагент - олеиновая кислота. Создан участок разделения РЗМ, основу которого составляет автоматизированный экстракционный каскад из 20 экстракторов центробежного типа (рис. 22).



Рис. 22. Участок получения церия из суммарного концентрата РЗМ

Разработано 2 способа выделения концентрата РЗЭ из фосфогипса - с использованием методов сорбционного концентрирования лантаноидов и избирательного осаждения. Создана технология выделения церия из концентрата РЗМ с применением методов электрохимии и экстракции. Разработанная для процесса установка оснащена электролизером и

автоматизированным каскадом центробежных экстракторов. Процесса позволяет выделить в голове схемы переработки РЗМ более 95 % церия эффективным автоматизированным способом. Изображение опытного участка выделения церия приведено на фотографиях.

2018 г.- выполнена НИОКР по получению высокочистого сырья и шихты для кристаллических сцинтилляторов на основе РЗМ (лютеция, церия, иттрия) и оксида кремния для создания отечественных позитронно-эмиссионных томографов. Для реализации проекта разработана технология глубокой очистки исходных оксидов шихты.

2019–2021 гг. – выполнена НИОКР: «Разработка технологии получения монокристаллических сцинтилляторов на основе редкоземельных металлов и детекторных модулей для позитронно-эмиссионного томографа с время пролетной технологией»

По результатам работы созданы участки роста и обработки - резки, шлифовки, полировки, монокристаллов ортосиликата лютеция.

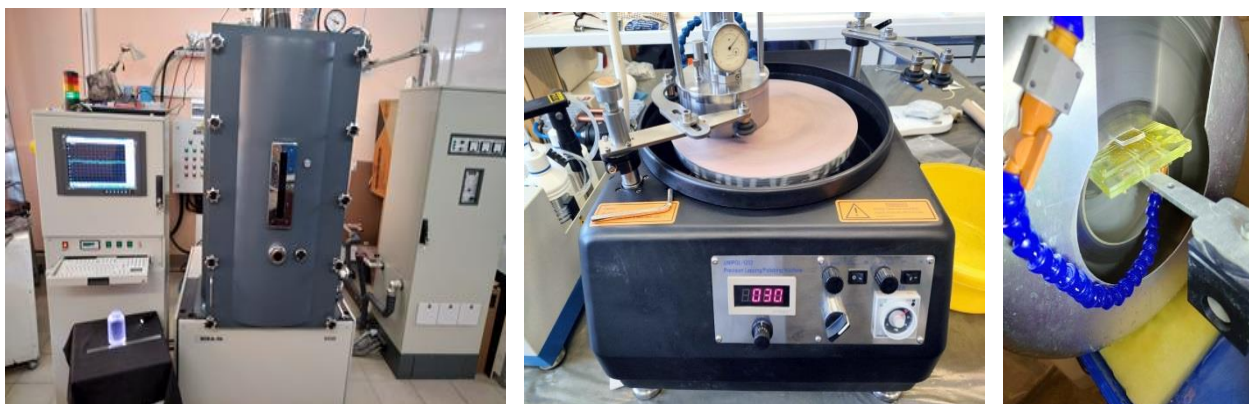


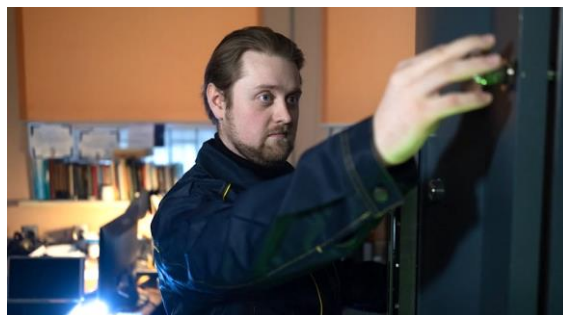
Рис. 23. Участок роста и обработки (резки, шлифовки, полировки) монокристаллов ортосиликата лютеция

По разработанной технологии сегодня в лаборатории выращиваются крупные монокристаллы LSO, мм: диаметром до 75, высотой до 200; массой > 5 кг. Подобные кристаллы не производятся в нашей стране, более того – их характеристики соответствуют и во многом превосходят зарубежные аналоги:

- световыход до 32 000 фотонов/МэВ;
- время высвечивания ~ 36–40 нс;

- плотность материала $\sim 7,35 \text{ г/см}^3$;
- удельное сопротивление – более $1 \cdot 10^4 \text{ Ом}\cdot\text{см}$

Работы по выращиванию крупных монокристаллов проведены под научным руководством сотрудника лаборатории Ермоченкова Ивана Максимовича, кандидата химических наук, руководителя направления.



*Ермоченков Иван Михайлович,
к.х.н., руководитель направления*

В 2021 г. лаборатории создана технология и участок получения малых партий щелочных металлов: рубидия и цезия, дозированных в ампулы от 0,2 г до 500 г.

С 2022 года выполняются договора на изготовление и разливку по ампулам металлического рубидия.

С 2022 года продолжают работы по развитию технологии выращивания кристаллов LSO: разработаны и осваиваются технологии обработки монокристаллов - резка, шлифовка, полировка (рис. 24). На 2023 год запланировано выполнение работ в рамках хоз. договора на изготовление пластин, полудисков из кристалла LSO.

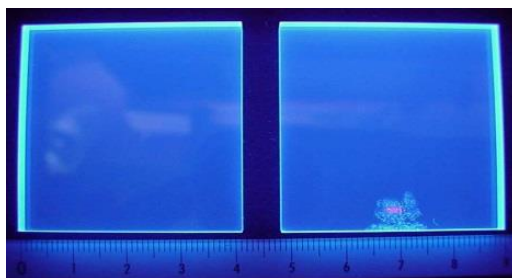


Рис. 24. Материалы, полученные из кристалла на основе $\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$

С 2021 года ведутся работы по разработке оригинальной установки и созданию участка получения безводного хлорида алюминия с содержанием основного вещества +99,995%. Производительность установки составляет 0,5 кг/час. В 2023 году планируется получить безводный хлорид алюминия с содержанием основного вещества 99,997% и направить на испытание заказчику.

Сегодня деятельность лаборатории технологии получения веществ особой чистоты направлена на разработку и внедрение технологий получения соединений (оксидов, солей и др.), содержащих РМ и РЗМ, цветные и драгоценные



металлы, а также получение опытных партий веществ по разработанным в лаборатории решениям. В качестве сырья исследуются минеральные и техногенные источники, концентраты и отходы производств.

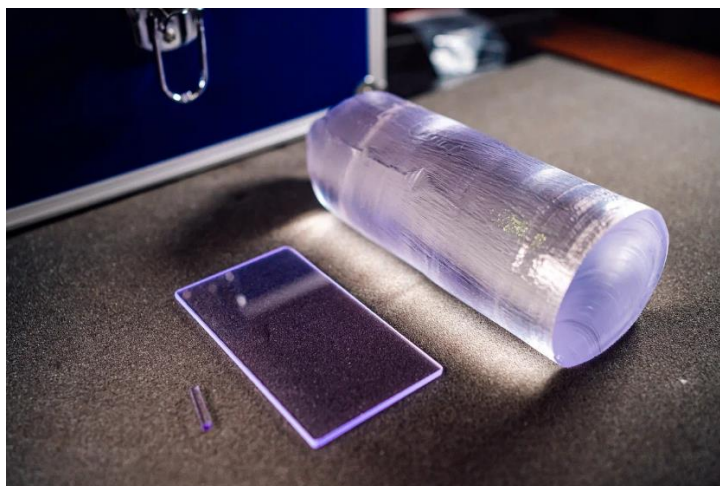


Рис. 25. Продукция, получаемая в лаборатории технологии получения веществ особой чистоты

В 2022 году в лаборатории были проведены НИКОРы в рамках реализации аванпроектов АП-22/021 и АП-22/035.

Аванпроект по теме «Анализ способов и технологических решений глубокой очистки соединений скандия и производства лигатур на его основе» (АП-22/021), период выполнения: 07.02.2022 – 30.11.2022.

Материалы, содержащие скандий, обладают уникальными свойствами и используются в авиа- и ракетостроении, космонавтике, производстве вооружений, медицине и ряде других высокотехнологичных отраслей, оксиды применяются в кристаллических и керамических материалах, считаются перспективными для применения в пьезоэлектрических устройствах, ультразвуковых датчиках, акустических резонаторах на СВЧ. Однако ко всем

этим материалам установлены жесткие требования по содержанию примесей в продукте, в том числе строго регламентируется качество – чистота скандия, входящего в состав конечной продукции. В случае применения соединений скандия в микроэлектронике и полупроводниковой технике число металлических примесей (не более 10–20 ppm) контролируется, так как их превышение приводит к снижению скорости и концентрации основного носителя, что ухудшает свойства полупроводника. При добавлении оксида скандия в состав люминофора либо прозрачной керамики регламентируется количество красящих металлических примесей – наличие даже одного примесного элемента в количестве от 20 ppm приводит к потере свойств всего конечного материала. Чтобы получить металлический скандий чистотой 5N содержание РЗМ в исходном оксиде должно быть менее 10 ppm.

На международном рынке последние десятилетия и в дальней перспективе, материалы на основе скандия крайне востребованы: оксид скандия с содержанием основного вещества 99,99 % и выше; металлический скандий (99,9 %); дистиллированный металлический скандий (99,999%); сплавы и лигатуры, содержащие скандий; полупроводниковые структуры на основе нитрида алюминия-скандия (ASN). Востребованность и высокая цена скандия объясняются тем, что материалы/лигатуры с его добавками обладают уникальными свойствами и применяются в наукоемких отраслях экономики. Кроме того, скандий не обладает собственной минеральной базой и является достаточно редким элементом, концентрирование и извлечение которого осуществляют попутно с другими компонентами сырья. Немаловажно и то, что для применения в высокотехнологичных областях скандий должен соответствовать жестким требованиям по ограничению в нем примесей.

Для реализации проекта проработаны существующие технологические решения в области извлечения, разделения и глубокой очистки редкоземельных металлов, а также методы получения металлического скандия и производства лигатур на его основе, включая применяемое оборудование, оснастку последовательность операций для реализации существующих

процессов и обоснованы выбранные решения получения высокочистого индивидуального скандия и в соединениях.

Цель НИР – разработка технического задания и обоснование требований на НИР «Разработка и обоснование технологии глубокой очистки соединений скандия и технологии производства лигатур на основе скандия».

В ходе выполнения проекта проведены аналитические исследования технологий глубокой очистки соединений скандия и технологий производства лигатур на его основе; разработаны программа и методики исследований и испытаний соединений, содержащих скандий; изготовлены образцы соединений, содержащих скандий; определены качественные характеристики скандийсодержащих соединений; разработаны и обоснованы требования к технологии глубокой очистки соединений скандия и к технологии производства лигатур.

Аванпроект выполнен силами АО «Гиредмет» без привлечения сторонних соисполнителей в лаборатории технологии получения веществ особой чистоты под руководством начальника лаборатории, к.т.н. Юрасовой О.В. В числе исследователей исполнителей проекта был ведущий научный сотрудник лаборатории, к.х.н. Ермоченков И.М, научный сотрудник Самиева Д.А. В работе также принял участие начальник лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений Василенко С.А. К реализации проекта были привлечены два стажера-исследователя.

Аванпроект по теме «Обоснование возможности разработки технологии производства сплавов железо-галлий, обладающих магнито-стрикцией» (АП-22/035). Период выполнения: 25.05.2022 – 30.11.2022.

Актуальность проекта подтверждается необходимостью обоснования способов разработки технологии производства сплавов железо-галлий, обладающих значением магнито-стрикции не менее $100 \cdot 10^{-6}$. Сплавы железо-галлий (galfenols – галфеноиды) вызвали научный интерес вследствие их

гигантской магнитострикции, которая в достаточно малых магнитных полях приближается к 400 ppm. Галфеноиды, обладающие малой коэрцитивной силой и превосходными механическими свойствами (высокий модуль Юнга и предел прочности), потенциально широко применимы в различных датчиках, исполнительных механизмах, а также могут найти применение в качестве поглотителя энергии механических вибраций. Кроме того, материал легко обрабатывается и поддается формованию в различные конфигурации. Сравнительная экономичность и уникальные технологические возможности делают галфенол потенциальной альтернативой материалу Terfenol-D. А применение в них редкоземельных металлов, таких как тербий Tb и диспрозий Dy, способно увеличить показатели магнитострикции.

Основной задачей аванпроекта было обоснование разработки технического задания и требований на НИР «Разработка технологии производства сплавов железо-галлий, обладающих магнитострикцией».

В ходе аванпроекта поэтапно реализованы все запланированные работы, достигнуты цели и решены задачи исследования. Проведены патентные исследования на технологический уровень и тенденции развития. Выполнены аналитические исследования по технологиям производства сплавов железо-галлий, обладающих значением магнитострикции не менее $100 \cdot 10^{-6}$. Разработаны и обоснованы требования к сплавам железо-галлий, обладающих магнитострикцией и к технологии их производства. Разработаны методические рекомендации для испытаний и исследований образцов-демонстраторов на:

- определение содержания железа,
- определение содержания галлия,
- методы физико-химического анализа, в том числе рентгеновский, флуоресцентный, структурный и масс-спектрометрический методы,
- магнитометрические измерения.

Проведена метрологическая экспертиза разработанных требований к технологии производства сплавов железо-галлий, обладающих

магнитострикцией. Разработаны технико-экономическое обоснование и техническое задание на НИР по теме «Разработка технологии производства сплавов железо-галлий, обладающих магнитострикцией».

Аванпроект выполнен силами АО «Гиредмет» без привлечения сторонних соисполнителей в лаборатории технологии получения веществ особой чистоты под руководством начальника лаборатории, к.т.н. Юрасовой О.В. В числе исследователей исполнителей проекта начальник лаборатории, к.т.н. Юрасова О.В. и ведущий научный сотрудник лаборатории, к.х.н. Ермоченков И.М. В реализации проекта приняли участие два стажера-исследователя.

Сотрудниками лаборатории проведена *НИР по теме «Создание экспериментальной оснастки для получения хлорида алюминия 99,99%» в рамках затратного мероприятия (тема 22-78-4.4-4).*

Выполнение НИР было связано с решением актуальной задачи создания технологии и опытного участка получения безводного хлорида алюминия с содержанием основного вещества 99,99 % и выше в малотоннажном количестве в интересах ФГУП «ФЦДТ «Союз». В ходе выполнения проекта разработана технология получения безводного хлорида алюминия с содержанием основного вещества до 99,999 %. Разработанная технология позволяет обеспечить высокий выход конечного продукта. Получена опытная партия безводного порошка хлорида алюминия в количестве более 10 кг. Материал передан на испытание во ФГУП «ФЦДТ «Союз».

На данный момент продолжаются работы по отработке технологии и улучшению свойств безводного порошка – чистоты и крупности продукта. С этой целью создана оригинальная экспериментальная оснастка для реализации процесса, позволяющая получать до 0,5 кг/час безводного хлорида алюминия.

Проект выполнен в лаборатории технологии получения веществ особой чистоты под руководством начальника лаборатории, к.т.н. Юрасовой О.В. с участием специалистов ИАСЦ под руководством начальника центра, к.х.н.

Кошель Е.С. Работа выполнена в интересах ФГУП «ФЦДТ «Союз», а также перспективных потребителей.

Исследователи сохранили преемственность поколений. Опыт и знания передаются молодым специалистам. Средний возраст сотрудников составляет менее 45 лет. Коллектив лаборатории представлен специалистами высокой квалификации, в числе которых пять кандидатов наук: начальник лаборатории, к.т.н. Юрасова О.В., ведущий научный сотрудник лаборатории, к.х.н. Ермоченков И.М., научный сотрудник лаборатории, к.т.н. Овсянников Н.А., ведущий научный сотрудник лаборатории, к.т.н. Заварцев Ю.Д., ведущий научный сотрудник лаборатории, к.т.н. Загуменный А.И. Всего в лаборатории числится 14 сотрудников, из них 6 являются внешними совместителями, 1 аспирант, два студента. По результатам работы лаборатории в 2024 году запланирована защита кандидатской диссертации.

Подготовленные кадры высшей научной квалификации успешно выполняют новые разработки, активно участвуют в научных конференциях, публикуют по результатам исследования научные статьи, оформляют патенты и «ноу-хау» на изобретения.

На сегодняшний день можно выделить следующие основные направления деятельности лаборатории технологии получения веществ особой чистоты:

- разработка новых технологических схем и процессов получения веществ с заданными характеристиками: состав, чистота/содержание основного вещества, размерность и удельная площадь поверхности частиц;
- разработка экстракционных технологических процессов извлечения, разделения и глубокой очистки редких, цветных и драгоценных металлов;
- выращивание монокристаллов сцинтилляторов на основе РЗМ и изготовление из них кристаллических элементов;
- получение опытных партий веществ заданного качества (не обеспеченных промышленным производством) для оперативного обеспечения предприятий РФ и зарубежных заказчиков.



Рис. 26. Сотрудники лаборатории технологии получения веществ особой чистоты

В 2023 году запланировано проведение работ, направленных на разработку технологии экстракционного извлечения кобальта, никеля и марганца из технологических растворов переработки отработанных литий-ионных аккумуляторов с получением концентрата марганца, и гостированных солей кобальта и никеля; изготовление керамических материалов с определенными характеристиками и др. Кроме того, запланированы работа по разработке технологии изготовления матричных детекторов на основе монокристаллических пикселей LSO для ядерной медицины.

Лаборатория технологии разделения редкоземельных металлов и соединений – Отделение особо чистых веществ и монокристаллов

Начальник лаборатории – С.А. Василенко

Лаборатория технологии разделения редкоземельных металлов и соединений образована в 2014 г. в результате реорганизации научно-производственного комплекса редких и драгоценных металлов (НПК-1), коллектив которой был образован сотрудниками, работавшими в лабораториях Гиредмета. Основные направления их деятельности

заключалась в разделении соединений редкоземельных металлов и получение хлоридов редких металлов.



Рис. 27. Начальник лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений Василенко С.А.

В 2020–2022 году в подразделении сформировались два основных направления работ: заказной синтез партий особо чистых хлоридов редких и редкоземельных элементов под требования заказчиков, в том числе иностранных; проведение НИР и НИОКР по созданию производств этих соединений. Активно велась работа в кооперации с коллегами из других лабораторий по разработке технологий получения высокочистых редкоземельных металлов и скандия в виде металлической губки, полученной методом литийтермии хлоридов и дистиллята.

Лаборатория оснащена оборудованием для проведения работ с газообразным хлором, чистым хлороводородом, имеет возможность синтезировать эти и другие хлорирующие агенты для проведения сложных высокотемпературных синтезов. Оснастка для процессов чаще всего выполнена из кварцевого стекла и графита.

На базе лаборатории возможна переработка техногенных отходов, содержащих редкие и редкоземельные элементы с получением товарной продукции.

В 2022 году в лаборатории был успешно выполнен 1 этап работ в рамках НИОКР по теме «Разработка лабораторной технологии получения четыреххлористого кремния (ЧХК) с использованием диатомита в качестве кремнийсодержащего сырья». Период выполнения: 12.05.2022 – 2023.

Актуальность исследования определяется возможностью использования диатомита в качестве сырья для получения четыреххлористого кремния. Цель НИОКР – разработка лабораторной технологии получения четырёххлористого кремния (ЧХК) с использованием диатомита в качестве кремнийсодержащего сырья для дальнейшего создания промышленного производства и выдача исходных данных для проектирования. В качестве кремнийсодержащего сырья использован диатомит Забалуйского месторождения Инзенского района Ульяновской области. Для проведения лабораторных исследований отобрана представительная партия диатомита.

На этапе 2022 года выполнена разработка лабораторной технологии получения ЧХК из диатомита и исходных данных для проектирования опытно-промышленной установки, в ходе которых:

- подготовлена представительная партия диатомита Забалуйского месторождения к исследованиям (дробление, измельчение, усреднение, определение физических характеристик), выполнен входной анализ диатомита (минералогический, гранулометрический, химический, термический), исследованы и отработаны режимы процесса хлорирования подготовленной шихты;

- создана лабораторная установка производительностью до 2 кг/сутки;

- получен опытный образец ЧХК с анализом химического состава и количества примесей различных хлорсиланов;

- разработаны исходные данные для проектирования опытно-промышленной установки производительностью до 400 кг/сутки.

НИОКР выполнялся в лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений под руководством руководителя проекта Хидировой С.В. при участии специалистов ИАСЦ АО «Гиредмет» под

руководством Кошель Е.С., а также с привлечением организации - соисполнителя АО «ВНИИХТ». Последним выполнена НИР «Геолого-минералогические исследования представительной партии диатомита и разработка исходных данных для проектирования опытно-промышленной установки», в том числе исследована представительная партия диатомита и разработаны технологические параметры рудоподготовки и входного анализа.

Коллектив исследователей – участников проекта от АО «Гиредмет», представлен специалистами высокой квалификации, в числе которых ведущий научный сотрудник лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений, к.х.н. Апанасенко В.В., ведущий научный сотрудник лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений, к.т.н. Лазаренко В.В., научный консультант, д.х.н. ИАСЦ Барановская В.Б., девять кандидатов наук в составе ИАСЦ: начальник центра, к.х.н. Кошель Е.С., ведущий научный сотрудник центра, к.т.н. Шнейдер Б.В., ведущий научный сотрудник центра, к.т.н. Данилин Е.С., ведущий научный сотрудник центра, к.т.н. Бабкин А.В., старший научный сотрудник центра, к.т.н. Орлов В.В., ведущий научный сотрудник центра, к.т.н. Дубенский А.А.

Параллельно, в кооперации с коллегами из других лабораторий, выполнялся 2 этап НИОКР в рамках реализации проекта ЕОТП-МТ-454 (ПННТР «Материалы и технологии») *по теме «Разработка технологии получения металлических индивидуальных РЗМ иттриевой подгруппы (Gd, Tb, Dy, Ho, Er) чистотой не менее 99,95 % из оксидов»*. Период выполнения: 26.10.2021 – 30.11.2023.

НИОКР предполагает получение металлических гадолиния (Gd), тербия (Tb), диспрозия (Dy), гольмия (Ho) и эрбия (Er) высокой чистоты с низкой себестоимостью благодаря выбору оптимальной технологии производства (по хлоридному методу) и реализации побочных продуктов. Целью настоящей работы является создание экономически эффективной технологии получения РЗМ иттриевой подгруппы – Gd, Tb, Dy, Ho, Er высокой (не менее 99,95 %) чистоты из оксидов для удовлетворения спроса заказчиков из

высокотехнологичных отраслей российской и, преимущественно, зарубежной промышленности с возможностью создания гибкой линейки продуктов, синтезируемых под специальные требования (в части примесного состава, структуры, формы и др.).

В задачи исследования входит: выбор возможных технологических решений получения РЗМ (Gd, Tb, Dy, Ho, Er) высокой чистоты из оксидов, апробация технологий получения конкретных РЗМ и разработка технических заданий (ТЗ) и конструкторской документации (КД) на оборудование для участков опытно-промышленного производства РЗМ высокой чистоты, подготовка технологических участков получения РЗМ (Gd, Tb, Dy, Ho, Er) высокой (не менее 99,95 %) чистоты, получение опытных партий и разработка технологической документации.

В ходе выполнения промежуточных (2021-2022 гг.) этапов работы были выбраны возможные технологические решения получения РЗМ (Gd, Tb, Dy, Ho, Er) высокой чистоты из оксидов с проведением патентных исследований (выбраны способы получения безводных хлоридов РЗМ высокой чистоты, черновых РЗМ и их дистиллятов для каждого изучаемого элемента), а также проведена апробация технологий получения конкретных РЗМ, разработаны ТЗ и КД на оборудование для участков опытно-промышленного производства РЗМ (Gd, Tb, Dy, Ho, Er) высокой чистоты.

НИОКР выполнялись под руководством начальника лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений Василенко С.А. при участии специалистов из лаборатории технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов, лаборатории технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов, группы перспективных проектов (в части цифровизации), участка лигатур и Испытательного аналитико-сертификационного центра АО «Гиредмет» под руководством Кошель Е.С., а также с привлечением научной организации – соисполнителя (АО «ВНИИХТ»). Соисполнителем в 2022 году выполнен первый этап НИР по теме «Разработка системы автоматизации синтеза

хлоридов РЗМ», в том числе разработана принципиальная схема автоматизации, спецификации КТС и программного обеспечения, закуплены комплектующие, изготовлена система автоматизации печей синтеза, проверена функциональность системы. Коллектив исполнителей НИОКР представлен специалистами АО «Гиредмет» высокой квалификации, в числе которых ведущий научный сотрудник лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений к.х.н. Апанасенко В.В., ведущий научный сотрудник лаборатории к.т.н. Лазаренко В.В., начальник лаборатории технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов к.т.н. Чапыгин А.М., научный сотрудник лаборатории технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов к.т.н. Котляров Владимир Иванович, начальник ИАСЦ, к.х.н. Кошель Елизавета Сергеевна.

Сотрудниками лаборатории выполнена *НИОКР по теме «Разработка технологии производства особо чистого скандия» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (ID 054-002-663, «Скандий»)*

Ввиду отсутствия российского производства высокочистого металлического скандия (мировой лидер по производству – Китай) целью проекта является создание новой технологии получения металла чистотой не ниже 99,99 % (по металлическим примесям) при максимальном содержании газовых примесей (кислорода) на уровне 200 ppm. Особенностью разрабатываемой технологии получения особо чистого скандия является проведение процессов хлорирования (при котором происходит попутная очистка), литийтермического восстановления и вакуумной дистилляции в особых режимах. Получение скандия с низким содержанием газовых примесей обеспечивает возможность проведения холодной пластической деформации дистиллированного скандия со степенью деформации не менее 70 % без проведения дополнительных обжигов, что важно для применения этого металла в микроэлектронике. В ходе внедрения на основе данной разработки предполагается создание малотоннажного (100–120 кг/год) участка по выпуску металла. Производство особо чистого скандия позволит

удовлетворить спрос российской экономики (микроэлектроника), а на созданной малотоннажной установке предполагается выпуск экспортно-ориентированного продукта.

Проект выполнен в лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений под руководством начальника лаборатории Василенко С.А. с участием сотрудников ИАСЦ и других научных лабораторий. В составе исполнителей проекта ведущий научный сотрудник лаборатории, к.х.н. Апанасенко В.В. Работа выполнена для потребителей импортозамещаемого скандия, скандийсодержащей продукции.

Выполнен заказной синтез не менее чем 10 партий особо чистых безводных солей, таких как: хлорид иттрия, хлорид скандия, хлорид хрома (II), хлориды рения (III) и (V), хлорид висмута (V) и др.

Деятельность лаборатории прочно связана с разработкой технологий получения безводных высокочистых тетрахлоридов гафния и циркония, выполняя своими силами как относительно небольшие производственные заказы по этому направлению, так и развивая тоннажное производство в кооперации с АО «ЧМЗ».

Лаборатория проводит совместные исследования с коллегами из АО «ВНИИХТ» и АО «НИИГрафит» при разработке технологий.



Рис. 28. Сотрудники лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений

В 2022 году в лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений числилось 14 сотрудников, из которых 1 кандидат химических наук, 4 студента РХТУ им. Д.И. Менделеева. Сотрудники активно участвуют с докладами на научных конференциях, семинарах и в конкурсах. Лаборатория оказывает содействие при проведении Технического тура по лабораториям ХТК, рассказывая студентам, и преподавателям направления их деятельности, а для экскурсий для школьников всегда активно принимают участие в организации интересных экспериментов.

Лаборатория технологии получения рассеянных элементов – Отделение особо чистых веществ и монокристаллов

Начальник лаборатории – В.В. Вахрин

Подразделение берет свое начало из лаборатории №13 Института Гиредмет, которая с 1933 года является головным разработчиком промышленных технологий получения и глубокой очистки германия, индия, галлия, рения, таллия и их соединений на территории СССР.

Основные направления деятельности лаборатории технологии получения рассеянных элементов:

- технологии получения и глубокой очистки индия, галлия, германия;
- получение соединений индия, галлия, германия, рения, циркония, титана;
- разработка технологических процессов производства соединений редких и рассеянных элементов.

Лаборатория ведет смежные разработки по таким направлениям как переработка отходов промышленных предприятий с целью извлечения ценных компонентов; методы получения и очистки сложных солевых смесей.

К последним достижениям лаборатории следует отнести разработку технологии получения анодного и катодного материалов для литий-ионных аккумуляторов, а также разработки в области получения сложных оксидных

композиций на основе редких металлов для получения топливных элементов и создания нового поколения приборов с использованием пьезо- и сегнетоэлектриков оборонного назначения.

В распоряжении лаборатории имеется установка для получения оксида галлия 6N из галлия металлического производительностью до 20 кг в месяц; установка очистки металлического галлия, позволяющая очищать исходный галлий чистотой 4-5N до уровня 6-7N методами кристаллизационной очистки; установка очистки металлического индия (вакуумная установка двойной дистилляционной очистки индия, производит очистку до уровня 6N из индия марки Ин00), производительностью до 30 кг в месяц; опытный стенд очистки перрената аммония (позволяет производить электродиализную очистку перрената аммония от марки AP-1 до марки AP-00), производительностью до 15 кг в месяц (рис. 29).



А



Б



В



Г

Рис. 29. Парк нестандартного опытного оборудования лаборатории:
а – установка очистки металлического галлия, *б* – установка очистки металлического индия; *в* – установка для получения оксида галлия 6N из галлия металлического, *г* – опытный стенд очистки перрената аммония

Наиболее значимые работы лаборатории за 2022 год.

1. Производство индия 6N для внутреннего потребления

По данному направлению в 2022 году силами лаборатории было произведено и передано 55 кг индия марки 6N. Производство особо чистого индия осуществляется на специализированной установке вакуумной дистилляции, с общей производительностью до 30 кг в месяц.

2. Разработка технологии получения дихлордиоксида молибдена чистотой 6N

По данному направлению разработана технология получения MoO_2Cl_2 чистотой 5N на специально созданной опытной установке; произведен и протестирован у Заказчика пробный образец материала и подписан заказ на пробную партию материала.

3. Разработка технологии получения керамики ИТО (оксид индия и олова)

В 2022 году сотрудниками лаборатории подобраны режимы получения нанопорошков ИТО с заданными характеристиками; начаты работы по подборам режимов спекания плотных керамических заготовок.

В лаборатории были проведены НИОКР по теме «Исследование процесса сублимационной очистки технического тетраоксида циркония в восстановительной атмосфере» (1 этап).

В 2022 году в лаборатории проводился НИОКР в рамках реализации проекта ЕОТП-МТ-496 (ПННТР «Материалы и технологии») по теме «Разработка технологии получения особо чистого германия для детекторов гамма излучения». Период выполнения: 26.08.2022 – 30.11.2024.

К высокотехнологичным материалам, широко применяемым в полупроводниковой технике, в том числе в полупроводниковых детекторах, предъявляются высочайшие требования по уровню чистоты не только исходных материалов – при работе с такими материалами устанавливаются предельно высокие требования к методам подготовки оснастки, используемым газам и жидкостям, инфраструктуре.

Целью НИОКР является разработка универсальной технологии очистки исходного сырья и выращивания монокристаллов особой (не менее 7N)

чистоты, на примере слитков диаметром не менее 50 мм особо чистого германия (ОЧГ, HPGe) для детекторов гамма-излучения.

HPGe можно отнести к материалу высокой чистоты ввиду наличия растворенного водорода, углерода и кислорода, а германий особо чистый детекторный (ОЧГ, HPGe) является предельным случаем чистого материала, требования по чистоте к которому перекрывают требования к известным полупроводниковым монокристаллам. База экспериментального оборудования, позволяющего получать материал такого качества, автоматически позволит расширить диапазон разрабатываемых особо чистых монокристаллов: InSb, GaSb, LiF, Si, Ge, SiGe, BGO. Технологии получения этих монокристаллов имеют общие требования: метод предварительной очистки сырья (для большинства материалов), способ выращивания монокристалла, температура процесса выращивания, атмосфера ведения процесса выращивания. Создание экспериментальной базы для ведения процессов зонной очистки и выращивания монокристаллов методом Чохральского, с применением особо чистых защитных покрытий, специализированного экспериментального оборудования, особо чистых сред и оснастки позволит получать монокристаллы чистотой 7N и выше. Такая база позволит синтезировать и исследовать свойства специальных марок широкого ряда особо чистых монокристаллов и будет способствовать развитию промышленных методов получения новых для России материалов, в том числе германия особо чистого детекторного.

Особенности и новизна решения задач исследования заключаются в следующем:

- применение комбинированных методов зонной очистки германия в атмосфере с контролируемым содержанием кислорода, азота и добавками кремния для ведения процессов зонной очистки с одновременным геттерированием примесей;

- применение на этапе зонной очистки и выращивания геттеров на основе кремния и азота;

- использование специальных углерод-углеродных и углерод-кремниевых особо чистых покрытий;
- использование специальных покрытий на основе аморфного оксида кремния с регулируемым содержанием кислорода.

Таким образом, решение задачи получения HPGe, позволит освоить процессы получения особо чистых материалов и защитных покрытий, в том числе для проведения дальнейших исследований и разработок в направлении особо чистых полупроводников с применением процессов зонной очистки и выращивания методом Чохральского.

Для достижения целей исследования необходимо разработать исходные технические требования и техническое задание на экспериментальные стенды получения HPGe, разработать конструкторскую документацию на экспериментальные стенды и технологическую документацию на изготовление HPGe диаметром не менее 20 мм, разработать технологическую документацию на изготовление HPGe диаметром не менее 50 мм.

В рамках этапа НИОКР, выполняемого в 2022 году, разработаны исходные технические требования к экспериментальным стендам получения HPGe, разработано техническое задание на экспериментальные стенды получения HPGe и контроля процессов получения HPGe, проведены патентные исследования на уровень техники и тенденции развития, разработано техническое предложение на стенд зонной очистки германия, разработан эскизный проект стенда зонной очистки германия.

НИОКР выполнялся в лаборатории технологии получения рассеянных элементов под руководством начальника лаборатории Вахрина В.В. с привлечением специалистов из лаборатории технологии разделения редкоземельных металлов и соединений АО «Гиредмет», а также сторонних научных организаций – соисполнителей (ФТИ им. А.Ф. Иоффе). Соисполнителем в 2022 году выполнена НИР «Изучение современных технологий получения и методов анализа особо чистого германия для применения в детекторах гамма излучения. Проведение патентных

исследований», в том числе проведен обзор применяемых и перспективных технологических процессов, аналитических методов в области получения HPGe, патентный обзор на уровень техники и тенденции развития по теме технологий получения HPGe, рекомендован перечень основного технологического, аналитического оборудования и применяемых материалов.

Коллектив исполнителей НИОКР от АО «Гиредмет» представлен специалистами высокой квалификации, в числе которых один кандидат наук: старший научный сотрудник лаборатории к.т.н. Почтарев А.Н. В проекте принимает участие стажер-исследователь.

В 2022 году в лаборатории проводились работы в рамках реализации НИОКР по теме *«Разработка конструкторской и технологической документации синтеза компонентов высокоэффективных пластмассовых сцинтилляторов с учетом адаптации к существующему оборудованию»* в рамках выполнения проекта ЕОТП-ВНЕ-139 (ВНЕ ПННТР) по заказу АО «ВНИИХТ». Период выполнения: 25.05.2022 – 15.11.2022.

Актуальность работы определяется необходимостью разработки отечественной технологии производства пластмассовых сцинтилляторов для создания и внедрения на предприятиях Госкорпорации «Росатом» средств дозиметрического контроля на основе разрабатываемых материалов, технические характеристики которых должны соответствовать или превышать характеристики импортных аналогов.

Цель НИР – совершенствование технологических приемов синтеза компонентов высокоэффективных пластмассовых сцинтилляторов, разработка конструкторской и технологической документации синтеза компонентов высокоэффективных пластмассовых сцинтилляторов с учетом адаптации к существующему оборудованию заказчика АО «ВНИИХТ».

В результате работ, проведенных заказчиком на предыдущих этапах, были получены основные результаты. Заказчик предоставил десять методик синтеза (по две альтернативных методики на каждый из пяти сцинтилляторов) компонентов пластмассовых сцинтилляторов: часть методик синтеза и

очистки сцинтилляторов – результат модернизации и оптимизации известных, три методики принципиально новые. В ходе выполнения НИОКР проведены работы, обеспечивающие достижение основной цели проекта – разработка КД и ТД синтеза компонентов высокоэффективных пластмассовых сцинтилляторов: спроектирована опытная установка с учетом адаптации к существующему оборудованию АО «ВНИИХТ», разработаны КД и ТД с литерой «О», включая ТУ на все синтезированные материалы; выпущены и испытаны опытные партии: пара-терфенила – 10 кг; 2-фенил-5-(4'-бифенил)-1,3,4-оксадиазола – 1,0 кг; 2,5-дифенилоксазола – 1,0 кг; 1,4-ди(5-фенилоксазол-2-ил) бензола – 0,5 кг; 4-(4'-йодфенил)стильбена – 0,5 кг. На основании ранее проведенных работ, были разработаны и опробованы технологические процессы синтеза пяти сцинтилляционных материалов, обобщенные в один комплект ТД с литерой «Э». Результаты работ данного этапа будут положены в основу организации малотоннажного производства компонентов пластмассовых сцинтилляторов.

Работы выполнялись в лаборатории технологии получения рассеянных элементов под руководством начальника лаборатории Вахрина В.В. с привлечением специалистов из лаборатории технологии получения веществ особой чистоты АО «Гиредмет», а также сторонних научных организаций – соисполнителей (РХТУ им. Д.И. Менделеева). Соисполнителем в 2022 году выполнена НИР «Изучение физико-химических свойств опытных образцов сцинтилляционных материалов», в том числе изучены физико-химические свойства опытных образцов сцинтилляционных материалов, даны рекомендации по оптимизации технологии синтеза. Коллектив исполнителей НИОКР от АО «Гиредмет» представлен специалистами высокой квалификации, в числе которых два кандидата наук – главный научный сотрудник лаборатории технологии получения рассеянных элементов к.т.н. Почтарев А.Н., ведущий научный сотрудник лаборатории технологии получения веществ особой чистоты к.х.н. Ермоченков И.М.



Рис. 30. Сотрудники лаборатории технологии получения рассеянных элементов

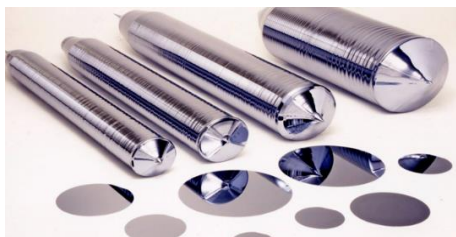
В 2022 году в лаборатории работали 8 сотрудников, в том числе 1 кандидат наук и 2 стажера. Работающих здесь сотрудников, имеющих большой опыт работы в лаборатории, можно назвать ключевыми сотрудниками, внесшими значительный вклад в становление и развитие лаборатории. Почтарев А.Н., к.т.н., главный научный сотрудник и Горбачева Н.С. научный сотрудник лаборатории.

Лаборатория высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 – Отделение полупроводниковых соединений

Начальник лаборатории – к.т.н. С.Н. Князев

Лаборатория высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 образована в 1963 году. Лаборатория проводит комплексные исследования физико-химических свойств GaAs и InAs, особенности

взаимодействия расплава с материалом контейнера, поведение легирующих примесей и факторов, определяющих устойчивый рост монокристаллов.



Основные направления деятельности подразделения: высокотемпературный синтез GaAs и InAs, получение методом Чохральского монокристаллов GaAs и InAs с заданными свойствами, механическая обработка, проведение структурных, механо-упругих, оптических, рентгеновских, электрофизических параметров кристаллов и поставка мелкосерийных партий Заказчикам по доходным договорам.

Полупроводниковые материалы по праву занимают одно из ведущих мест в ряду важнейших материалов, определяющих уровень развития мировой цивилизации. Они составляют основу элементной базы современной электронной техники, без которой сегодня немыслим научно-технический прогресс. С развитием твердотельной электроники (и, прежде всего, микроэлектроники) связано успешное решение проблем крупномасштабной компьютеризации и информатизации, создания современных систем связи и телевидения, эффективной передачи и преобразования электроэнергии, разнообразной бытовой, медицинской и специальной электронной аппаратуры. Большую роль играют эти материалы в решении задач развития экологически чистой энергетики и холодильной техники, создания современных систем мониторинга загрязнений окружающей среды, а также высокочувствительной сенсорной техники широкого функционального назначения.

Развитию элементной базы твердотельной электроники уделяется большое внимание во всех передовых странах мира. Ежегодно в развитие этой области науки и техники в мире вкладываются миллиарды долларов. Достижения физики, физикохимии и технологии полупроводниковых материалов, а также полупроводникового материаловедения в значительной степени определяют прогресс в развитии твердотельной электроники. Наша

страна традиционно занимала (и занимает сейчас) ведущие позиции в материаловедческой науке и располагает высококвалифицированными научными и инженерными кадрами, которые способны на современном уровне решать самые сложные научно-технические задачи развития технологии производства полупроводниковых материалов.

Уже с конца 50-х годов в Гиредмете были развернуты исследования по разработке технологий получения монокристаллов полупроводниковых соединений АЗВ5: антимонидов, арсенидов и фосфидов индия и галлия, призванных обеспечить развитие элементной базы современной оптоэлектроники и СВЧ-техники. Особенно остро стоял вопрос о разработке в кратчайшие сроки технологии получения монокристаллов GaAs, второго (после кремния) по значению полупроводникового материала, и об организации их крупномасштабного промышленного производства. Для решения этой важной государственной задачи в институте в 1963 г. была создана специализированная лаборатория. Как и для кремния, в данном случае потребовало решение целого ряда далеко непростых смежных вопросов обеспечения разработок особо чистыми исходными и контейнерными материалами, создания специализированного технологического оборудования, разработки методов контроля чистоты используемых материалов и качества выращиваемых монокристаллов.

Коллективом лаборатории был выполнен широкий комплекс исследований физико-химических свойств GaAs, включающий изучение особенностей взаимодействия расплава с паровой фазой и различными контейнерными материалами; особенностей поведения легирующих примесей при выращивании монокристаллов; изучение фактов, определяющих устойчивый рост монокристаллов. Особое внимание было уделено изучению процессов дефектообразования, связанных с отклонением от стехиометрии, и условий выращивания однородных по свойствам монокристаллов. Были разработаны высокоэффективные технологии синтеза GaAs и выращивания монокристаллов методом Чохральского из-под слоя флюса.

На протяжении 2022 года основное внимание было сосредоточено на выполнении доходных договоров с АО «НИИПП», АО «ЦНИИ «Электрон», ООО «ИоффеЛЕД», ФТИ им. ИОФФЕ, НИ «ТГУ». Все договора были выполнены в установленные договорами сроки. При этом одновременно решалась задача увеличения диаметра выращиваемых кристаллов и улучшения их качества. Модернизированное и автоматизированное отечественное оборудование усовершенствовалось и дорабатывалось, в том числе, для выращивания монокристаллов GaAs диаметром до 100 мм включительно. В целом, разработанные в лаборатории АО «Гиредмет» технологии обеспечивают получение монокристаллов GaAs и InAs с качественными характеристиками, не уступающими мировому уровню и отвечающими всем требованиям отечественных производителей СВЧ и оптоэлектронных приборов.

В течение 2022 года выполнялись работы по выращиванию и поставке монокристаллов GaAs в рамках доходных договоров с АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов» (АО «НИИПП») г. Томск. Работы полностью выполнены в соответствии с договором и графиком поставки продукции. Получены и поставлены калиброванные монокристаллы GaAs диаметром 40 мм в кристаллографической ориентации (100), легированные теллуром и оловом. В результате на 2023 г. заключен доходный договор и открыта новая тема на изготовление и поставку GaAs.

В рамках договора с ООО «ИоффеЛЕД» (г. Санкт-Петербург) сотрудниками лаборатории была изготовлена партия монокристаллов InAs диаметром 50 мм, ориентацией (100), легированных оловом. Продукция поставлена Заказчику в строгом соответствии с ТЗ и графиком поставки. Работа по договору продолжается.

В рамках договора с ФГБУ ФТИ им. А.Ф. Иоффе» (г. Санкт-Петербург) лабораторией была изготовлена партия монокристаллов InAs диаметром 50

мм, ориентацией (100), легированных оловом. Продукция поставлена Заказчику в строгом соответствии с ТЗ и графиком поставки.

В рамках доходного договора с НИ «ТГУ» была изготовлена партия пластин GaAs диаметром 76,2 мм, ориентацией (100), легированных теллуром. Продукция поставлена Заказчику в строгом соответствии с ТЗ и графиком поставки.

В целях обеспечения производственного плана института выполнялась работа в рамках доходного договора с АО «ЦНИИ «Электрон». Силами лаборатории изготовлена партия монокристаллов InAs диаметром 76,2 мм, ориентацией (100), легированных серой. Продукция поставлена Заказчику в строгом соответствии с ТЗ и графиком поставки.

В 2022 году сотрудниками лаборатории была проведена *НИОКР по теме «Разработка технологии роста монокристаллов GaAs диаметром до 100 мм в магнитном поле» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (ID 054-002-661, шифр «Магнит»)*

Актуальность работы определена необходимостью получения монокристаллического GaAs, выращенного методом Чохральского, с высоким структурным совершенством. Для достижения цели работы – совершенствования технологий роста монокристаллов GaAs диаметром до 100 мм, в проекте решалась задача научного обоснования и практической реализации способа выращивания по Чохральскому монокристаллов GaAs диаметром до 100 мм в магнитном поле с улучшенными (пониженной плотностью дислокаций) структурными характеристиками.

В ходе проекта выполнена модернизация приборной базы, совершенствовано основное технологическое оборудование, получены и исследованы экспериментальные образцы, создан охраноспособный результат интеллектуальной деятельности, оформлена его правовая охрана, закрепляющая права за единственным правообладателем – АО «Гиредмет»:

изобретение «Устройство для выращивания монокристаллов из расплава методом Чохральского», патент РФ от 14.12.2022 № 2785892

Проект выполнялся в Отделении полупроводниковых соединений лабораторией высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 под руководством начальника лаборатории Князева С.Н. с привлечением сотрудников отделения. В составе коллектива исполнителей проекта специалисты высокой квалификации, в том числе два кандидата наук – начальник лаборатории, к.т.н. Князев С.Н., старший научный сотрудник лаборатории, к.ф.-м.н. Сыров Ю.В. Работа выполнялась в интересах заказчиков и потенциальных потребителей.

В 2022 году сотрудниками лаборатории выполнена НИР по теме *«Изучение возможности снижения плотности дислокаций в монокристаллах арсенида галлия и арсенида индия, выращенных по методу Чохральского, путем высокотемпературного градиентного динамического отжига» (054-004-297)*

Цель исследования – снижение плотности дислокаций в монокристаллах GaAs и получение более однородного их распределения за счет применения динамического градиентного отжига (ДГО).

Новизна работы заключается в компьютерном и математическом моделировании постростовой обработки монокристаллов и применении САЕ пакета «Логос» установки ДГО монокристаллов.

Для повышения характеристик монокристаллов GaAs и InAs традиционно используют высокотемпературный отжиг при постоянной температуре. Однако, несмотря на уменьшение напряжения в кристаллах, количество дислокаций до и после отжига не меняется ввиду отсутствия силового поля, приводящего к движению и выходу на поверхность кристаллов дислокаций. В условиях градиентного отжига в кристаллах возникают механические напряжения, инициирующие движение дислокаций. Динамический характер отжига позволяет обеспечить возможность

дислокациям движение в наиболее подходящих кристаллографических направлениях с достижением снижения плотности дислокаций в монокристаллах и однородности их распределения по поверхности пластины.

В ходе исследования решены следующие задачи: разработана опытная установка ДГО монокристаллов GaAs и InAs с целью снижения плотности дислокаций и получения более однородного распределения примесей; создан цифровой двойник типа установки ДГО монокристаллов с целью поиска и оптимизации технологических режимов. Результаты, достигнутые в рамках выполнения работы: разработана конструктивная твердотельная электронная модель печи ДГО, осуществлено численное моделирование процесса ДГО, разработаны электронные твердотельные модели элементов лабораторного образца печи ДГО, а также печь ДГО в сборе, разработана конструкторская документация в соответствии с ЕСКД на большинство элементов печи ДГО, изготовлена масштабная модель лабораторного образца печи ДГО. Численная модель показала наличие значительных температурных градиентов в отжигаемых образцах. Были подобраны конструкционные материалы, удовлетворяющие температурным режимам работы активной зоны печи ДГО. В экспериментальном слитке создан значительный температурный градиент (предсказанный методом численного моделирования). Дальнейшее изучение позволит выявить влияние температурного градиента на миграцию дислокаций в слитке кристалла. Для верификации метода необходимо проведение ряда экспериментов, которые подтвердят его состоятельность.

В процессе выполнения НИР была разработана и прошла испытания пилотная технологическая установка динамического градиентного отжига выращенных монокристаллов (рис. 31).

Проект выполнен в Отделении полупроводниковых соединений лабораторией высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 под руководством начальника лаборатории, к.т.н. Князева С.Н. В составе коллектива исследователей специалисты высокой квалификации, в том числе два кандидата наук – начальник лаборатории, к.т.н. Князев С.Н., старший

научный сотрудник лаборатории, к.ф.-м.н. Сыров Ю.В. В ходе проекта реализовано повышение квалификации кадров: ведущий инженер-технолог Вербицкий Р.А. успешно прошел обучение по теме «Моделирование процессов химических технологий» (ООО «КОМСОЛ»).



Рис. 31. Установка динамического градиентного отжига (ДГО)

В лаборатории высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 в 2022 году работало 18 сотрудников, из которых 2 кандидата наук, 3 аспиранта, 3 стажера.



Рис. 32. Сотрудники Лаборатории высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5

Лаборатория полупроводниковых соединений АПВVI – Отделение полупроводниковых соединений

Начальник лаборатории – к.т.н. И.А. Денисов

В соответствии с постановлениями директивных органов в 1974 году в институте Гиредмет был организован изначально сектор, а затем и лаборатория узкозонных полупроводниковых материалов, которую возглавил д.т.н. О.В. Пелевин. Целью организации специализированного научного подразделения была острая необходимость решения задач по разработке технологий и организации производства материалов для тепловизионной техники военного назначения. Разработке подлежали технологии выращивания кристаллов и эпитаксиальных структур полупроводниковых соединений и твердых растворов систем свинец-олово-теллур (СОТ), кадмий-цинк-теллур (КЦТ) и кадмий-ртуть-теллур (КРТ). В сжатые сроки в сотрудничестве с конструкторским отделом и Опытным механическим заводом Гиредмет было разработано и изготовлено технологическое оборудование, разработаны физико-химические и технологические основы производства перечисленных материалов. В результате выполнения последующих НИР и ОКР была разработана технология выращивания кристаллов КЦТ методом вертикальной направленной кристаллизации (метод Бриджмена), которая была внедрена в серийное производство. Достигнутые результаты позволили обеспечить высококачественным фоточувствительным материалом производство охлаждаемых фоторезисторов и фотодиодов для тепловизоров первого и второго поколения.

Переход тепловизионной техники от линейных сканируемых устройств к матричным фотоприемным устройствам «смотрящего» типа, в которых каждому элементу изображения соответствует свой фотодиод, потребовал разработки эпитаксиальной технологии выращивания гетероструктур с фоточувствительным слоем КРТ и технологии выращивания кристаллов и изготовления подложек КЦТ. И с этими задачами лаборатория справилась

успешно. Разработана технология и организовано опытное производство гетероструктур КРТ на подложках КЦТ методом жидкофазной эпитаксии (литера О₁). Осуществляются регулярные поставки гетероструктур разработчикам и производителям матричных фотоприемных устройств (МФПУ) спектрального диапазона 3–5 мкм и 8–12 мкм.

В настоящее время основными направлениями разработок, проводящихся в лаборатории, являются усовершенствование технологии ЖФЭ КРТ для высокотемпературных МФПУ, увеличение размеров и улучшение структурного совершенства кристаллов и подложек КЦТ. В 2022 г. завершена разработка и проведено освоение в серийном производстве слитков КЦТ для изготовления на их основе пластин-подложек с низкими нормами дефектности и кристаллографической ориентацией поверхности <211> для использования в технологии выращивания гетероструктур КРТ методом молекулярно-лучевой эпитаксии.

В 2022 г. завершен заключительный этап *СЧ ОКР по теме «Разработка технологии выращивания кристаллов твердого раствора кадмий-цинк-теллур и первичной подготовки подложек на их основе для эпитаксиального наращивания фоточувствительных слоев кадмий-ртуть-теллур» (СЧ ОКР «Базис-Кристалл»)*. Период выполнения: 01.10.2021 – 22.10.2022.

Целью выполнения СЧ ОКР «Базис-Кристалл» в интересах АО «НПО «Орион» была разработка и освоение в производстве технологии получения кристаллов на основе твердого раствора кадмий-цинк-теллур (КЦТ), а также разработка технологии первичной обработки поверхности пластин-подложек на основе твердого раствора КЦТ. Основными задачами СЧ ОКР, которые необходимо было решить в ходе исследования, являлись разработка и отработка следующих технологий и методов:

– выращивание кристаллов твердого раствора КЦТ методом вертикальной направленной кристаллизации (методом Бриджмена) на затравку;

- изготовление монокристаллических пластин-подложек из выращенных кристаллов, включающее резку пластин и обработку кромки;
- проведение первичной обработки поверхности пластин-подложек различными методиками шлифования и полирования (как механическими, так и химическими способами).

В ходе выполнения СЧ ОКР определен перечень «критичных» технологических операций (контрольных точек технологического процесса), наиболее существенно влияющих на качество подложек, с целью ведения дополнительного контроля параметров материалов, а также параметров и режимов данных технологических операций. Схема контрольных точек технологического процесса включена в состав комплекта ТД и предъявлена при приемке СЧ ОКР. Разработан отчет о проверке оптимальности принятых конструктивно-технологических решений при разработке материалов, разработан график по подготовке производства кристаллов КЦТ, включающий мероприятия по метрологическому обеспечению производства, мероприятий по обеспечению качества на этапе разработки и освоения в серийном производстве, план применения средств технологического оснащения типовых технологических процессов, механизации и автоматизации трудоемких работ. Подготовлена программа обеспечения качества на этапе разработки и освоения в серийном производстве.

СЧ ОКР «Базис-Кристалл» выполнен с одновременным освоением производства в полном объеме в установленные заказчиком сроки. Разработанный кристаллический слиток полностью соответствует требованиям, предъявляемым к конечному изделию – КЦТ с кристаллографической ориентацией $\langle 211 \rangle$ и содержанием теллурида цинка $0,04 \pm 0,01$ мол. долей. Пластина-подложка, изготовленная из кристалла КЦТ соответствует техническим требованиям, предъявляемым к ней заказчиком. По результатам государственных испытаний опытно-промышленной партии (установочной серии) слитков КЦТ разработанной в ходе выполнения СЧ ОКР конструкторской и технологической документации присвоена литера «А».

СЧ ОКР выполнена силами АО «Гиредмет» без привлечения сторонних соисполнителей в лаборатории полупроводниковых соединений А2В6 под руководством начальника лаборатории к.т.н. Денисова И.А. Коллектив исполнителей НИР представлен специалистами высокой квалификации, в том числе 6 кандидатами наук – начальник лаборатории к.т.н. Денисов И.А., ведущий научный сотрудник к.ф.-м.н. Белов А.Г., ведущий научный сотрудник к.т.н. Шматов Н.И., ведущий научный сотрудник к.ф.-м.н. Никитин М.С., старший научный сотрудник к.т.н. Каневский В.Е., старший научный сотрудник к.т.н. Гришечкин М.Б.

Решением ДРЭП Минпромторга России от 14.11.22 рег.№ У95330 по Акту приемки ОКР «Базис» в целом конструкторской и технологической документации, разработанной в ходе выполнения СЧ ОКР «Базис-кристалл», присвоена литера «А». Слитки КЦТ марки КЦТ-211 считаются освоенными в промышленном производстве АО «Гиредмет».

Результаты СЧ ОКР «Базис-Кристалл» предназначены для использования в серийном производстве слитков КЦТ для изготовления «epi-ready» подложек КЦТ с кристаллографической ориентацией <211> и низкими нормами дефектности для эпитаксиального выращивания фоточувствительных слоев КРТ методом МЛЭ.

В 2022 году сотрудниками лаборатории проведена *НИОКР по теме «Разработка технологии изготовления ИК фотодиодов на основе эпитаксиальных слоев кадмий-ртуть-теллур» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (ID 054-002-674, шифр «КРТ»)*

В ходе проведения научно-исследовательской работы выполнена отработка основных технологических переделов изготовления фотодиодов в архитектуре n^+ на p на основе эпитаксиальных слоев $Cd_xHg_{1-x}Te$, выращенных методом жидкофазной эпитаксии, изготовлены экспериментальные образцы малоформатных матриц фотодиодов, проведены испытания экспериментальных образцов в криогенной зондовой станции. В результате разработана лабораторная технология производства ИК-фотодиодов и

малоразмерных матриц на основе эпитаксиальных слоев КРТ. Достигнут уровень TRL 4. Оформлен секрет производства (ноу-хау) «Способ изготовления планарных $n^+ - p$ фотодиодов на основе кадмий-ртуть-теллур». Дальнейшие работы проводятся в направлении освоения методики измерения и оптимизации спектральных характеристик фотодиодов, а также опробования альтернативных имеющимся в распоряжении АО «Гиредмет» технологий нанесения и вскрытия диэлектрических покрытий с привлечением предприятий, специализирующихся в области микроэлектроники.

Выполнение проекта позволяет перейти от производства фоточувствительного материала к производству фоточувствительных элементов (чипов) или рабочих тел тепловизионных приборов.

Проект выполнялся лабораторией полупроводниковых соединений А2В6 под руководством начальника лаборатории, к.т.н. Денисова И.А. В составе коллектива исполнителей специалисты высокой квалификации, в т.ч. 6 кандидатов наук – к.т.н. Денисов И.А., ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н. Белов А.Г., ведущий научный сотрудник, к.т.н. Шматов Н.И., ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н. Никитин М.С., старший научный сотрудник, к.т.н. Каневский В.Е., старший научный сотрудник, к.т.н. Гришечкин М.Б.



Рис. 33. Сотрудники лаборатории полупроводниковых соединений АПВVI

Сегодня в лаборатории полупроводниковых соединений АПВVI работает 17 сотрудников, из которых 6 – кандидаты наук, 1 – аспирант и 2 – стажеры.

Лаборатория низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 – Отделение полупроводниковых соединений

Начальник лаборатории – Р.Ю. Козлов

Лаборатория низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 занимается выращиванием монокристаллов антимонида индия (InSb) и антимонида галлия (GaSb) методом Чохральского. АО Гиредмет является единственным в России производителем этих материалов.

В отличие от зарубежных производителей, которые используют при выращивании метод Чохральского с жидкостной герметизацией расплава (LEC), специалисты лаборатории получают монокристаллы антимонидов индия и галлия оригинальным двухстадийным методом



Чохральского. Технические решения этого метода были разработаны и запатентованы сотрудниками лаборатории.



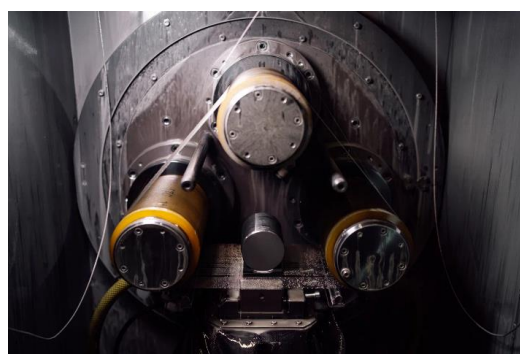
Рис. 34. Сотрудники лаборатории низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5

В 2022 году лабораторию обработки полупроводниковых материалов (созданная в 2021 году) объединили с лабораторией низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5, направление работ которой

заключалось в создании полного технологического цикла обработки полупроводниковых соединений с целью получения товарной продукции в виде полировочных пластин международного качества «eri-ready».

На протяжении 10 лет тематика обработки полупроводниковых соединений АЗВ5 зарождалась в лаборатории высокотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 в АО «Гиредмет». Технологический маршрут изготовления полированных пластин включает полтора десятка разнообразных операций механического, химического, химико-механического характера, большинство из которых проводятся в особых чистых помещениях класса ISO 6 и ISO 4. В лаборатории АО «Гиредмет» производится обработка с применением следующих технологических этапов: разделение калиброванного и ориентированного монокристалла на пластины; очистка резаных пластин; обработка торцевой поверхности резаных пластин (нанесение фаски); механическое шлифование пластин; травление и сортировка пластин; двухстадийное химико-механическое полирование пластин; очистка от органических загрязнений; отмывка и упаковка полированных пластин. Также лаборатория проводит контроль получаемых полированных пластин на предмет соответствия продукции техническим требованиям организации-потребителя. Для достижения необходимых параметров разработаны определенные технологические подходы, которые выполняются в ходе последовательного прохождения по технологическому маршруту. Работники лаборатории занимаются научно-исследовательской деятельностью, активно участвуют в научных конференциях.

Для функционирования научно-производственной линии имеется полупромышленное, лабораторное и контрольно-измерительное оборудование ведущих мировых производителей, основные и вспомогательные материалы, разработаны приспособления и оснастка (рис. 36). Плановая



производительность полной пилотной линии 10 000 пластин в год. Для реализации планов лаборатории специально были созданы магистральные инженерные структуры, обеспечивающие научно-производственную линию сжатым воздухом высокой чистоты, инертными газами, деионизованной водой марки А (18 МОм); смонтированы производственные помещения с классом чистоты ISO 6 и ISO 4.



Рис. 35. Лаборатория низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5

В распоряжении лаборатории имеются пилотная линия обработки полупроводниковых монокристаллов и пластин, а также комплекс вспомогательного оборудования и оснастки (рис. 36).



Рис. 36. Парк оборудования лаборатории

В 2022 году в лаборатории выполнялся НИОКР по теме «Разработка технологии получения полированных пластин на основе монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуром» в рамках выполнения проекта ЕОП-МТ-442 (ПННТР «Материалы и технологии»). Период выполнения: 07.10.2021 – 30.11.2023.

Выполнение проекта направлено на создание технологии получения полированных пластин антимонида галлия, сильнолегированного теллуром, используемые в качестве подложечного материала для изготовления сложных гомо- и гетероэпитаксиальных структур, позволяющих создавать широкую гамму оптоэлектронных приборов (приемников излучения) в спектральном диапазоне 1,2–2,5 мкм, а также в фотовольтаических источниках тока. В качестве материала подложки антимонид галлия имеет наилучшее согласование периодов кристаллической решетки с четверными растворами Al-Ga-As-Sb и In-Ga-As-Sb, в сравнении с остальными соединениям группы АЗВ5.

В результате выполнения промежуточных этапов НИОКР разработана научно-техническая документация на экспериментальные стенды для выращивания монокристаллов и полировки пластин антимонида галлия, сильнолегированных теллуром, для чего:

- проведены патентные исследования, включая анализ состояния рынков;
- разработано техническое задание на экспериментальный стенд для выращивания монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуром, диаметром не менее 100 мм;
- разработано техническое задание на экспериментальный стенд для получения полированных пластин на основе монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуром;
- разработана рабочая конструкторская документация теплового узла для выращивания монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуром, диаметром не менее 100 мм.

Кроме того, разработана технология выращивания монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom, диаметром не менее 100 мм, для чего:

- изготовлен экспериментальный стенд для выращивания монокристаллов диаметром не менее 100 мм;

- разработаны программа и методика испытаний образцов монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom, диаметром не менее 50,8 мм и не менее 100 мм;

- выращены монокристаллы антимонида галлия, сильнолегированные теллуrom, диаметром не менее 50,8 мм и 100 мм, изготовлены контрольные пластины, на которых исследованы электрофизические и структурные характеристики монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom на соответствие предъявляемым требованиям, откалиброваны до диаметра 50,8 мм и 100 мм три монокристалла антимонида галлия, сильнолегированного теллуrom, подтверждённого качества;

- разработана технологическая инструкция на процесс получения монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom, диаметром не менее 100 мм;

Выполнены плановые этапы по разработке технологии получения полированных пластин на основе монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom, для чего:

- разработана маршрутная карта изготовления полированных пластин на основе монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom;

- разработаны программа и методика испытаний пластин, антимонида галлия, сильнолегированного теллуrom, прошедших операции шлифования и полирования;

- разработаны технологические инструкции и отработаны режимы резки на пластины монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom, диаметром 50,8 мм, обработки боковой поверхности пластин,

шлифования резанных пластин, отмывки пластин после механических операций;

– изготовлен экспериментальный стенд для получения полированных пластин из монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom, диаметром не менее 100 мм.

Все результаты получены на исследовательской и научно-производственной, аппаратурной и приборной базе лаборатории низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 под руководством начальника лаборатории Козлова Р.Ю. Работы 2022 года выполнены собственными силами АО «Гиредмет». Коллектив исследователей, исполнителей и участников проекта представлен специалистами высокой квалификации, в том числе тремя кандидатами наук: ведущий научный сотрудник лаборатории низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 к.т.н. Молодцова Е.В., ведущий научный сотрудник лаборатории низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 к.т.н. Хохлов А.И., ведущий научный сотрудник лаборатории полупроводниковых соединений А2В6 Белов А.Г.

В 2022 году сотрудниками лаборатории в рамках реализации инвест-мероприятий выполнена НИОКР по теме «Разработка технологии получения монокристаллов антимонида индия диаметром 100 мм и изготовление из них пластин качества «epi-ready», используемых для создания тепловизионных и фотопреобразовательных приборов» (ID 054-002-652, «Антимонид индия»).

Актуальна проблема создания современных широкоформатных фотоприемных устройств, базирующихся на летательных аппаратах для зондирования поверхности Земли, а также ИК фотоприемных устройств следующего поколения для мониторинга удаленных источников. В высокотехнологичном производстве оптоэлектронных приборов последнего поколения используют полированные пластины высокого («epi-ready») качества на основе монокристаллов InAs (InAs) большого (≥ 100 мм) диаметра. Объемы таких производств преимущественно сконцентрированы за рубежом.

Целью работы являлась разработка комплекса технологий для получения продукции, соответствующей мировому уровню по геометрическим и качественным характеристикам. В ходе проекта модернизировано имеющееся оборудование (выращивание, обработка), отработаны технологии травления пластин на малом диаметре, финишная отмывка пластин InSb на малом диаметре.

Проект выполнен лабораторией низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 под руководством начальника лаборатории Козлова Р.Ю., ведущие научные сотрудники – к.т.н. Молодцова Е.В. и к.т.н. Хохлов А.И., а также специалисты других лабораторий Отделения полупроводниковых соединений.

Работа выполнялась в интересах заказчиков и потенциальных потребителей продукции.

Лаборатория насчитывает 19 сотрудников, в т. ч. 4 кандидата наук, 2 аспиранта и 5 стажеров. Вместе с начальником лаборатории научно-исследовательской, наставнической деятельностью занимается Молодцова Елена Владимировна – к.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории (опыт в области выращивания монокристаллов более 40 лет).



Рис. 37. Коллектив лаборатории низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5

Отделение материалов накопителей и преобразователей энергии

Начальник лаборатории – д.х.н. М.В. Ананьев

Технологии преобразования и хранения энергии играют важную роль в социальном, экономическом развитии государства, безопасности и лидерстве в современном мире. Огромное потребление нефти, угля и природного газа в качестве традиционных видов топлива привело к серьезному загрязнению окружающей среды и необратимым изменениям климата. В результате этих усилий возобновляемые источники энергии и водород постоянно заменяют традиционные ископаемые виды топлива.

Общемировые вызовы, связанные с изменением климата, а также постоянно меняющийся рынок ископаемых источников энергии привел к смещению внимания человечества к использованию водорода как универсального энергоносителя: и в качестве топлива, и для накопления энергии. Поскольку продуктом окисления водорода является чистая вода, водород можно использовать в качестве «зеленого» топлива для производства электроэнергии. Развитые страны во всем мире прилагают значительные усилия, чтобы уменьшить влияние на климат, строя безуглеродную энергетику и экономику. Декарбонизация отдельных секторов экономики может быть достигнута за счет внедрения производства энергии на основе водорода.

Возникает сложный вопрос: какая технология лучше всего подходит для достижения этих амбициозных целей? Электрохимические устройства занимают важную нишу в технологиях производства водорода и преобразования энергии. Одной из наиболее энергоемких технологий производства электроэнергии из водорода являются твердооксидные и протонно-керамические топливные элементы, которые позволяют достичь более 1200 Вт·ч/кг. Такие устройства могут использоваться в качестве электрохимического источника энергии и тепла в стационарных и мобильных системах с мощностью от единиц и десятков до сотен киловатт в промышленности, электро- и теплоснабжения для бытовых и специальных

целей (фермы, сотовые операторы, метеостанции), в робототехнике, в транспорте, беспилотных двигательных и летательных аппаратах и др. Другая группа электрохимических устройств – это твердооксидные и протонно-керамические электролизеры на основе керамических электролитов с кислородно-ионной или протонной проводимостями.

На обоих этих типах электрохимических устройств можно проводить электролиз воды с образованием газообразных водорода и кислорода высокой чистоты. Протонно-керамические электролизеры могут быть использованы для получения водорода из углеводородов и аммиака. Таким образом, электрохимические устройства с кислородно-ионной и протонной проводимостями имеют большое значение в технологиях производства и аккумулирования энергии, обладая большим потенциалом для экологически чистого и устойчивого развития энергетики.

Отделение материалов и технологий для накопления и преобразования энергии создано в 2021 году. В структуру отделения входят 3 лаборатории:

- Лаборатория технологий и материалов современной энергетики;
- Лаборатория материалов электрохимических накопителей энергии;
- Лаборатория термоэлектрических материалов.



Рис. 38. Сотрудники отделения материалов накопителей и преобразователей энергии

В 2022 году были выполнены НИОКР по теме «Разработка и испытания лабораторных образцов энергоемких и мощных натрий-ионных аккумуляторов», 1 этап, в рамках реализации проекта ЕОТП-ВНЕ-495 (вне ПННТР). Период выполнения: 17.10.2022 – 10.11.2024.

Сегодня несмотря на достигнутый прогресс в характеристиках литий-ионных аккумуляторов (ЛИА), растущие требования потребителей, повышающиеся экологические нормы, экономические и политические факторы заставляют искать пути их дальнейшего совершенствования либо альтернативы среди других электрохимических систем.

В рамках поиска экономически более выгодной альтернативы ЛИА исследуются системы на основе натрия, калия, магния и алюминия. Идея использования натрия в электрохимических накопителях не нова: высокотемпературные натрий-серные и натрий-металлгалогенидные аккумуляторы известны достаточно давно. Преимуществом натрий-ионных аккумуляторов (НИА) является отсутствие критической потребности в кобальте, так как основными переходными металлами, применяемыми в катодных материалах НИА, являются производимые в больших, чем кобальт, объемах никель, марганец, медь, железо, а также, в некоторых случаях, ванадий.

В России разработки НИА ведутся несколькими научными группами, в основном на уровне лабораторий. Наиболее значительный объем работ выполнен в МГУ в рамках проекта Российского научного фонда «Перспективные материалы для накопителей энергии нового поколения», начатого в 2017 году и продленного до 2023 года. Созданы прототипы НИА в ламинатном корпусе емкостью от 0,4 до 3,3 Ач. Также исследования ведутся в Новосибирском Институте химии твердого тела и механохимии СО РАН, Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, на базе Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН.

Целью работы является разработка и испытания лабораторных образцов энергоемких (тип 1) и мощных с увеличенным ресурсом (тип 2) натрий-

ионных аккумуляторов, для чего необходимо последовательное решение следующих задач:

- разработка технического задания на создание лабораторных образцов НИА двух типов,
- разработка технологий получения материалов для изготовления лабораторных образцов НИА,
- изготовление лабораторных образцов НИА двух типов, оценка их характеристик.

В рамках этапа НИОКР по разработке технического задания на создание лабораторных образцов НИА достигнуты все результаты, запланированные на 2022 год: выполнено обоснование выбора электрохимических систем, подготовлено ТЗ на создание лабораторных образцов НИА двух типов – энергоемкого (тип 1) и мощного (тип 2), проведены патентные исследования. Первый этап проекта реализован в лаборатории материалов электрохимических накопителей энергии Отделения материалов накопителей и преобразователей энергии под руководством начальника лаборатории, к.х.н. Ключева В.В. и начальника отделения д.х.н. Ананьева М.В.

В рамках субсидии Минпромторга (Постановление № 1649) были выполнены работы по проекту на тему *«Разработка технологии создания российских среднетемпературных твердооксидных топливных элементов, СТ-ТОТЭ»*.

В рамках проекта по разработке СТ-ТОТЭ подготовлены технические задания на материалы, проведены аналитический обзор и патентные исследования, разработано ноу-хау *«Способ управления эффективностью энергетических установок на базе батареи высоко- или среднетемпературных твердооксидных топливных элементов в режиме ко-генерации электроэнергии и тепла»*.

В работе Отделения особенно ярко проявили себя следующие сотрудники:

– Волков Илья Николаевич – к.т.н., наук, старший научный сотрудник лаборатории материалов электрохимических накопителей энергии. Является соавтором ноу-хау, участвовал в подготовке 2 отчетов о НИОКР, в проведении патентных исследований;



– Ахмадеев Альберт Рустемович – аспирант, научный сотрудник лаборатории технологий и материалов современной энергетики. Принимал активное участие в подготовке 2 отчетов о НИОКР, в части выполнения аналитического обзора.



В отделении числится 13 сотрудников, в т.ч. один доктор наук, два кандидата наук.

Старейшим подразделением в структуре Отделения, созданным ещё в 1994 г., является Лаборатория материаловедения и технологии термоэлектрических материалов. Ее основателем и первым руководителем был Владимир Борисович Освенский – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН, академик Международной академии холода, лауреат Государственной премии, соавтор научного открытия. Основными



*Освенский
Владимир Борисович*

предпосылками создания лаборатории было резкое сокращение финансирования и падения спроса на традиционные полупроводниковые материалы со стороны основных потребителей, что послужило стимулом продолжать исследования не только в традиционных, но и в новых для него направлениях. Одновременно с этим, в мире возрос интерес к термоэлектрическому преобразованию энергии, основными преимуществами которого является его абсолютная экологическая чистота, поскольку роль рабочего вещества играет электронный и дырочный газ полупроводника.

Также следует добавить отсутствие движущихся частей, надежность, практически неограниченный ресурс работы (до 20 лет), бесшумность, малая инерционность, возможность плавного и точного регулирования режима работы, устойчивость к динамическим и статическим перегрузкам и др.

Лабораторией совместно с Институтом химических проблем микроэлектроники (ИХПМ) были начаты работы в области термоэлектрического материаловедения и приборостроения, основной целью которых являлась как разработка новых, так и совершенствование традиционных материалов, а также создание многофункциональной технологии получения высокоэффективных охлаждательных и генераторных модулей с высоким значением коэффициента полезного действия.



Рис. 39. Сотрудники лаборатории термоэлектрических материалов В.В. Каратеев, М.Г. Милвидский, В.Б. Освенский — авторы открытия №341 «Явление образования суперпозиционных твердых растворов в полупроводниковых соединениях»

Первые работы были направлены на разработку физико-химических основ и технологии получения методом вертикальной направленной и зонной кристаллизации текстурированных кристаллов твердых растворов халькогенидов висмута и сурьмы, а также охлаждающих термоэлектрических модулей на их основе с эксплуатационными характеристиками на уровне лучших мировых достижений. Была разработана технология получения термоэлектрических материалов на основе халькогенидов висмута и сурьмы для термогенераторов электроэнергии, работающих в диапазоне температур 100–300 °С. Разработаны оптимизированные термоэлектрические материалы, используемые для создания многокаскадных охлаждающих модулей на

рабочие температуры до $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$. Основной вклад в работу внесли В.Б. Освенский, В.В. Каратеев, Н.В. Луткова, Н.В. Малькова, Г.В. Шепекина и Г.П. Лимаренко.

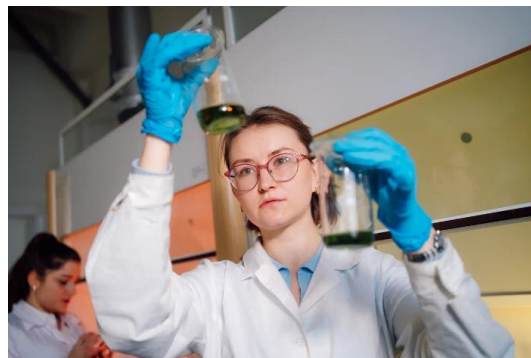
Термоэлектрические преобразователи характеризуются такими преимуществами, как «всеядность» (преобразуют любые слабые тепловые потоки от любых источников, включая тепло человеческого тела); независимость от дневного светового цикла (в отличие от солнечных батарей); скрытность размещения из-за очень малых размеров, высокая надёжность и длительный срок службы (более 25 лет), отсутствие движущихся частей, источников шума и необходимости периодического обслуживания.

На базе АО «Гиредмет» лаборатория имеет собственные производственные мощности по получению термоэлектрических материалов для низкотемпературного диапазона на основе Bi_2Te_3 , и среднетемпературного диапазона на основе материалов PbTe , GeTe , SnTe и Zn_4Sb_3 . Разработанные технологические и конструкционные решения защищены патентами России. Лаборатория обладает комплексом, в значительной мере уникальным, технологического и измерительного оборудования, позволяющего решать задачи в области материаловедения термоэлектриков.

Испытательный аналитико-сертификационный центр

Начальник – к.х.н. Е.С. Кошель

Сфера деятельности Гиредмета очень широка – редкие и редкоземельные, рассеянные и драгоценные металлы, высокочистые вещества и полупроводники, вторичное и минеральное сырье и многое другое. Технологические процессы сложны и многообразны, состоят из стадий переработки исходного сырья, получения полупродуктов и сотен видов конечных продуктов. И на каждой стадии



технологического процесса необходим аналитический контроль качества материалов.

Область аккредитации ИАСЦ на соответствие ГОСТ ИСО 17025 включает 176 методик количественного химического анализа, в том числе изотопного. В рамках поддержания системы аккредитации ИАСЦ проходит ежегодный контроль со стороны органа по аккредитации.

Объектами исследования ИАСЦ являются практически все неорганические материалы и исходные продукты для их получения: высокочистые вещества, редкие, драгоценные металлы, минеральное и вторичное сырье, полупроводники, сверхпроводники, наноматериалы и другие материалы новой техники.

Основные направления исследований ИАСЦ:

– Исследование, разработка и совместное применение высокоэффективных методов аналитического контроля материалов металлургического производства.

– Разработка новых подходов и методов аналитической химии высокочистых веществ, редких, благородных металлов и перспективных материалов на их основе.

– Разработка стандартных образцов на основе высокочистых веществ для метрологического обеспечения аналитических приборов и методик.

ИАСЦ располагает уникальным комплектом аналитических приборов и оборудования отечественного и зарубежного производства, позволяющим решать сложные аналитические задачи:

– Масс-спектрометрия: Искровой масс-спектрометр с двойной фокусировкой JMS-01BM-2 (JEOL); Масс-спектрометр высокого разрешения с ионизацией в тлеющем разряде ELEMENT GD (Thermo Fisher Scientific);



Масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой (ИСП) XSeries II (Thermo Fisher Scientific) – анализ примесного состава (от Li до U) чистых и высокочистых веществ и материалов с рекордной чувствительностью до $10^{-7} - 10^{-8}$ % масс.

– Рентгенофлуоресцентная спектрометрия (Рентгенофлуоресцентный спектрометр ARL OPTIM'X (Thermo Fisher Scientific); Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр Xenometrix Genius IF (XENOMETRIX LTD) Портативный рентгенофлуоресцентный анализатор AL.SERIES (INNOV-X SYSTEMS); – качественное и количественное определение химического состава веществ и материалов от 10^{-3} –100 % масс.

– Атомно-эмиссионная спектрометрия (Спектрометр с анализатором МАЭС «Гранд-Экстра» (ВМК-Оптоэлектроника), Атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent-725, Атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent-5110 Атомно-эмиссионный спектрометр с ИСП iCAP 6300 (Thermo Fisher Scientific) – количественное определение химического состава веществ и материалов от 10^{-6} – 90 % масс.

– Анализатор кислорода, азота, водорода ONH836 (LECO), Анализатор углерода и серы в металлах SC844 (LECO) – определение газообразующих примесей в металлах и материалах на их основе от 10^{-5} –1 %.

– Инфракрасная спектрометрия: ИК-Фурье спектрометр Speecord M80, Prestige-21 (Shimadzu, Япония); ИК-Фурье спектрометр Nicolet iS50 (Thermo Fisher Scientific, США);

– Атомно-абсорбционная спектрометрия: Атомно-абсорбционный спектрометр ZEEMAN-3030 (PERKIN ELMER), Атомно-абсорбционный спектрометр contraa 600 с источником сплошного спектра (Analytik Jena AG) – количественное определение химического состава веществ и материалов от 10^{-6} –10 % масс.

– Рентгеновская дифракция. Порошковый дифрактометр D2 PHASER (Bruker); Многофункциональный тета-тета дифрактометр с TORQUE-гониометром (GNR) – определение фазового состава порошковых проб.

– Лазерная дифракция. Лазерный анализатор размера частиц LS13 320 (Beckman Coulter); Лазерный анализатор частиц ANALYSETTE 22 (FRITSCH) – определение размера частиц в диапазоне прямых измерений: 10 нм – 3 500 мкм.

– Газовая сорбция. Высокоскоростной анализатор площади поверхности и размеров пор Nova 1200e (Quantachrome, США) – определение площади поверхности от 0,01 м²/г, размера пор от 0,35 до 500 нм (от 3,5 до 5000 Å).

– Вспомогательное оборудование для химической и механической подготовки проб: Аналитическая просеивающая машина Retsch; Лабораторная вибрационная дисковая мельница Retsch; Лабораторный гидравлический пресс Carver; Планетарная шаровая мельница Retsch; Станок отрезной настольный; Станок шлифовальный и др.



Рис. 40. Вспомогательное оборудование ИАСЦ для химической и механической подготовки проб

В 2022 году силами специалистов ИАСЦ АО «Гиредмет»:

– Разработана методика определения примесей в тантале методом масс-спектрометрии с тлеющим разрядом.

– Разработана методика масс-спектрального с индуктивно связанной плазмой определения Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ge, Hg, Fe, In, Ir, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, Os, Pd, Pt, P, Pb, Rb, Re, Rh, Ru, Sb, Sn, Sr, Se, Si, Ta, Te, Tl, Th, Ti, Zn, Zr, V, W, Y, Yb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Er, Ho, Lu, Tm, Hf и U в скандии металлическом.

– Разработана методика определения кислорода, азота и водорода в тантале методом высокотемпературной экстракции в токе газа-носителя.



– Разработана методика определения кислорода, азота и

водорода в скандии методом высокотемпературной экстракции в токе газа-носителя.

– Аттестованная методика количественного определения содержания иттрия в сплавах на основе титана. МИ Y-Ti01-2022.

– Продолжены работы по синтезу и исследованию свойств аминотиоэфирных сорбентов, разработан способ синтеза нового сорбента, усовершенствован способ синтеза известного сорбента.

В 2022 году сотрудниками испытательного центра был выполнен НИР по теме «Поиск оптимальных условий выщелачивания и сорбционного концентрирования благородных металлов из конкретных геологических и техногенных объектов». Период выполнения: 05.05.2022 – 03.06.2022.

Цель НИР заключалась в определении оптимальных условий перевода благородных металлов (золота, серебра, платины, палладия, родия, рутения, иридия, осмия) в раствор из представленных заказчиком (АО ТД «Галион») проб, а также подборе сорбентов и поиске оптимальных условий сорбции благородных металлов из растворов, определении содержания благородных

металлов в представленных пробах, предварительной оценке технической возможности и перспективности извлечения из заданных объектов. Представленные заказчиком образцы объектов исследований являлись бедными по содержанию благородных металлов и представляли собой: отвальные хвосты добычи благородных металлов, бедную руду меди и никеля, шлак от переработки медно-никелевой руды.

Методика выполнения работы включала следующие основные последовательные стадии:

- кислотно-окислительное выщелачивание проб в разных условиях с получением раствора выщелачивания, содержащего благородные металлы;
- выбор оптимальных условий перевода благородных металлов в раствор;
- сорбционное концентрирование благородных металлов из растворов выщелачивания, подбор наиболее эффективных сорбентов, определение оптимальных условий сорбции;
- перевод металлов из сорбента-концентрата в раствор азотной кислотой;
- анализ полученных растворов на содержание благородных металлов;
- расчет содержания благородных металлов в представленных объектах;
- предварительная оценка технической возможности и перспективности извлечения благородных металлов из предложенных объектов.

В результате проведенной НИР подготовлен научно-технический отчет заказчику, включающий данные анализа содержания благородных металлов в представленных пробах, расчет содержания благородных металлов в представленных объектах, предварительную оценку технической возможности и перспективности извлечения благородных металлов из предложенных объектов.

НИР по поиску оптимальных условий выщелачивания и сорбционного концентрирования благородных металлов из конкретных геологических и техногенных объектов выполнен в ИАСЦ АО «Гиредмет» без привлечения сторонних организаций-соисполнителей под руководством начальника центра, к.х.н. Кошель Е.С. Из числа исполнителей научно-исследовательской работы следует отметить ведущего инженера-технолога Дальнову Ю.С., ведущего научного сотрудника, к.т.н. Бабкина А.В., ведущего инженера-технолога Межевую Л.Ю. К реализации проекта был привлечен эксперт отделения редких и редкоземельных металлов, к.т.н. Карцев В.Е.

В 2022 году сотрудниками ИАСЦ была проведена *НИОКР по теме «Разработка методов химической диагностики неядерных материалов атомной промышленности» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (ID 054-002-653, «ИАСЦ»)*

Проект направлен на модернизацию и исследование комплекса методов аналитического контроля качества неядерных материалов атомной промышленности, в частности высокочистых металлов, их соединений, сплавов, с выделением в отдельную группу РМ, РЗМ и благородных металлов, как наиболее перспективных для создания новых материалов, а также функциональных материалов (материалов электронной техники, датчиков, магнитных материалов, композиционных материалов и др.).

Основные направления совершенствования методов анализа – увеличение чувствительности определения примесей, расширение круга определяемых примесей, повышение точности получаемых результатов анализа, снижение временных и финансовых затрат.

В ходе разработки и внедрения новых методов химической диагностики неядерных материалов обеспечено:

– расширение аппаратных и функциональных возможностей ИАСЦ (современная инфраструктура для научных исследований и сертификации продукции предприятий Государственной корпорации по атомной энергии

«Росатом» и других отраслей промышленности Российской Федерации с целью выполнения задач технологического лидерства);

– - увеличение объема услуг ИАСЦ и в целом качества выпускаемой продукции АО «Гиредмет» (новые методы, кооперация при выполнении сертификации, глобальное объединение отраслевых и внешних научно-технических компетенций, синергия ресурсов для создания инновационной продукции).

В первую очередь результаты направлены на достижение мирового превосходящего качества в области исследований, измерений, испытаний и сертификации материалов. Кроме того, работа актуальна и своевременна в связи с необходимостью выполнения аналитико-сертификационных работ с нестереотипными новыми неядерными материалами с применением современного оборудования.

Проект полностью выполнен силами АО «Гиредмет» без привлечения сторонних организаций-соисполнителей.

В 2022 году сотрудники ИАСЦ приняли участие в программе Российского научного фонда «Исследование и разработка комплекса аналитических методов определения целевой химической чистоты редкоземельных металлов и материалов на их основе».

Сегодня ИАСЦ состоит из 22 человек, 6 из них – кандидаты наук, 1 – доктор наук, 2 аспиранта и 9 сотрудников моложе 35 лет.

Особенностью работы ИАСЦ является большое количество нестереотипных задач, решение которых требует применения, как совокупности методов аналитического контроля, так и кардинально новых методических подходов. Требования к выпускаемой продукции постоянно растут и, как следствие, необходима постоянная актуализация устаревших, не универсальных методик и замены на новые, обладающие многоэлементностью, экспрессностью и высокими метрологическими показателями. Постоянно ведется работа по поиску нового современного.



Рис. 41. Сотрудники испытательного аналитико-сертификационного центра АО «Гиредмет» и АО «ВНИИХТ».

Цех производства тугоплавких металлов

Начальник – К.С. Тимося

В апреле 2022 года в АО «Гиредмет» на базе мощностей Лаборатории технологий получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов (начальник – к.т.н., А.М. Чапыгин) и Лаборатории технологий получения редких тугоплавких высокочистых металлов (начальник – Д.А. Ишмаметов), а также с привлечением персонала этих лабораторий был организован Цех производства тугоплавких металлов. Структура цеха включает два участка: Участок металлических порошков и участок лигатур. Коллектив цеха насчитывает 24 сотрудника, включая начальника цеха – Тимося Константина Сергеевича, двух начальников участка, 8 аппаратчиков и 12 инженеров-технологов и инженера-конструктора (рис. 42).

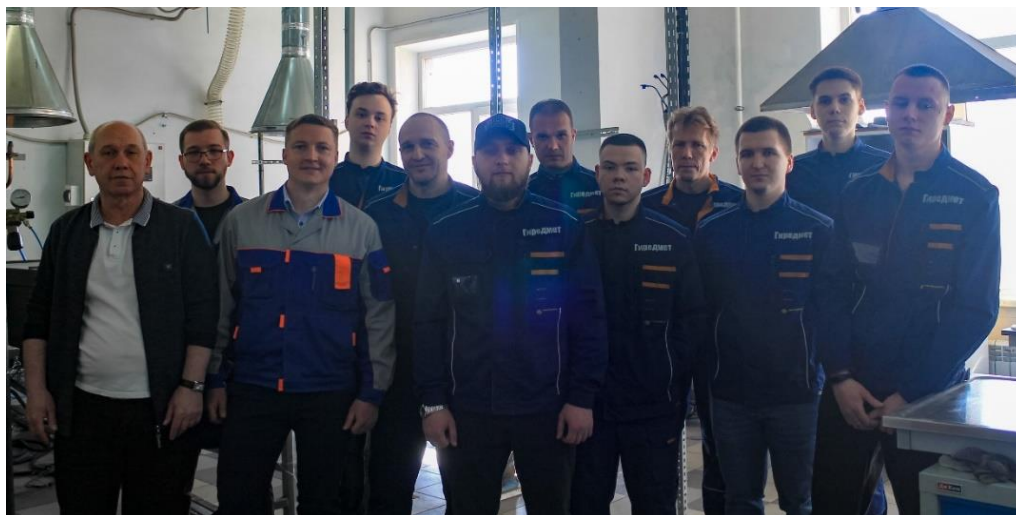


Рис. 42. Сотрудники цеха производства тугоплавких металлов

Участок металлических порошков

Производство металлических порошков Ta, Nb, V осуществляется с использованием метода гидрирования-дегидрирования (рис. 42).



Рис. 42. Принципиальная технологическая схема производства металлических порошков Ta, Nb, V

Мощность действующего участка составляет до 20 т/год одного вида металла (рис. 43).

Заказчиками продукции выступает ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», АО «ЧМЗ», АО «Элеконд», АО «НЗР Оксид».

Область применения:

- порошки тантала (сырьё для производства компактного тантала, исходный материал для изготовления конденсаторов);

- порошки ниобия, ванадия (сырьё для производства компактных металлов, легирование сталей и сплавов, производство частей конденсаторов).



Рис. 43. Участок производства металлических порошков

Производство металлических порошков W, Mo, Re реализуется методом восстановления в потоке водорода (рис. 44).

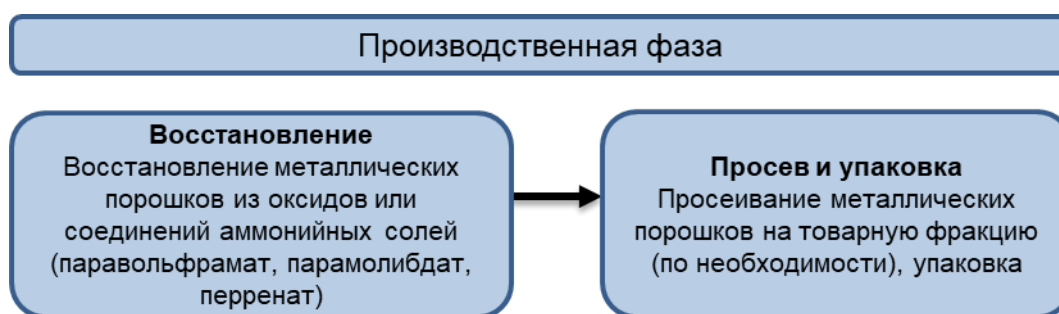


Рис. 44. Принципиальная схема производства металлических порошков W, Mo, Re методом восстановления в потоке водорода.



Цех производства тугоплавких металлов

Металлические порошки W, Mo, Re применяются в качестве основных компонентов для специальных и твёрдых сплавов.

Мощность действующего участка составляет до 1,5 т/год одного вида металла.

Заказчиками данной продукции выступает ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», ЗАО «СМЗ», НИЦ «Курчатовский институт» ВИАМ.

В 2022 году на участке было произведено 600 кг металлического порошка ниобия марки НБП-3б; 130 кг металлического порошка молибдена марки МПЧ; 75 кг металлического порошка вольфрама марки ПВВ; переработано 12 000 кг давальческого тантала в виде слитков в металлический порошок по ТУ 1795-358-00198396-15.

Участок производства лигатур

Лигатуры на основе гафния используется в качестве компонента для производства жаропрочных сталей, специальных сплавов для ракетной и космической техники, для изготовления лопаток авиационных турбин, реактивных двигателей.

Производственная фаза участка схематично представлена на рис. 45.

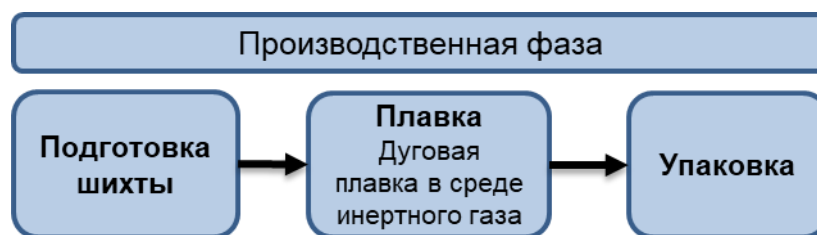


Рис. 45. Производственная фаза производства лигатур

Мощность действующего участка составляет до 4 т/год (рис. 46).

Текущими основными заказчиками выступают АО «Ступинская металлургическая компания», НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ, АО «КрасМаш».



Рис. 46. Участок производства лигатур

Запланированные на 2023 год работы Цеха будут направлены на:

- снижение трудоёмкости производства порошков редких металлов за счет совершенствования технологических процессов;
- освоение и серийный выпуск новых классов конденсаторных порошков тантала;
- совершенствование технологических приемов выпуска продукции высоких переделов в составе кооперационных цепочек (прутки вольфрама и рения);
- модернизация участка водородного восстановления порошков с увеличением мощности участка в 10 раз (с 1,5 т/год до 15 т/год);
- увеличение выручки по сравнению с 2022 годом в 4 раза;
- внедрение элементов производственной системы Росатом.
(реализация 3 ПСР-проектов).

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИОРИТЕТОВ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АО «Гиредмет» осуществляет свою основную деятельность в том числе в целях реализации государственных приоритетов научно-технологического развития в соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 (в редакции от 15.03.2021 № 143), изданным во исполнение № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»). Так, в 2022 году значимые результаты научно-технической деятельности АО «Гиредмет» направлены на реализацию приоритета – «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Институт имеет широкую научную и научно-производственную базу для укрепления и развития позиций российской науки в следующих базовых приоритетных направлениях (утверждены Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899):

- Индустрия наносистем,
 - Информационно-телекоммуникационные системы,
 - Рациональное природопользование,
 - Транспортные и космические системы,
 - Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика.
- Кроме того, как в части выполнения поисковых и прикладных научных исследований и разработок, так и в части оказания научно-технических услуг, изготовления экспериментальных образцов и готовой продукции (и в гражданской части, и во исполнение 275-ФЗ) институт работает в приоритетном направлении «Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники».

АО «Гиредмет» проводит прикладные научные исследования наукоемкие разработки в развитие основных критических технологий Российской Федерации, в числе которых:

- Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники;
- Базовые технологии силовой электротехники;
- Технологии атомной энергетики;
- Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств;
- Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику;
- Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов;
- Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения;
- Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи;
- Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта;
- Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения;
- Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств;
- Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии.

Спектр партнеров и потребителей этих технологий широк и представлен как российскими заказчиками (работающими в гражданском секторе и в рамках Закона РФ «О государственном оборонном заказе»), так и зарубежными.

АО «Гиредмет» входит в перечень стратегических российских предприятий.

Развитие высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ»

АО «Гиредмет», как предприятие Госкорпорации «Росатом» и оператор продуктового направления «Особо чистые вещества и материалы различного функционального назначения, включая микроэлектронику и фотонику» дорожной карты по развитию высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ» (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.07.2019 №1484-р), поддерживает все виды межведомственного взаимодействия для достижения стратегической цели государственной политики в области развития науки и технологий – выхода Российской Федерации на мировой уровень исследований и разработок на направлениях, определенных национальными научно-технологическими приоритетами, и освоения в Российской Федерации шестого технологического уклада. Совместно с научными организациями (АО «Германий», АО «Композит», ООО «ТК «НЕФТЕПРОМИНВЕСТ», АО «НИИ МВ», АО «Элма-Малахит», АО «НПП «Исток» им. Шокина», др.), специализирующимися на исследованиях, разработках технологий, изготовлении материалов, компонентов и изделий отечественной электронной компонентной базы, в том числе отраслевыми (АО «НИИП», др.) и РАН (ИХВВ РАН, др.), вузами, подготовлены проекты мероприятий в паспорт продуктового направления «Особо чистые вещества и материалы различного функционального назначения, включая микроэлектронику и фотонику» дорожной карты по развитию высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ».

На цели системного формирования дорожной карты направлено опережающее финансирование из различных источников в рамках следующих мероприятий 2022 года:

1) НИОКРы в рамках ПННТР «Материалы и технологии» Госкорпорации «Росатом», включая НИОКР «Разработка технологии получения полированных пластин на основе монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom» (ЕОТП-МТ-442, период выполнения – с 2021 по 2023 гг.), НИОКР «Разработка технологии получения особо чистого германия для детекторов гамма излучения» (ЕОТП-МТ-496, период выполнения – с 2022 по 2024 гг.);

2) Аванпроекты – научные проекты на стадии аналитических НИР в целях обоснования концепции НИОКР со сроком реализации в 2022 году, включая НИР «Проведение исследований, разработка и обоснование технического задания на разработку технологии оптических материалов на основе галогенидов таллия для изготовления акустооптических дефлекторных устройств, модуляторов и фильтров лазерного пучка инфракрасного диапазона» (АП-22/020), НИР «Анализ способов и технологических решений глубокой очистки соединений скандия и производства лигатур на его основе» (АП-22/021); НИР «Обоснование возможности разработки технологии производства сплавов железо-галлий, обладающих магнитострикцией» (АП-22/035);

3) Прикладные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, научно-технические услуги для научных организаций и предприятий реального сектора экономики, например, составная часть ОКР «Разработка технологии выращивания кристаллов твердого раствора кадмий-цинк-теллуrom и первичной подготовки подложек на их основе для эпитаксиального наращивания фоточувствительных слоев кадмий-ртуть-теллуrom» для АО «НПО «Орион»;

4) Количественный и качественный анализ образцов и проб, аналитический контроль качества для российских и зарубежных заказчиков, в

том числе оказание услуг предприятиям Госкорпорации «Росатом» в области исследований, измерений, испытаний и сертификации материалов;

5) НИОКР, реализуемые в графиках среднесрочных инвестиционных проектов АО «Гиредмет»:

– НИОКР «Разработка технологии и создание образцов конденсаторного тантала» (ID 054-002-654),

– НИОКР «Разработка методов химической диагностики неядерных материалов атомной промышленности» (ID 054-002-653),

– НИОКР «Разработка технологии получения монокристаллов антимонида индия диаметром 100 мм и изготовление из них пластин качества «epi-ready», используемых для создания тепловизионных и фотопреобразовательных приборов» (ID 054-002-652),

– НИОКР «Разработка технологии получения монокристаллов арсенида индия диаметром 100 мм и изготовление из них пластин качества «epi-ready», используемых для оптоэлектронных устройств наземного и космического базирования» (ID 054-002-660),

– НИОКР «Разработка технологии роста монокристаллов арсенида галлия диаметром до 100 мм в магнитном поле» (ID 054-002-661),

– НИОКР «Разработка технологии изготовления ИК фотодиодов на основе эпитаксиальных слоев кадмий-ртуть-теллур» (ID 054-002-674),

– НИОКР «Разработка технологии ультрапрецизионной обработки линз и светоделительных колец методом квазипластичного алмазного точения» в рамках проекта «Создание участка ультрапрецизионной обработки оптических элементов ИК-диапазона из галогенидов таллия методом квазипластичного алмазного точения» (проект «Линзы», ID 054-003-377),

– поисковая НИР «Совершенствование технологических приемов обработки кристаллов-сцинтилляторов на основе оксиортосиликата лютеция» (054-004-297),

– поисковая НИР «Изучение возможности снижения плотности дислокаций в монокристаллах GaAs и InAs, выращенных по методу Чохральского, путем высокотемпературного градиентного динамического отжига» (054-004-297).

Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по современным технологиям в рамках реализации инновационных проектов

В 2022 году в целях опережающего финансирования перспективных направлений НИР и ОКР по созданию и развитию современных технологий водородной энергетики в АО «Гиредмет» принято решение о старте инновационного проекта «Технология производства энергетических установок с применением российских водородных среднетемпературных твердооксидных топливных элементов».

Инвестиции в проект в течение года компенсированы по Соглашению о предоставлении Субсидии из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по современным технологиям в рамках реализации такими организациями инновационных проектов, заключенному с Минпромторгом России в рамках исполнения постановления Правительства РФ от 12.12.2019 № 1649. Проект выполнялся силами АО «Гиредмет» в Отделении материалов накопителей и преобразователей энергии под руководством начальника отделения д.х.н. Ананьева М. В. В рамках данного проекта оформлен секрет производства (ноу-хау) «Способ управления эффективностью энергетических установок на базе батареи высоко- или среднетемпературных твердооксидных топливных элементов в режиме когенерации электроэнергии и тепла».

Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса

Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2021 годы» способствует развитию научно-исследовательской и инновационной инфраструктуры организаций, укреплению их научного потенциала, поддержанию на высоком уровне квалификации научных кадров. Позволяет научным организациям стать лидерами многих перспективных направлений, используя и внедряя результаты поисковых исследований и прикладных разработок в инжиниринговые проекты, создавая на их базе оригинальные и прорывные технологии и технические решения.

Актуальная информация о результатах проектов, выполненных АО «Гиредмет» по соглашениям о предоставлении субсидий из федерального бюджета в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2021 годы», используемых для реализации товаров, работ и услуг в 2022 году, а также о распоряжении правами на созданные РИД своевременно представлена в Министерство науки и высшего образования РФ.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММ И ПРОЕКТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОРПОРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

– Госкорпорация «Росатом», сохраняя отраслевую специфику научных исследований государственного значения для выполнения задач гарантированного обеспечения энергетической независимости и оборонно-промышленной безопасности страны, не только приветствует инновационный подход для достижения технологического лидерства, открытость в отраслевой, межведомственной, рыночной кооперации, но успешно реализует подобные программы и проекты, в числе которых:

– государственные программы (РАЭПК, НТР);

– комплексная программа нового «атомного нацпроекта» – госпрограмма развития техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии (РТТН), включающая создание атомных станций малой мощности (ФП1), двухкомпонентной атомной энергетики (ФП2), технологий управляемого термоядерного синтеза (ФП3), новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем (ФП4), эталонных энергоблоков АЭС (ФП5);

– отраслевые стратегические инициативы – аддитивные технологии, технологии создания систем накопления электроэнергии, новые композиционные материалы, квантовые вычисления, др., а также механизм подготовки к их реализации – Единый отраслевой тематический план (ЕОТП).

Институт Гиредмет традиционно является ответственным исполнителем комплексных научных проектов Госкорпорации «Росатом» и передовым разработчиком наукоемких технологий отраслевого и общегосударственного значения в профильных областях науки, технологий и техники.

Единый отраслевой тематический план Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»

В 2022 году в АО «Гиредмет» выполнены НИР и НИОКР, а также завершены промежуточные этапы работ, реализуемых в составе ЕОТП Госкорпорации «Росатом», в числе которых:

1) НИОКРы в рамках ПННТР «Материалы и технологии», в которых АО «Гиредмет» является головным исполнителем:

– «Разработка технологии получения полированных пластин на основе монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom» (классификатор ЕОТП-МТ-442, период выполнения: 2021–2023 гг.),

– «Разработка технологии получения металлических индивидуальных РЗМ иттриевой подгруппы (Gd, Tb, Dy, Ho, Er) чистотой не менее 99,95 % из оксидов» (классификатор ЕОТП-МТ-454, период выполнения: 2021–2023 гг.),

– «Разработка технологии материалоеффективного производства порошков титановых сплавов для аддитивных технологий» (классификатор ЕОТП-МТ-455, период выполнения: 2021–2023 гг.),

– «Разработка технологии получения особо чистого германия для детекторов гамма излучения» (классификатор ЕОТП-МТ-496, период выполнения: 2022–2024 гг.);

2) НИР в рамках ПННТР «Материалы и технологии», в которых АО «Гиредмет» выступает соисполнителем УрФУ им. Б.Н. Ельцина:

«Разработка и изготовление порошков для создания магнитных элементов с использованием 3D-печати» для НИР заказчика «Разработка технологических основ изготовления магнитных систем с использованием 3D-печати» (классификатор ЕОТП-МТ-409, период выполнения – 2022 г.),

3) НИОКР вне ПННТР по теме «Разработка и испытания лабораторных образцов энергоемких и мощных натрий-ионных аккумуляторов» (классификатор ЕОТП-ВНЕ-495, период выполнения: 2022 –2024 гг.);

4) НИОКР вне ПННТР, выполняемая по заказу научной организации отрасли – АО «ВНИИХТ», по теме «Разработка конструкторской и технологической документации синтеза компонентов высокоэффективных

пластмассовых сцинтилляторов с учетом адаптации к существующему оборудованию АО «ВНИИХТ» (классификатор ЕОТП-ВНЕ-139, период выполнения – 2022 г., реализация проекта головным исполнителем: 2019 – 2022 гг.);

5) Аванпроекты (АП) – научные проекты на стадии аналитических НИР, разработки и обоснования концепции реализации НИОКР, со сроком реализации в 2022 году:

– «Анализ способов и технологических решений глубокой очистки соединений скандия и производства лигатур на его основе» (АП-22/021),

– «Проведение исследований, разработка и обоснование технического задания на разработку технологии оптических материалов на основе галогенидов таллия для изготовления акустооптических дефлекторных устройств, модуляторов и фильтров лазерного пучка инфракрасного диапазона» шифр «Акустика» (АП-22/020),

– «Обоснование возможности разработки технологии производства сплавов железо-галлий, обладающих магнитострикцией» (АП-22/035).

По итогам отраслевой заявочной кампании 2022 года в состав ЕОТП на 2023 год вошли новые НИОКР (головной исполнитель – АО «Гиредмет»):

1) НИОКР в рамках ПННТР «Материалы и технологии» по теме «Получение оптики инфракрасного диапазона на основе кристаллов галогенидов таллия с градиентом показателя преломления» (классификатор ЕОТП-МТ-498, период выполнения: 2023–2024 гг.);

2) НИОКР в рамках ПННТР «Водородная энергетика» по теме «Разработка материалов для среднетемпературных твердооксидных топливных элементов» (классификатор ЕОТП-ВЭ-493, период выполнения – 2023 г.).

НИОКР по теме «Разработка технологии материалоеффективного производства порошков титановых сплавов для аддитивных технологий»

(ЕОПТ-МТ-455, ПННТР «Материалы и технологии»). Период выполнения: 15.11.2021 –30.11.2023.

Возрастающая общемировая потребность в порошках титановых сплавов связана с развитием аддитивных и МИМ технологий (Metal Injection Molding, заливка металла в форму под давлением методом впрыска):

- SLM (Selective Laser Melting, селективное лазерное сплавление), DED-P/ LMD (Powder Direct Energy Deposition/ Laser Metal Deposition, осаждение газопорошковой струи при помощи направленного энергетического воздействия) аддитивные технологии, использующие порошки металлов размером 15–50 мкм и 50-120 мкм;

- МИМ-технология (инжекционное формование), использующие порошки металлов размером 1–10 мкм и гранулятом на их основе;

- аддитивная-технология для MLS-машин (Micro Laser Sintering, микролазерное спекание).

Применение сферических порошков в аддитивных и МИМ-производствах снимает практически все ограничения по сложности формы изготавливаемой детали, в связи с этим за рубежом производство порошков для 3D – печати и инжекционного формования активно развивается. Особенно эффективны на международном рынке порошков титановых сплавов компании GKN Additive (Hoeganaes Corporation) (США), Praxair Technologies (США), Renishaw plc (Великобритания). В РФ производство титановых порошков сосредоточено во ФГУП «ВИАМ» (газовое распыление), ООО «Нормин» (плазменное распыление), АО «Композит» (центробежное распыление), АО «СМК» совместно с ОАО «ВИЛС» (производство гранул) и ориентировано на локальное отраслевое производство и потребление. Отсутствие на рынке отечественных расходных материалов для целого ряда предприятий РФ ставит в зависимость от импортных поставок из стран Европы и США и как минимум создает условия для отставания в развитии современных видов производств.

Цель работы – разработка технологии и полнофункциональной установки получения специальных сферических порошков титановых сплавов со сниженной себестоимостью для аддитивных технологий.

В ходе выполнения промежуточных (2021–2022 гг.) этапов работы разработана технология получения сферических порошков титановых сплавов для аддитивных технологий методом газового распыления прутков диаметром 80 и 120 мм, достигнуты следующие результаты:

- выполнен анализ технологических решений получения сферических порошков титановых сплавов для аддитивных технологий (аналитический обзор методов получения сферических порошков титановых сплавов для аддитивных технологий, технологических решений получения сферических порошков титановых сплавов для аддитивных технологий, областей применения);

- выбран и обоснован оптимальный способ получения сферических порошков титановых сплавов для аддитивных технологий;

- разработано техническое задание на проектирование полнофункциональной установки получения сферических порошков титановых сплавов методом газового распыления прутков титановых сплавов диаметром 80 и 120 мм;

- разработан проект методики количественного определения содержания иттрия в сплавах на основе титана.

НИОКР выполнялся в АО «Гиредмет» с участием соисполнителей – вузов (НИТУ МИСиС, МГТУ им. Н.Э. Баумана). Соисполнителями в 2022 году выполнена НИР «Разработка технологии рециклинга отвального сферического титанового порошка полученного методом газовой атомизации», в том числе разработана лабораторная технология рециклинга сферических порошков титановых сплавов нетоварного качества, полученного методом газового распыления, программа и методика исследования экспериментальных образцов масштабных моделей прутков из сферических порошков титановых сплавов нетоварного качества и

экспериментальных образцов порошков титановых сплавов из масштабных моделей прутков, проекты технологической инструкции и маршрутной карты технологического процесса получения порошков титановых сплавов из масштабных моделей прутков (НИТУ МИСиС), а также НИР «Моделирование процесса бестигельного плавления электрода из титанового сплава», в частности численное моделирование металлургического процесса бестигельного плавления электрода из титанового сплава, расчетное обоснование геометрических параметров индуктора установки получения порошков титановых сплавов (МГТУ им. Н.Э. Баумана). Соисполнителем НИТУ МИСиС получены охраноспособные РИД с уведомлением заказчика об их создании: «Компоновка установки газового распыления», «Метод получения прутка из сферического титанового порошка нетоварного качества».

НИОКР выполнялась силами Проектного офиса АО «Гиредмет» под руководством Савосина С.А., силами специалистов Отделения редких и редкоземельных металлов (руководитель – к.т.н. Гурских С.А.), а также сотрудниками конструкторского бюро

ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ПРОЕКТЫ ПРОГРАММЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОРПОРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Основные мероприятия АО «Гиредмет» в 2022 году в сфере проведения научных исследований и реализации проектов Программы инновационного развития Госкорпорации «Росатом» в гражданской части (далее – ИПР).

1. Выполнение основных мероприятий ИПР проведения научных исследований.

Ключевые проекты, выполняемые в 2022 году – НИОКР в рамках ЕОТП Госкорпорации «Росатом» (ПННТР «Материалы и технологии») по 4 темам: «Разработка технологии получения полированных пластин на основе монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуром» (ЕОТП-МТ-442), «Разработка технологии получения металлических индивидуальных РЗМ иттриевой подгруппы (Gd, Tb, Dy, Ho, Er) чистотой не менее 99,95 % из оксидов» (ЕОТП-МТ-454), «Разработка технологии материалоеффективного производства порошков титановых сплавов для аддитивных технологий» (ЕОТП-МТ-455), «Разработка технологии получения особо чистого германия для детекторов гамма излучения» (ЕОТП-МТ-496), а также вне ПННТР - «Разработка и испытания лабораторных образцов энергоемких и мощных натрий-ионных аккумуляторов» (ЕОТП-ВНЕ-495). Работы по ключевым проектам должны быть выполнены в период 2021–2024 гг. На 2022 год были запланированы и выполнены промежуточные этапы НИОКР. Целевой технологический уровень готовности (TRL) этапов работ 2022 года – TRL 3-4. Правовая охрана разрабатываемых технологий и продукции выполнена как в отношении секретов производства (ноу-хау), так и в отношении произведений науки (РИД НТД).

По итогам заявочной кампании 2021 года в состав ЕОТП (ПННТР «Материалы и технологии») вошли аванпроекты АО «Гиредмет» со

сроком выполнения до конца 2022 года по трем темам: «Проведение исследований, разработка и обоснование технического задания на разработку технологии оптических материалов на основе галогенидов таллия для изготовления акустооптических дефлекторных устройств, модуляторов и фильтров лазерного пучка инфракрасного диапазона» (АП-22/020), «Анализ способов и технологических решений глубокой очистки соединений скандия и производства лигатур на его основе» (АП-22/021), «Обоснование возможности разработки технологии производства сплавов железо-галлий, обладающих магнитострикцией» (АП-22/035). Работы выполнены и приняты заказчиком – Частным учреждением «Наука и инновации». Заказчиком по продукту заявлено АО «Наука и инновации». По завершении аванпроектов целевой технологический уровень готовности (TRL) составил не ниже TRL 2-3.

В 2022 году выполнены промежуточные этапы НИОКР в рамках одобренных в 2019 году АО «Наука и инновации» затратных инвестиционных мероприятий (ИМ): ИМ «Линзы», ИМ «Антимонид индия», ИМ «КРТ», ИМ «ИАСЦ», др.

Одобрены и выполнены три новых проекта в составе группы затратных инвестиционных мероприятий (ГИМ) «Комплексная программа инициативных, поисковых и задельных работ в научных организациях АО «Наука и инновации» (054-004-297) со сроком выполнения до конца 2022 года: «Изучение возможности снижения плотности дислокаций в монокристаллах арсенида галлия и арсенида индия, выращенных по методу Чохральского, путем высокотемпературного градиентного динамического отжига» (период выполнения – 2022 г.), «Совершенствование технологических приемов обработки кристаллов-сцинтилляторов на основе оксиортосиликата лютеция» (период выполнения – 2022 год), «Материалы с тройной проводимостью для перспективных электрохимических устройств» (период выполнения – 2022 г.).

Все соответствующие сведения своевременно внесены в информационные системы Госкорпорации «Росатом» – УКСС «База данных НИОКР», ИС «СИРИУС».

2. Основные мероприятия в области освоения новых технологий, закупка нового или модернизации действующего основного/ вспомогательного оборудования, программно-аппаратных средств, импортозамещения.

Результаты НИОКР, выполняемых в составе затратных инвестиционных мероприятий, в 2022 году достигли технологических уровней готовности TRL 3-TRL 5, в том числе за счет модернизации основного технологического, вспомогательного и контрольно-измерительного оборудования на существующих производственных участках и мощностях. Были приобретены: автоматизированная (с ручным и автоматическим режимом работы) установка плазменной очистки CIF CPC-G для плазменной очистки и активации поверхности образцов полупроводниковых соединений A2B6 и ростовая установка для синтеза и выращивания кристаллов методом Чохральского. Кроме того, лабораторное оборудование для обработки оптических и ИК-оптических заготовок: центр для прецизионной обработки методом распиловки для участка изготовления оптических и сцинтилляционных материалов на основе галогенидных соединений и станок скругления пластин для лаборатории полупроводниковых соединений A2B6.

Внедрение результатов задельных НИОКР в составе инвест. мероприятий проведено на собственных модернизированных производственных мощностях АО «Гиредмет». Все закупленные в 2022 году оборудование и комплектующие для лабораторных и технологических участков, а также приборы для проведения физико-химических и химических процессов в исследованиях и изготовления образцов и продукции, российского производства, за исключением приборов для пробоподготовки и контроля физических параметров (микровесы BM-20G, A&D Company Limited, Япония) и контрольно-измерительных приборов (контроллер

ADC mk2 Enhanced двухканальный, Edwards (входит в Atlas Copco Group, Швеция), Великобритания). Закупки импортных приборов обоснованы высокой репутацией известных зарубежных производителей и отсутствием в 2022 году проблем с диллерскими представительствами на территории Российской Федерации.

3. Основные мероприятия в области выпуска инновационных продуктов, новых инновационных услуг и вывода продукции на рынок

По завершении в отчетном периоде затратных инвестиционных мероприятий АО «Гиредмет», проводимых в период с 2019 года по 2022 год, запланирован вывод на рынок высокотехнологичной продукции нового качества. Технологический уровень готовности технологий получения материалов и продукции, выпускаемой на их основе (металлические порошки специального улучшенного качества, монокристаллы и пластины InAs, монокристаллы GaAs, фоточувствительные структуры твердых растворов др.), достиг уровней TRL 3-TRL 4 (монокристаллы/ пластины) и TRL 5 (металлические порошки).

В результате выполнения на основе результатов инвестиционных мероприятий планируется создание концепций новых доходных проектов.

Так, в отчетном периоде 2022 года реализовывался инвестиционный проект шифр «Линзы» по теме «Создание участка ультрапрецизионной обработки оптических элементов ИК-диапазона из галогенидов таллия методом квазипластичного алмазного точения» ID 054-003-377, являющийся продолжением инвестиционного мероприятия «Оптоволокно» («Разработка технологии и выпуск опытной партии оптического волокна ИК-диапазона из галогенидов серебра и таллия» ID 054-002-651), с запланированным выходом на доходный проект после 2023 года.

4. Основные мероприятия в области инновационных бизнес-процессов. Ключевые результаты по развитию системы управления инновационной деятельностью.

Продолжается начатая в 2020 году трансформация бизнес-систем и процессов АО «Гиредмет». Определены перспективные направления развития института, ориентированные на продвижение технологий, продукции и компетенций института на традиционных и высокотехнологичных рынках, в том числе зарубежных.

Актуализированы данные об управлении инновационной деятельностью и об исполнении отраслевой функции «Управление инновационной деятельностью» во исполнение приказа Госкорпорации «Росатом» от 05.12.2022 № 1/1609-П в соответствии с письмом Заместителя генерального директора Госкорпорации «Росатом» Ю.А. Оленина от 08.12.2022.

5. Основные мероприятия по проектам цифровой трансформации отрасли

Достижение в 2022 году ключевых результатов по реализации стратегии цифровой трансформации отрасли для АО «Гиредмет» не предусмотрено.

6. Основные мероприятия в области развития сотрудничества с вузами, научными организациями, компаниями малого и среднего бизнеса

6.1 Основные итоги взаимодействия с вузами.

АО «Гиредмет» развивает сотрудничество с вузами (НИТУ МИСиС, НИЯУ МИФИ, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», ФГБОУ ВО «РГГУ», ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», ФГАОУ ВО «УрФУ им. Б.Н. Ельцина», ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА» и др.). Взаимодействие с вузами осуществляется в направлении разработки специализированных программ практик и стажировок студентов, подготовки (повышения квалификации) научных работников, проведения совместных исследований, выполнения проектов с привлечением Центров коллективного пользования.



В 2022 году заключены соглашения о сотрудничестве ведущими профильными ВУЗами страны (НИЯУ МИФИ, НИТУ МИСиС, РХТУ им. Д.И. Менделеева, РТУ МИРЭА, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», МГТУ СТАНКИН,

Финансовый университет при Правительстве РФ, ГБПОУ КБТ, др.), подписаны договоры о практической подготовке обучающихся (РХТУ им. Д.И. Менделеева, НИТУ МИСИС, РТУ МИРЭА, УрФУ им. Б.Н. Ельцина, МГТУ СТАНКИН, Финансовый университет при Правительстве РФ, ГБПОУ КБТ, др.).

Сотрудники института приняли участие в научных конференциях, организованных ВУЗами: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова; ФГБУН ФИЦ Химической физики им. Н.Н. Семенова РАН; Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН; ИПХФ РАН; ГЕОХИ РАН; Институт химии высокочистых веществ им Г.Г. Девярых РАН; Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Московский финансово-юридический университет, МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Владимирский государственный университет, РТУ МИРЭА, НИЯУ МИФИ, НИУ «МЭИ», ИСЭМ СО РАН, ТПУ (Томск).

Информация представлена на официальных сайтах конференций, соответственно: XVIII Международная научно-практическая конференция «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения»; XXXIV Симпозиум «Современная химическая физика»; Первый Всероссийский семинар «Электрохимия в распределенной и атомной энергетике» (посвященный 90-летию Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова); 16-ое Совецание с

международным участием. Посвященное памяти профессора Укше Евгения Александровича (1928–1993); IV Съезд аналитиков России; XVII Всероссийская конференция «Высокочистые вещества. Получение, анализ, применение»; 15-я Конференция «Акустооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации» ARMIMP-2022; Международная научно-техническая конференция Оптические технологии, материалы и системы; XXXIII международная конференция «Лазеры в науке, технике, медицине»; VII Международная научно-техническая конференция «Оптотех-2022»; XXIII Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке».

Сотрудниками института подготовлены научные публикации (размещены на сайтах Международных баз данных: Scopus, Web of Science, Google Scholar, а также eLibrary) совместно с иностранными учеными, представляющими ведущие международные центры науки, технологий и инноваций:

- Centre for DNA Taxonomy, Molecular Systematics Division, Zoological Survey of India (India);

- Petroleum and Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Teknologi Brunei (Brunei Darussalam);

- Department of Chemistry, Gurukula Kangri (Deemed to be University) (Haridwar, India);

- Institute of Solid State Physics of the University of Latvia (Riga, Latvia);

- Max Planck Institute for Solid State Research (Stuttgart, Germany);

- School of Chemical Engineering, University of Birmingham (Birmingham);

- Department of Chemistry, University College London (London);

- University of Birmingham School of Chemistry (Birmingham);

- Damanhour University, Damanhour (Egypt);

- Tohoku University (Japan).

Вузы привлечены к разработке перспективных совместных проектов: представители профильных кафедр ведущих вузов включены в состав рабочих и экспертных групп по оценке мероприятий продуктового направления «Особо чистые вещества и материалы различного функционального назначения, включая микроэлектронику и фотонику» (оператор - АО «Гиредмет») дорожной карты по развитию высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ» (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.07.2019 №1484-р). Проекты вузов по развитию электронной промышленности заявлены в дорожную карту продуктового направления.

6.2 Основные итоги взаимодействия со сторонними научными организациями.

На базе института организованы научные семинары и круглые столы с участием специалистов, представляющих сторонние научные организации, учебные заведения, научные центры и школы, производство и бизнес. (ФГБОУ ВО «ТГТУ» (Тамбов), НИТУ МИСИС (Москва), СГТУ им. Ю.А. Гагарина (Саратов), ТПУ (Томск), ТГУ (Тюмень), Инжиниринговый центр (Тамбов), АО «ВНИИХТ» (Москва), ИОНХ РАН (Москва), ИФХЭ РАН им. А. Н. Фрумкина (Москва), МГУ (Москва), Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН (Екатеринбург), УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург), ИХТТИМ СО РАН (Новосибирск), Институт металлургии УрО РАН (Екатеринбург), Институт физики твердого тела, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН (Москва), ГЕОХИ РАН (Москва), РХТУ им. Д.И. Менделеева, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ФГБУ «Курчатовский институт», Научный центр волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН – обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН», МГТУ им. Н.Э. Баумана).

В целях организации коммуникаций профессиональных сообществ с участием ведущих исследовательских центров, прикладных научно-исследовательских институтов, институтов РАН, научно-образовательных организаций, вузов, а также бизнеса на базе АО «Гиредмет» проведена II Международная научно-практическая конференция «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» имени Сажина Н.П. («РедМет-2022», 23-25 ноября).

В рамках формирования дорожной карты по развитию высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ» (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.07.2019 №1484-р) совместно с научными организациями (АО «Германий», АО «Композит», ООО «ТК «НЕФТЕПРОМИНВЕСТ», АО «НИИ МВ», АО «Элма-Малахит», АО «НПП «Исток» им. Шокина», др.), специализирующимися на исследованиях, разработках технологий, изготовлении материалов, компонентов и изделий отечественной электронной компонентной базы, в том числе отраслевыми (АО «НИИП», др.) и РАН (ИХВВ РАН, др.), вузами, осуществляется подготовка проектов мероприятий в паспорт продуктового направления «Особо чистые вещества и материалы различного функционального назначения, включая микроэлектронику и фотонику».

Таблица 5.

Перечень вузов, с которыми АО «Гиредмет» заключил соглашения о сотрудничестве.

№ п/п	Область сотрудничества	Наименование вуза
1	Сотрудничество в научно-технической сфере	НИЯУ МИФИ; НИТУ МИСиС
2	Реализация совместных научных проектов	ФГБОУ ВО ИвГМА Минздрава России НИ ТГУ; УрФУ им. Б.Н. Ельцина, НИТУ МИСиС МГТУ имени Н.Э. Баумана, РХТУ им. Д.И. Менделеева
3	Участие сотрудников АО «Гиредмет» в конференциях, организованных вузами	ФГАОУ ВО НИ ТПУ
4	Участие вузов в организационном и программном комитетах конференции «РедМет-2022»,	РХТУ им. Д.И. Менделеева, НИЯУ МИФИ, НИТУ МИСиС, МГУ им. М.В. Ломоносова

№ п/п	Область сотрудничества	Наименование вуза
	организованной на базе АО «Гиредмет»	
5	Подготовка совместных научных публикаций	МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИТУ МИСиС, РХТУ им. Д.И. Менделеева, РТУ МИРЭА, МГУ им. М.В. Ломоносова, НИУ ВШЭ, НИУ МИЭТ
6	Участие сотрудников института в научных конференциях, организованных ВУЗаами	Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова., МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ им. М.В. Ломоносова, Владимирский государственный университет, МФЮА, РТУ МИРЭА, НИЯУ МИФИ, ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России при участии Лазерной ассоциации (АО «Гиредмет» – член Ассоциации) и Московского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова; Томский политехнический университет
7	Сотрудничество с иностранными учеными, подготовка совместных научных публикаций	Centre for DNA Taxonomy, Molecular Systematics Division, Zoological Survey of India (India); Petroleum and Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Teknologi Brunei (Brunei Darussalam); Department of Chemistry, Gurukula Kangri (Deemed to be University) (Haridwar, India); Institute of Solid State Physics of the University of Latvia (Riga, Latvia); Max Planck Institute for Solid State Research (Stuttgart, Germany); School of Chemical Engineering, University of Birmingham (Birmingham); Department of Chemistry, University College London (London); University of Birmingham School of Chemistry (Birmingham); Damanhour University, Damanhour (Egypt); Tohoku University (Japan).
8	Организация на базе института научных семинаров, симпозиумов, круглых столов с участием ведущих специалистов, представляющих учебные заведения, сторонние научные организации, центры и школы, производство, бизнес и др.	ФГБОУ ВО «ТГТУ» (Тамбов), НИТУ МИСИС (Москва), СГТУ им. Ю.А. Гагарина (Саратов), ТПУ (Томск), ТГУ (Тюмень), МГУ (Москва), УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург), РХТУ им. Д.И. Менделеева (Москва), Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Белгород), МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва)
9	Сотрудничество в научно-образовательной сфере	РХТУ им. Д.И. Менделеева, УрФУ им. Б.Н. Ельцина НИТУ МИСИС, МГТУ СТАНКИН, Финансовый университет при Правительстве РФ, РТУ МИРЭА

6.3 Основные итоги взаимодействия с малыми и средними инновационными предприятиями.

АО «Гиредмет» предоставляет право использования созданных результатов интеллектуальной деятельности предприятиям реального сектора

экономики различных форм собственности, в том числе относящихся к субъектам малого и среднего предпринимательства (МСП), на основании заключенных долгосрочных лицензионных договоров. Так, в 2022 году по лицензионному договору с ЗАО «НПЦ «Реагент» предоставлены неисключительные права на использование двух изобретений – «Способ получения эпитаксиальных слоев $Cd_xHg_{1-x}Te$ р-типа проводимости» (патент РФ № 2602123) и «Способ получения эпитаксиальных слоёв $CdxHg_{1-x}Te$ из раствора на основе теллура» (патент РФ № 2633901). По лицензионному договору с ООО «РедМетПром999» предоставлены неисключительные права на использование изобретения «Способ получения композиционного материала на основе полимерной матрицы для микроэлектроники», охраняемого патентом РФ № 2610606, а также ноу-хау. Для ООО «Ланхит» по лицензионному договору предоставлены неисключительные права на использование ноу-хау «Способ получения оксида лютетия из его концентрата» и двух изобретений – «Способ получения тетрахлорида кремния высокой чистоты» (патент РФ № 2672428), «Способ электроокисления ионов церия (III)» (патент РФ № 2673809).

7. Основные мероприятия в области взаимодействия с технологическими платформами и территориальными кластерами

Основные итоги взаимодействия с технологическими платформами:

АО «Гиредмет» является коллективным членом Лазерной ассоциации, входит в состав и участвует в деятельности профильных технологических платформ. С начала 2022 года институт вошел в Консорциум «Промышленные технологии рециклинга материалов радиоэлектронной промышленности».

АО «Гиредмет», как активный член Лазерной ассоциации, разделяет цели данной некоммерческой организации – всестороннее содействие созданию и внедрению передовой отечественной лазерной, оптической и оптоэлектронной техники путем налаживания и укрепления взаимовыгодных

связей между создателями и пользователями технологий фотоники и оборудования, содействие реализации этих технологий путем организации информационного обеспечения их деятельности и активного сотрудничества с лазерно-оптическими обществами и объединениями всех стран мира. Среди коллективных членов Лазерной ассоциации – международной организации, действующей на территории стран СНГ, - государственные научные центры, академические и отраслевые научно-исследовательские институты, ВУЗы, производственные, крупные и малые предприятия в том числе из стран, не входящих в СНГ. Республиканские центры действуют в Армении, Белоруссии, Казахстане, Киргизии, Узбекистане. Региональные центры работают во Владивостоке, Екатеринбурге, Новосибирске, Самаре, Саратове, Санкт-Петербурге, Томске. Члены Лазерной ассоциации выпускают более 90% всех имеющихся на внутреннем рынке моделей лазерной техники и публикуют 70% всех научных статей по лазерной тематике на русском языке.

В течение 2022 года в число мероприятий в рамках совместной деятельности с технологическими платформами вошли:

1) Конференция Лазерной ассоциации, посвященная выборам в Коллегию национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям 8-го созыва – на 2022-2025 гг. (29 марта, Москва).

2) 16-я международная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2022» (29 марта - 01 апреля, Москва).

3) 15-я Конференция «Акустооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации» ARMIMP-2022 (3–7 октября, Астрахань).

Основные итоги взаимодействия с инновационными территориальными кластерами:

АО «Гиредмет» взаимодействует с территориальными кластерами для развития научной и производственной кооперации. В частности, мероприятия

по сотрудничеству с ООО «Томский научно-промышленный кластер» (Координационный центр Томского научно-промышленного кластера двойного назначения «Комплексные автоматизированные системы») включали формирование дорожной карты по развитию высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ» (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.07.2019 №1484-р).

8. Основные мероприятия в области международного сотрудничества и внешнеэкономической деятельности. Результаты международных проектов и соглашений в 2022 году.

Международное сотрудничество осуществляется в рамках заключенных соглашений и доходных контрактов (LTS Research Laboratories, Inc., США; Powerway Wafer Co., Limited, КНР; Beijing Hawk Science & Technology Co., Ltd, КНР, Transtech Chemicals Pvt, Ltd., Индия, International Advanced Research Centre for Powder Metallurgy and New Materials, Индия), целью которых является объединение усилий сторон на основе взаимовыгодного сотрудничества в области получения образцов наиболее востребованных рынком функциональных материалов с улучшенными характеристиками, изготовление и прямые поставки продукции.

В 2022 году выполнялись заказы на изготовление и поставку химических соединений в соответствии со спецификацией к контракту (LTS Research Laboratories, Inc., США и Beijing Hawk Science & Technology Co., Ltd, КНР, Transtech Chemicals Pvt, Ltd., Индия) и на поставку монокристаллов и пластин InSb (Powerway Wafer Co., Limited, КНР).

9. Основные мероприятия инвестирования в инновационной сфере. Используемые и внедряемые механизмы и инструменты инвестирования в инновационной сфере.

В 2022 году в целях опережающего финансирования перспективных направлений научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по

созданию и развитию современных технологий водородной энергетики начат проект «Технология производства энергетических установок с применением российских водородных среднетемпературных твердооксидных топливных элементов». Инвестиции в проект в течение года компенсированы по Соглашению о предоставлении Субсидии из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по современным технологиям в рамках реализации такими организациями инновационных проектов, заключенному с Министерством промышленности и торговли Российской Федерации в рамках исполнения постановления Правительства Российской Федерации от 12.12.2019 № 1649. Период реализации инновационного проекта (инвестиционная фаза) с субсидированием затрат на НИОКР определен соглашением с Минпромторгом до 31.12.2029 года.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И ОПЫТНО- КОНСТРУКТОРСКИЕ РАБОТЫ ПО ОСНОВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2022 году АО «Гиредмет» развивал основные научные и научно-производственные ресурсы в области технологий редких металлов, полупроводниковых и оптических материалов на их основе для российской промышленности, а также с целью укрепления роли и обеспечения приоритета России на мировом рынке высоких технологий. Среди партнёров АО «Гиредмет» выступают организации Госкорпорации «Росатом», в числе которых АО «ТВЭЛ», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», АО «Атомредметзолото», АО «ЧМЗ», АО «НИИ НПО «ЛУЧ», ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор», ООО «РусАТ», АО «ВНИИХТ», АО «НИИТФА», АО «ГНЦ РФ–ФЭИ», АО «ФНПЦ «ПО «Старт» и др. Институт активно сотрудничает и выстраивает долгосрочные программы с научными организациями и ведущими ВУЗами страны, такими как НИЦ «Курчатовский институт», ФГУП «ЭЗАН», АО «НПО Орион», АО «ЦНИИ Электрон», ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», АО «НИИП», ООО «ЙоффелеД», НИТУ МИСиС, НИЯУ МИФИ, ФГАО ВПО «Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина», ФГАО УВО «Московский физико-технический институт», ФГБУН «Институт физики полупроводников» СО РАН и т.д.

Спектр потребителей продукции АО «Гиредмет» широк и представлен – от российских заказчиков (работающих как в гражданской части, так и с соблюдением 275-ФЗ) до зарубежных, от публичных акционерных обществ (ПАО «Русгидро», ПАО «Газпром», ПАО «ВСМПО-Ависма» пр.), предприятий в составе вертикально-интегрированных холдингов (АО «ЧЦЗ», АО «НПО «Орион» и пр.), научно-исследовательских организаций (АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха, пр.), до малых предприятий (ООО «Ансертэко», ООО «Дондрагмет», ООО «СОЛАР

кремниевые технологии», пр.) и субъектов малого и среднего предпринимательства.

Прикладные исследования

Среди наиболее значимых прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, научно-технических услуг, выполненных АО «Гиредмет» для научных организаций и предприятий реального сектора экономики, следует отметить следующие:

– Составная часть ОКР (СЧ ОКР) по теме «Разработка технологии выращивания кристаллов твердого раствора кадмий-цинк-теллур и первичной подготовки подложек на их основе для эпитаксиального наращивания фоточувствительных слоев кадмий-ртуть-теллур», шифр «Базис-Кристалл» (заказчик по договору – АО «НПО «Орион»);

– НИОКР по теме «Разработка лабораторной технологии получения четыреххлористого кремния (ЧХК) с использованием диатомита в качестве кремнийсодержащего сырья» для ООО «Полибиохим»;

– НИР по теме «Установление основных технологических параметров процесса получения порошка ванадия гидридным методом из промпродуктов производства» (заказчик – АО «Уралредмет»);

– НИР по теме «Поиск оптимальных условий выщелачивания и сорбционного концентрирования благородных металлов из конкретных геологических и техногенных объектов» (заказчик – АО ТД «Галион»);

– НИР по теме «Исследование процесса сублимационной очистки технического тетраоксида циркония в восстановительной атмосфере» для АО ЧМЗ;

– Оказание услуг в рамках договоров на количественный и качественный химический анализ образцов и проб, аналитический контроль качества для российских и зарубежных заказчиков, в том числе оказание услуг предприятиям Госкорпорации «Росатом» в области исследований, измерений,

испытаний и сертификации материалов, предоставления учтенных экземпляров нормативно-технической документации.

Инвестиционные мероприятия

Инвестиционные мероприятия, реализуемые институтом в 2022 году, имеют среднесрочный характер, и организованы в целях опережающего финансирования передовых научных направлений. Мероприятия различаются направленностью работ и содержанием (поисковые исследования, прикладные разработки, модернизация исследовательской и аппаратурной базы) и целевым индикаторами достижения результатов (затратные, доходные, поддержание фондов). В директивных графиках выполнения инвестиционных мероприятий на 2022 год были запланированы этапы следующих научных работ:

– НИОКР по теме «Разработка технологии производства циркониевых порошков» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (код в ИС «СИРИУС» 054-002-655),

– НИОКР по теме «Разработка технологии и создание образцов конденсаторного тантала» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (код в ИС «СИРИУС» 054-002-654),

– НИОКР по теме «Разработка технологии производства особо чистого скандия» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (код в ИС «СИРИУС» 054-002-663),

– НИОКР по теме «Разработка методов химической диагностики неядерных материалов атомной промышленности» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (код в ИС «СИРИУС» 054-002-653),

– НИОКР по теме «Разработка технологии получения монокристаллов антимонида индия диаметром 100 мм и изготовление из них пластин качества «epi-ready», используемых для создания тепловизионных и фото-

преобразовательных приборов» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (код в ИС «СИРИУС» 054-002-652),

– НИОКР по теме «Разработка технологии получения монокристаллов арсенида индия диаметром 100 мм и изготовление из них пластин качества «epi-ready», используемых для оптоэлектронных устройств наземного и космического базирования» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (код в ИС «СИРИУС» 054-002-660),

– НИОКР по теме «Разработка технологии роста монокристаллов арсенида галлия диаметром до 100 мм в магнитном поле» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (код в ИС «СИРИУС» 054-002-661),

– НИОКР по теме «Разработка технологии изготовления ИК фотодиодов на основе эпитаксиальных слоев кадмий-ртуть-теллур» в рамках затратного инвестиционного мероприятия (код в ИС «СИРИУС» 054-002-674),

– НИОКР по теме «Разработка технологии ультрапрецизионной обработки линз и светоделительных колец методом квазипластичного алмазного точения» в рамках инвестиционного проекта «Создание участка ультрапрецизионной обработки оптических элементов ИК-диапазона из галогенидов таллия методом квазипластичного алмазного точения» (шифр проекта «Линзы», код в ИС «СИРИУС» 054-003-377).

В составе группы инвестиционных мероприятий (далее – ГИМ) АО «Наука и инновации» Госкорпорации «Росатом» в 2022 году выполнялись следующие поисковые научно-исследовательские работы АО «Гиредмет»:

– НИР по теме «Изучение возможности снижения плотности дислокаций в монокристаллах GaAs и InAs, выращенных по методу Чохральского, путем высокотемпературного градиентного динамического отжига» (054-004-297),

– НИР по теме «Совершенствование технологических приемов обработки кристаллов-сцинтилляторов на основе оксиортосиликата лютеция» (054-004-297),

– НИР по теме «Материалы с тройной проводимостью для перспективных электрохимических устройств» (054-004-297).

Все соответствующие сведения своевременно вносятся в информационную систему Госкорпорации «Росатом» – ИС «СИРИУС».

ВНЕДРЕНИЕ СОЗДАНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В 2022 ГОДУ

Правовая охрана созданных в 2022 году результатов научно-технической деятельности

Правовая охрана разработанных технологий и продукции выполнена как в отношении секретов производства (ноу-хау), так и в отношении произведений науки (РИД НТД). В таблице 6 представлен список созданных РИД.

Таблица 6.

Перечень созданных РИД.

Правовая охрана РИД	Наименование РИД	Реквизиты патента, ноу-хау	Право-обладатель
Оформленные секреты производства (ноу-хау)	1. Способ разливки металлического рубидия в стеклянные ампулы через гребенку	приказ от 13.05.2022 № 62/178-П	АО «Гиредмет»
	2. Способ обработки кристаллов галогенидов таллия в режиме квазипластичного резания	приказ от 31.08.2022 № 62/319-П	АО «Гиредмет»
	3. Способ управления эффективностью энергетических установок на базе батареи высоко- или среднетемпературных твердооксидных топливных элементов в режиме ко-генерации электроэнергии и тепла	приказ от 28.12.2022 № 62/540-П	АО «Гиредмет»
	4. Устройство для проведения процессов получения порошков редких и тугоплавких металлов	приказ от 28.12.2022 № 62/539-П	АО «Гиредмет»
Полученные патенты на изобретения	5. Способ получения оболочечного поликристаллического	патент от 30.09.2022 № 2780763	АО «Гиредмет»

	волоконного световода инфракрасного диапазона		
	6. Способ получения сцинтилляционного кристалла и изделий из него	патент от 22.11.2022 № 2783941	АО «Наука и инновации»
	7. Устройство для выращивания монокристаллов из расплава методом Чохральского	патент от 14.12.2022 № 2785892	АО «Гиредмет»

АО «Гиредмет» предоставляет право использования созданных результатов интеллектуальной деятельности предприятиям реального сектора экономики различных форм собственности, в том числе относящихся к субъектам малого и среднего предпринимательства (МСП), на основании заключенных долгосрочных лицензионных договоров (таблица 7).

Таблица 7.

Перечень использованных РИД

Наименование РИД	Право- обладатель	Лицензиар/ лицензиат
1. Изобретение «Способ получения эпитаксиальных слоев $Cd_xHg_{1-x}Te$ р-типа проводимости», охраняемое патентом РФ № 2602123	АО «Гиредмет»	АО «Гиредмет»/ ЗАО «НПЦ «Реагент»
2. Изобретение «Способ получения эпитаксиальных слоёв $Cd_xHg_{1-x}Te$ из раствора на основе теллура», охраняемое патентом РФ № 2633901	АО «Гиредмет»	АО «Гиредмет»/ ЗАО «НПЦ «Реагент»
3. Изобретение «Способ получения композиционного материала на основе полимерной матрицы для микроэлектроники», охраняемое патентом РФ № 2610606	АО «Гиредмет»	АО «Гиредмет»/ ООО «РедМетПром999»
4. Изобретение «Способ получения тетралорида кремния высокой чистоты», охраняемое патентом РФ № 2672428	АО «Гиредмет»	АО «Гиредмет»/ ООО «Ланхит
5. Изобретение «Способ электроокисления ионов церия (III)», охраняемое патентом РФ № 2673809	АО «Гиредмет»	АО «Гиредмет» /ООО «Ланхит»
6. Ноу-хау «Способ получения оксида лютетия из его концентрата» от 22.08.2018 № 62/168-П	АО «Гиредмет»	АО «Гиредмет»/ ООО «Ланхит»
7. Ноу-хау «Способ получения нанокристаллических порошков оксида цинка ZnO » от 27.12.2016 № 62/195-П	АО «Гиредмет»	АО «Гиредмет»/ ООО «РедМетПром999»

Созданные ранее результаты интеллектуальной деятельности обеспечили выпуск инновационной продукции в 2022 году и способствовали выполнению Программы инновационного развития и технологической модернизации Госкорпорации «Росатом» на период до 2030 года (в гражданской части) (приказ Госкорпорации «Росатом» от 31.03.2021 № 1/396-П) (таблица 8).

Таблица 8.

Сводные данные по созданным РИД, обеспечивающим выпуск инновационной продукции в 2022 году.

Вид инновационной продукции	Описание объекта РИД, используемого для получения инновационной продукции (номер, год закрепления приоритета, срок полезного использования)
<i>Предоставление права использования РИД внешним заказчикам</i>	ИЗ № RU 2610606, 2017, 18 лет ИЗ № RU 2602123, 2016, 19 лет ИЗ № RU 2633901, 2017, 19 лет ИЗ № RU 2672428, 2018, 19 лет ИЗ № RU 2673809, 2018, 20 лет
<i>Металлургическая продукция, в том числе порошки, лигатуры, сплавы (ЗАО «СМЗ», ПО «Вольфрам», АО «ЛОМО» пр.)</i>	ИЗ № RU 2416494, 2018, 11 лет
<i>Монокристаллы, пластины из монокристаллов (российский рынок – АО «НИИПП», АО «МЗ «САПФИР», АО «НПО «Орион», Томский государственный университет, ООО «НТК АЛКОМ» пр.; зарубежный рынок – КНР)</i>	ИЗ № RU 2531514, 2019, 14 лет ИЗ № RU 2482228, 2013, 18 лет
<i>Гетероэпитаксиальные структуры, подложки (АО «НПО «Орион», пр.)</i>	ИЗ № RU 2633901, 2017, 19 лет
<i>Услуги качественного и количественного анализа, сертификация образцов и проб, (ООО «Ансертэко», АО «Далур», АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха, ООО «Дондрагмет», ПАО «Ашинский метзавод», ООО «СОЛАР кремниевые технологии», АО «ЧЦЗ», АО «МСЗ», АО «НИИграфит», АО «ВНИИХТ», ПАО «Русгидро», пр.)</i>	ИЗ № RU 2436071, 2018, 12 лет ИЗ № RU 2605255, 2016, 19 лет

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ИНСТИТУТА

Научно-технический совет АО «Гиредмет»

На базе АО «Гиредмет» действует Объединенный научно-технический совет (ОНТС) – координационный и экспертно-совещательный орган по вопросам научной и проектной деятельности института.

Основными задачами и функциями ОНТС 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 ОНТС входят 23 человека, из них 2 доктора наук и 18 кандидатов наук.

В 2022 году было проведено 12 заседаний ОНТС. Основные вопросы, выносимые на повестке и решения, принятые членами Совета представлены в

таблице 10. Было проведено совместное заседание ОНТС и Научно-технического совета АО «ВНИИХТ» по рассмотрению проектов на выполнение НИОКР в рамках ЕОТП.

Таблица 9.

Результат работы ОНТС АО «Гиредмет» за 2022 год.

<i>№ п/п</i>	<i>Тема Заседания</i>	<i>Перечень рассмотренных вопросов</i>	<i>Дата проведен ия</i>
1	Рассмотрение материалов по предварительным НИР.	1. Информационные материалы по предварительной НИР на изготовление и обработку кристалла ЛСО. 2. Информационные материалы по предварительной НИР на тему «Разработка технологии глубокой очистки скандийсодержащих материалов в рамках договора на изготовление металлического скандия»	17.01
2	Рассмотрение результатов работ в рамках ИМ	1 Информационные материалы по ИМ «Разработка технологии производства особо чистого скандия», код в ИС «Сириус» № 054-002-663.	17.02
3	Рассмотрение проектов ЕОТП, инициируемых лабораториями АО «Гиредмет» и АО «ВНИИХТ»	Проекты на тему: 1. Разработка материалов и технологий для батареи среднетемпературных твердооксидных топливных элементов на основе новейших решений в области материаловедения. 2. Среднетемпературные мембранные реакторы с протонной проводимостью для генерации высокочистого водорода. 3. Прототип безопасного и энергоемкого натрий-ионного аккумулятора. 4. Разработка технологии производства особо чистого германия для детекторов гамма-излучения. 5. Монокристаллы бромидов редких металлов для детекторов ионизирующего излучения высокого энергетического разрешения. 6. Получение оптики инфракрасного диапазона на основе кристаллов галогенидов таллия с градиентом показателя преломления. 7. Совершенствование тепловых узлов установки роста монокристаллов GaAs и InAs методом ЛЕС и разработка пилотной технологической установки их постростовой обработки методом динамического градиентного отжига. 8. Среднетемпературные термоэлектрич. генераторы электроэнергии для твердооксидных электрохимических устройств.	22.02

		<p>9. Разработка технологии получения монокристаллов широкозонного полупроводника Ga₂O₃ для силовой электроники, полупроводниковых компонентов, интегральных схем и приборов, функционирующих в солнечно-слепом УФ диапазоне.</p> <p>10. «Разработка технологии производства циркониевых порошков»</p>	
4	Обсуждение технического состояния лабораторного оборудования, подведение итогов проведенного Круглого стола.	<p>1. Информационные материалы о лабораторном оборудовании, закупленном при выполнении НИР «Монокристалл» и «Подложка», в рамках федеральной целевой программы «Разработка, восстановление и организация производства стратегических, дефицитных и импортозамещающих материалов и малотоннажной химии для вооружения, военной и специальной техники на 2009-2011 годы и на период до 2015 года».</p> <p>2. Информационные материалы о лабораторном оборудовании отделения редких и редкоземельных металлов.</p> <p>3. Информационные материалы по итогам Круглого стола на тему «Электрохимические устройства для водородной энергетики», организованного институтами АО «Гиредмет», АО «НИИГрафит», АО «ВНИИХТ».</p>	11.04
5	Рассмотрение диссертационной работы, отчета о результатах НИОКР и обсуждение технического состояния лабораторного оборудования	<p>1. Доклад соискателя Васильевой Е.С. об основных результатах, отраженных в диссертационной работе на тему «Разработка способа электрохимической очистки раствора солянокислотного выщелачивания низкосортного алюминийсодержащего сырья от примеси железа», выполненной в НИТУ МИСиС.</p> <p>2. Отчет о результатах 2 этапа НИОКР на тему «Разработка РКД на полнофункциональную установку получения сферических порошков титановых сплавов методом газового распыления прутков титановых сплавов диаметром 80 и 120 мм».</p> <p>3. Информационные материалы о лабораторном оборудовании.</p>	16.05
6	Рассмотрение информационных материалов инвестиционного проекта и ИМ, заявки на соискание премии Президента	<p>1. Рассмотрение проекта на тему «Проектирование сфероидизатора по технологии цифрового двойника».</p> <p>2. Рассмотрение информационных материалов по ИМ «Разработка технологии изготовления ИК фотодиодов на основе эпитаксиальных слоев кадмий – ртуть – теллур».</p>	20.06

		3. Рассмотрение информации о соискателе премии Правительства Москвы молодыми учёными за 2022 год	
7	Рассмотрении заявки на проведение НИОКР и информационных материалов для подготовки годового научного отчета	1. Рассмотрение заявки в рамках ЕОТП на тему: «Разработка и испытания лабораторных образцов энергоёмких и мощных натрий-ионных аккумуляторов». Реализация проекта запланирована на 2022–2024 гг. 2. Необходимость подготовки информации о научной деятельности института для формирования годового научного отчета АО «Гиредмет» за 2021	26.07
8	Рассмотрение результатов в рамках ИМ и ОКР, утверждение годового научного отчета.	1. Доклад об уровне готовности технологии ИМ «Разработка методов химической диагностики неядерных материалов атомной промышленности». 2. Доклад о подготовленном годовом научном отчете АО «Гиредмет» за 2021 год 3. Доклад о результатах работ по этапу № 2 «Проведение опытно-технологической работы (часть 2). Подготовка и освоение производства.	14.09
9	Утверждение отчета о НИР и НИОКР за 2021 г., рассмотрение заявки на выполнение НИОКР	1. Рассмотрение отчета о результатах НИР на тему «Проведение исследований, разработка и обоснование технического задания на разработку технологии оптических материалов на основе галогенидов таллия для изготовления акустооптических дефлекторных устройств, модуляторов и фильтров лазерного пучка инфракрасного диапазона». 2. Рассмотрение отчета о результатах НИР на тему «Обоснование возможности разработки технологии производства сплавов железо-галлий, обладающих магнитострикцией». 3. Рассмотрение материалов по заявке в ЕОТП на тему «Разработка материалов для среднетемпературных твердооксидных топливных элементов». Реализация проекта запланирована на 2023 год. 4. Отчет о результатах НИР на тему «Анализ способов и технологических решений глубокой очистки соединений скандия и производства лигатур на его основе». 5. Отчет о результатах НИОКР на тему «Разработка технологии получения металлических индивидуальных РЗМ иттриевой подгруппы (Gd, Tb, Dy, Ho, Er) чистотой не менее 99,95% из оксидов».	8.11
10	Утверждение отчетов о НИОКР за 2021 г.	1. Отчет о результатах НИОКР на тему «Разработка технологии получения полированных пластин на основе монокристаллов антимонида галлия, сильнолегированных теллуrom».	18.11

		2. Отчет о результатах НИОКР на тему «Разработка конструкторской (КД) и технологической (ТД) документации синтеза компонентов высокоэффективных пластмассовых сцинтилляторов с учетом адаптации к существующему оборудованию АО «ВНИИХТ».	
11	Рассмотрение отчетов по выполненным НИР и НИОКР	1. Отчет о результатах НИОКР на тему «Разработка технологии получения особо чистого германия для детекторов гамма излучения». 2. Отчет о результатах задельной НИР на тему «Совершенствование технологических приемов обработки кристаллов-сцинтилляторов на основе оксиортосиликата лютеция». 3. Отчет о результатах НИОКР на тему «Разработка и испытания лабораторных образцов энергоемких и мощных натрий-ионных аккумуляторов (НИА)». 4. Отчет о результатах НИОКР на тему «Разработка технологии материалоеффективного производства порошков титановых сплавов для аддитивных технологий».	9.12
12	Рассмотрение отчета по выполненной НИР	1. Отчет о результатах НИР по теме «Разработка лабораторной технологии получения четыреххлористого кремния (ЧХК) с использованием диатомита в качестве кремнийсодержащего сырья».	20.12

В 2022 году продолжил свою работу, созданный на базе АО «Гиредмет» в целях обеспечения условий для эффективного формирования, функционирования и развития научно-производственного объединения 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 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».
- Бубненко 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».

На тематические заседания Совета приглашаются высококвалифицированные специалисты предприятий, доктора и кандидаты наук научно-исследовательских институтов и образовательных учреждений.

В 2022 году было проведено четыре заседания НТС НПО по перспективным научным направлениям развития институтов ХТК.

Два заседания были проведены в рамках круглых столов на тему «Электрохимические устройства для водородной энергетики» и «Ферромагнитные углеродные нанокпозиционные материалы».

По результатам заседаний было рекомендовано развитие кооперации подразделений АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ» и АО «НИИГрафит» с предприятиями и организациями, представленными на Круглом столе.

Заседание НТС НПО, проведенное 16 июня 2022 года, было посвящено присвоению АО «Гиредмет» имени академика Н.П. Сажина. С докладом об истории института и перспективе его дальнейшего развития выступил Голиней А.И., и с докладом об академике выступил Пархоменко Ю.Н. По результатам заседания было решено:

- ознаменовать II Международную научно-практическую конференцию «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» именем Сажина Н.П.;

- провести очередное заседание Организационного и Программного комитетов II Международной научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» с целью скорректировать работу Конференции в связи с присвоением АО «Гиредмет» имени Сажина Н.П.

- учредить премию имени Сажина Н.П. за выдающиеся достижения в области редких металлов и новых материалов на их основе, а также высокочистых веществ, полупроводниковых, оптических и люминесцентных материалов, наноматериалов.

На заседании НТС НПО от 26 декабря 2022 года были рассмотрены результаты деятельности групп информационно-аналитических подразделений АО «НИИГрафит», АО «ВНИИХТ» и АО «Гиредмет». По результатам заседания было решено:

- организовать заседание НТС НПО, посвященное оценке текущего технического состояния и работоспособности оборудования испытательных центров АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ», АО «НИИГрафит», с целью определения возможности совместного выполнения исследований с использованием имеющейся приборной базы институтов;

- организовать заседание НТС НПО с целью ознакомления сотрудников ХТК с текущими проектами, выполняемыми лабораториями институтов;
- организовать совещание работников ХТК с представителями ЦАИР на площадке АО «Гиредмет» для совместного обсуждения информационно-аналитической деятельности и дальнейшего плана развития ИАП институтов;
- увеличить состав группы ИАП из числа штатных сотрудников ХТК, с целью проведения дополнительных аналитических исследований по продуктам на основе редких металлов, востребованность которых на Российском рынке, с учетом сложившейся политики импортозамещения, первоочередна.

Статистические показатели научного развития института

В 2022 году наблюдается увеличение публикационной активности сотрудников института как в Российских, так и зарубежных журналах.

Всего было опубликовано более 80 научных трудов, из них около 45 работ в российских журналах и 31 в журналах, индексируемых в международных базах цитирования (часть из которых квартилей Q1 и Q2). Наблюдается рост публикаций в зарубежных журналах ACS Catalysis, Journal of Catalysis, Nanoscale, Journal of Materials Chemistry C, Journal of Molecular Liquids, Journal of Alloys and Compounds, Nanomaterials, Surfaces and Interfaces, Journal of Luminescence, Optical Materials, импакт-фактор которых от 3,5 до 13.

Публикационная активность некоторых сотрудников можно оценить по их Индексу Хирша (h-индекс), наукометрическому показателю, который дает комплексную оценку одновременно числу публикаций ученого и их цитируемости. В таблице 10 представлены данные по сотрудникам, опубликовавшим в 2022 году большее количество научных работы.

Таблица 10.

Индекс Хирша работников института, подготовившие большее количество работ в 2022 году*

ФИО сотрудника	Ученая степень	SCOPUS			РИНЦ*	
		Публикации	h-индекс	Цитирование	Публикации	h-индекс
М.В. Ананьев	д.х.н.	84	20	1090	190	18
Ю.Н. Пархоменко	д.ф.-м.н.	134	17	876	290	19
В.Б. Барановская	д.х.н.	54	5	124	138	7
К.В. Ивановских	к.ф.-м.н.	48	13	628	63	11
А.В. Бабкин	к.т.н.	30	7	328	62	6
Е.А. Нескоромная	к.т.н.	25	7	211	58	7
К.С. Зараменских	к.х.н.	14	6	114	44	6
И.А. Денисов	к.т.н.	25	6	83	58	7
М.С. Кузнецов	б/с	24	5	61	-	-
А.Г. Белов	к.ф.-м.н.	19	3	25	57	5
О.В. Юрасова	к.т.н.	10	3	22	38	4
О.Н. Будин	б/с	9	1	2	27	2
М.В. Матрюков	к.х.н.	8	2	8	12	1
С.Н. Князев	к.т.н.	9	2	5	-	-

* данные не актуализируются

Сотрудники института входят в редакционную коллегию журналов:

- Sensors (MDPI).
- Russian Microelectronics.
- Modern Electronic Materials.
- Российские нанотехнологии.
- Электрохимия.
- Известия ВУЗов: Материалы электронной техники.
- Альтернативная энергетика и экология.
- Перспективные Материалы.
- Наноиндустрия.
- Заводская Лаборатория. Диагностика Материалов и др.
- Также, отдельные работники института являются постоянными

рецензентами журналов: Journal of Luminescence, Optical Materials, Journal of Chemical Sciences, Journal of Molecular Structure, Biomaterials Science, Sensors, Physical Chemistry Chemical Physics, Dalton Transactions, Electrochimica Acta,

Journal of Power Sources, Intern. Journal of Hydrogen Energy, MDPI Energies, Environmental Pollution, Физика твердого тела.

В 2022 году на 2 кандидата наук пополнился состав остепененных сотрудников АО «Гиредмет».

– Мاستрюков Максим Валерьевич – руководитель направления отделения особо чистых веществ и монокристаллов, защитил диссертационную работу на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия (химические науки). Защита состоялась в Диссертационном совете ИОНХ РАН 19 октября 2022 года.

– Волков Илья Николаевич – сотрудник лаборатории материалов электрохимических накопителей энергии, защитил диссертационную работу на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы (технические науки). Защита состоялась в Диссертационном совете НИТУ МИСиС 30 ноября 2022 года.

На 2023–2024 год запланирована защита одной кандидатской и одной докторской диссертаций.

Руководством планируется поддерживать рост наукометрических показателей института путем разработки программ поддержки (мотивирования) сотрудников для увеличения количества научных публикаций, монографий и т. д., подготовленных работниками института, а также способствовать более активному их участию в научных мероприятиях с устными докладами (конференции, симпозиумы, семинары и др.).

Начиная с 2023 года планируется формировать актуальные данные по научным показателям института и размещать их в открытом доступе на официальном сайте АО «Гиредмет» во вкладке «Наука и образование».

Перечень полученных премий и наград

Во время рабочей поездки генерального директора Госкорпорации «Росатом» А.Е. Лихачёва в Химико-технологический кластер АО «Наука и инновации» прошла церемония награждения сотрудников институтов. Знаком отличия «За заслуги перед атомной отраслью» 3 степени отмечена Молодцова Елена Владимировна, к.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории низкотемпературных полупроводниковых соединений АЗВ5 отделения полупроводниковых соединений АО «Гиредмет» (рис. 47).



Рис. 47. Церемония награждения к.т.н., ведущего научного сотрудника Молодцовой Елены Владимировны главой Госкорпорации «Росатом»

Елена Владимировна входит в коллектив разработчиков современной технологии синтеза и выращивания крупногабаритных монокристаллов антимолибдатов индия и галлия модифицированным методом Чохральского. Ею созданы 15 уникальных марок антимолибдатов индия и галлия со специальными свойствами, успешно используемых в различных областях электронной промышленности в настоящее время. Молодцова Е.В. является автором 10 авторских свидетельств, ноу-хау и патентов в области технологии получения полупроводниковых соединений, более 30 научных печатных работ по

исследованию свойств полупроводниковых соединений группы АЗВ5 и особенностей их выращивания.

Знаком отличия «За вклад в развитие атомной отрасли» 2 степени отмечена Кошель Елизавета Сергеевна, к.х.н., начальник испытательного аналитико-сертификационного центра блока по науке и инновациям АО «Гиредмет». Под руководством Кошель Е.С. было модернизировано, отремонтировано и введено в эксплуатацию критически важное для целей и задач отрасли аналитическое оборудование (масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой, масс-спектрометр с ионизацией в тлеющем разряде, рентгенофлуоресцентный спектрометр). Успешно внедрила в практику работы ИАСЦ современные возможности атомно-эмиссионного, масс-спектрального и рентгенофлуоресцентного анализа, которые позволили создать научный и технический задел для разработки и развития передовых технологий получения полупроводниковых материалов и направления аддитивных технологий, необходимых для новых стратегических продуктов Госкорпорация Росатом.

В 2022 году в рамках II Международной научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение», была проведена церемония награждения медалью имени Н.П. Сажина «За вклад в развитие науки и технологий редких и редкоземельных металлов», учрежденной АО «Гиредмет». Из числа сотрудников АО «Гиредмет» медалью был награжден научный руководитель института, д.ф.-м.н. Пархоменко Юрий Николаевич.

Основные награды сотрудников института представлены в таблице 11.

Таблица 11.

Награды сотрудников АО «Гиредмет»

<i>ФИО</i>	<i>Должность</i>	<i>Структурное отделение</i>	<i>Тип награды, дата</i>
<i>Добрынина Татьяна Владимировна</i>	Научный сотрудник	Лаборатория технологии разделения редкоземельных металлов и соединений	Благодарность АО «Гиредмет» 06.05.2022

ФИО	Должность	Структурное отделение	Тип награды, дата
<i>Кошель Елизавета Сергеевна</i>	Начальник центра	Испытательный аналитико-сертификационный центр	Знак отличия «За вклад в развитие атомной отрасли» 2 степени, ГК «Росатом», 20.12.2022
<i>Ягафаров Рамиль Азатович</i>	Руководитель проекта	Лаборатория технологии разделения редкоземельных металлов и соединений	Благодарность АО «Гиредмет» 06.05.2022
<i>Кортаев Денис Викторович</i>	Ведущий инженер-технолог	Лаборатория технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов	Благодарность АО «Гиредмет» 06.05.2022
<i>Лозицкий Андрей Вячеславович</i>	Инженер 2 категории	Лаборатория технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов	Благодарность АО «Гиредмет» 06.05.2022
<i>Иванова Антонина Владимировна</i>	Младший научный сотрудник	Лаборатория технологии получения веществ особой чистоты	Благодарность генерального директора АО «Наука и инновации», 20.10.2022
<i>Соколова Ирина Николаевна</i>	Старший научный сотрудник	Лаборатория технологии разделения редкоземельных металлов и соединений	Благодарность АО «Гиредмет» 14.04.2021 г.
<i>Ларионова Юлия Владимировна</i>	Ведущий специалист	Группа по управлению персоналом	Благодарность генерального директора АО «Наука и инновации», 20.10.2022
<i>Пархоменко Юрий Николаевич</i>	Научный руководитель	Блок научного руководителя	Медаль имени Н.П. Сажина «За вклад в развитие науки и технологий редких и редкоземельных металлов», АО «Гиредмет». 23.11.2022 г.
<i>Нескоромная Елена Анатольевна</i>	Ученый секретарь	Блок научного руководителя	Благодарность АО «Гиредмет» 28.11.2022 г.
<i>Фёдоров Евгений Владимирович</i>	Группа по внешн и внутр коммуникациям	Коммерческий отдел	Благодарность АО «Гиредмет» 28.11.2022 г.

Издательская деятельность Института

В декабре 2022 года институтом проведена II Международная научно-практическая конференция «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» (РЕДМЕТ-2022). Конференция «РЕДМЕТ» возобновила цикл регулярных научных семинаров «Сажинские чтения», проводившихся на базе АО «Гиредмет» с 1970 г. По результатам проведенного мероприятия был подготовлен сборник тезисов докладов. Ознакомиться с книгами можно на



сайте института. Тезисы докладов планируется проиндексировать в РИНЦ в начале 2023 года. Также планируется издание сборника полнотекстовых статей, индексируемых в РИНЦ.

Научно-технические мероприятия

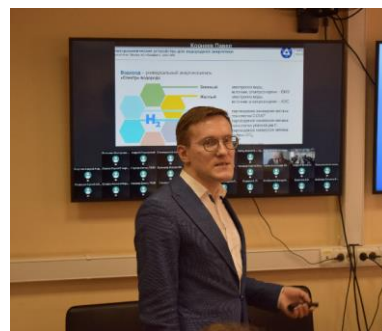
В 2022 году Химико-технологическим кластером (АО «Гиредмет», АО «НИИГрафит» и АО «ВНИИХТ») было организовано два научно-технических мероприятия из плана Госкорпорации «Росатом».

Круглый стол на тему «Электрохимические устройства для водородной энергетики» было проведено на базе АО «Гиредмет» 30 марта. Участниками мероприятия стали более 50 представителей научно-исследовательских и производственных предприятий России, ведущих вузов страны из Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Новосибирска и Черноголовки. Специалисты обсудили развитие компетенций в области получения водорода, использования его в топливных элементах, а также технологии его аккумулирования, хранения и транспортировки. Участники круглого стола также обсудили основные направления в обеспечении безопасности при производстве, хранении и транспортировке водородного топлива, новые вызовы и направления научно-технического сотрудничества, состояние нормативной базы и многие другие вопросы. В завершение мероприятия была определена необходимость выстраивать технологическую цепочку производства и поставок экологически чистого водорода, а также использования водорода в качестве энергоносителя на основе российских разработок

На заседании в качестве докладчиков выступили:

Ананьев Максим Васильевич (доцент, д.х.н., начальник отделения материалов и технологий для накопления и преобразования энергии, АО «Гиредмет») с презентационными материалами по теме «Твердооксидные электрохимические устройства для водородной энергетики: задачи и

перспективы». В докладе были показаны существующие на сегодняшний день методы и технологии получения водорода, приведен сравнительный анализ рассматриваемых методов получения, а также области применения водорода в различных областях промышленности.



Суңцов Алексей Юрьевич (к.х.н., заведующий лабораторией ионики твердого тела, ИХТТ УрО РАН, г. Екатеринбург) с презентационными материалами по теме «Сложные оксиды со структурным упорядочением для электрохимических устройств». В докладе были обозначены основные проблемы создания электродов ТОТЭ.

Сивак Александр Владимирович (генеральный директор, ООО «НИЦ «ТОПАЗ», г. Москва) с презентационными материалами по теме «ЭХГ с микротрубчатыми ТОТЭ, результаты и перспективы». В докладе были представлены особенности портативных источников электропитания. Подробно рассмотрена технология изготовления микротрубчатых ТОТЭ.

Попов Михаил Петрович (к.х.н., старший научный сотрудник, ИХТТМ СО РАН, г. Новосибирск) с презентационными материалами по теме «Разработка высокотемпературных микротрубчатых твердооксидных топливных элементов». В докладе были представлены результаты исследований кислородного обмена в нестехиометрических оксидах со структурой перовскита

Лысков Николай Викторович (к.х.н., заведующий лабораторией инженерии материалов для твердотельных устройств, отдел функциональных материалов для химических источников энергии, ИПХФ РАН, г. Черногловка) с презентационными материалами по теме «Катодные материалы на основе купрата празеодима для среднетемпературных ТОТЭ». В докладе были представлены результаты исследований в области получения перспективных электрокатализаторов реакции восстановления кислорода в ТОТЭ. Приведен сравнительный анализ свойств катодных материалов ТОТЭ

на основе Pr_2CuO_4 , $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_3$, $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiO}_4$. Предложен новый перспективный катодный материал на основе Pr_2CuO_4 (PCO).

Красиков Алексей Владимирович (к.х.н., заместитель начальника центра «Наноматериалы и нанотехнологии», ФГУП – ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург) с презентационными материалами по теме «Материалы для получения водорода, разработанные в НИЦ-«Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей». Рассмотрены технологии изготовления каталитического покрытия, которые должны, в первую очередь, обеспечивать сочетание пористости, прочности покрытия и высокой каталитической активности.

Фатеева Мария Алексеевна (начальник отдела, технологический отдел полимерных композиционных материалов, АО «НИИГрафит», г. Москва) с презентационными материалами по теме «Изготовление композиционных баллонов для транспортировки и хранения водорода методом лазерного направления». В докладе были рассмотрены существующие типы баллонов для хранения водорода. Отмечено, что композиционные материалы на основе термопластичных матриц — это новое поколение композитных материалов, позволяющее существенно сократить время производства изделия и повысить их физико-механические характеристики.

Гурских Алексей Валерьевич (начальник отделения редких и редкоземельных металлов, АО «Гиредмет», г. Москва) с презентационными материалами по теме «Металлогидридные композиции для водородной энергетики». Автором доклада представлены основные направления исследований АО «ВНИИХТ»/АО «Гиредмет». Рассмотрены сплавы для накопителей водорода, произведенные в лабораториях институтов.

Ахременкова Бориса Вадимовича (главный специалист, АО «ЛЦ ЯТЦ», г. Москва) с презентационными материалами по теме «Логистика водорода в условиях подготовки к введению трансуглеродного налога». В докладе были рассмотрены углеродные рынки стран мире. Рассмотрены возможности

экспорта водорода в страны-импортеры, которые должны располагаться как можно ближе к потенциальным объектам-экспортерам водорода.

Второе мероприятие на тему «Ферромагнитные углеродные нанокomпозиционные материалы» было проведено на базе АО «НИИГрафит» 24 мая 2022 г.

На научно-техническое мероприятие Госкорпорации «Росатом» было зарегистрировано 44 участника из различных образовательных, научно-исследовательских и производственных предприятий России: ГЕОХИ РАН, ЧУ «Наука и инновации», Северо-Восточный федеральный университет, НИИ «Конструкционных материалов и технологических процессов» МГТУ им. Н.Э. Баумана, РФЯЦ-ВНИИТФ, РЭУ им. Г.В. Плеханова, АО «Композит», НИЦ «Курчатовский институт» - ИРЕА, АО «ПО ЭХЗ», АО ГСПИ, АО «ЦКБМ», АО «Ангарский электролизный химический комбинат», АО «Прорыв», Сколковского института науки и технологий, КФУ, АО «ОКБМ Африкантов», АО «Наука и инновации», НИЦ «Курчатовский институт»-ВИАМ, АО ОКБ «Гидропресс».

Заседание Круглого стола открыл директор АО «Гиредмет», АО «НИИГрафит» и АО «ВНИИХТ» Голиней Андрей Иванович, который в своём выступлении отметил безусловную важность, особенно сегодня, разработок в области высокоэффективных углеродных нанокomпозиционных материалов. Кроме того, говоря о синергетическом потенциале компетенций институтов и предприятий Росатома в решении крупных научно-технических вопросов, Голиней А.И. призвал открыто сотрудничать и делиться мнениями для достижения общей цели.

С докладом на тему «Нанокomпозиционные гидро- и аэрогели на основе графена, декорированного наночастицами оксидов железа, для сорбционной очистки водных сред». выступила Нескоромная Елена Анатольевна – к.т.н., с.н.с. лаборатории сорбционных методов, ГЕОХИ РАН, г. Москва. В докладе была показана актуальность исследований, направленных на синтез графеновых гидро- и аэрогелей с высокими показателями удельной

поверхности и пористости путем лиофильной/сверхкритической обработки водных или органических дисперсий оксида графена. Отмечены открытие больших перспектив использования аэрогелей в сорбционных процессах

Также, на заседании выступили *Шульга Юрий Макарович* (к.х.н., в.н.с. лаборатории спектроскопии наноматериалов, ИПХФ РАН, г. Черноголовка) с презентационными материалами по теме «Неожиданный ферромагнетизм углеродных материалов». В работах описаны полученные результаты о сильных магнитных сигналах в ромбоэдрическом С60.

Дьячкова Татьяна Петровна (д.х.н., проф. кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов) выступила с материалами по теме «Модифицированные углеродные наноструктуры как основа материалов полифункционального назначения». доклад был посвящен модифицированию углеродных нанотрубок, которое возможно реализовать методами функционализации, декорирования частицами металлов, формирования модифицирующих слоев различной природы (рис 60). Представлены результаты функционализации углеродных наноматериалов, полученных в лабораториях кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» под руководством Т.П. Дьячковой. Рассмотрены основные функциональные свойства полученных материалов.



Рис. 48. Доклад д.х.н., проф. кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Дьячковой Т.П.

Ринкевич Анатолий Брониславович (д.ф.-м.н., член-корр. РАН, г.н.с. Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург) выступил с презентационными материалами по теме «Микроволны в нанокompозитах, содержащих ферромагнитную и углеродную компоненты». В докладе были представлены результаты исследований электромагнитных свойств композитной среды, содержащей ферромагнитные частицы и углеродную компоненту.

Гоголев Алексей Сергеевич (к.ф.-м.н., директор Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов, ТПУ, г. Томск) выступил с презентационными материалами по теме «Возможности и пути развития томографии и радиографии». В докладе отражены некоторые возможности развития томографии и радиографии. Представлены основные технические характеристики.

Черник Галина Георгиевна (к.х.н., генеральный директор ООО «Актив-нано», г. Санкт-Петербург) выступила с презентационными материалами по теме «Электропроводящие полимеры, графен, композиционные магнитные материалы». Автором доклада были представлены основные свойства графена и характеристика предлагаемого продукта.

По результатам проведенных мероприятий было рекомендовано развитие кооперации подразделений АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ» и АО «НИИГрафит» с предприятиями и организациями, представленными на Круглом столе.

Стоит отметить, что в 2022 году сотрудники института активно участвовали в научно-технических мероприятиях как в качестве докладчика, так и в качестве слушателей.

Представители АО «Гиредмет» приняли участие в работе **X Всероссийского съезда Советов молодых ученых**. Институты представили Бабкин Александр Викторович – ведущий научный сотрудник Испытательного аналитико-сертификационного центра АО «Гиредмет», и

Нескоромная Елена Анатольевна – учёный секретарь АО «Гиредмет», АО «ВНИИХТ».

Одним из первых крупных событий в рамках объявленного Президентом РФ десятилетия науки и технологий стал X Всероссийский съезд Советов молодых ученых, прошедший на базе НИТУ МИСиС в период со 2 по 4 июня.

Цель мероприятия — вовлечение сообществ молодых ученых в решение важнейших задач развития общества и страны. X Всероссийский съезд Советов молодых ученых был организован Координационным советом по делам молодежи в научной и образовательной сферах Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», Российского научного фонда, платформы Science ID.

Это мероприятие собрало около 1000 участников из 76 регионов страны, среди которых представители Советов молодых ученых и Студенческих научных обществ, финалисты специализации «Наука» конкурса управленцев «Лидеры России», молодые ученые — получатели мер государственной поддержки. В рамках мероприятий съезда получателям гранта РНФ и

молодым ученым была предоставлена возможность пообщаться с генеральным директором РНФ - Александром Хлуновым, а также с заместителем генерального директора Фонда - Андреем Блиновым. Участники подробно ознакомились с основными задачами, которые стоят сегодня перед Фондом, узнали об основных изменениях в его работе, которые нас ожидают в ближайшее время. Учитывая сложившуюся нестабильную геополитическую обстановку в мире, молодых ученых волновали, в первую очередь, вопросы, связанные с особенностями выполнения ключевых наукометрических показателей проектов. В частности, политики РНФ относительно публикации



статей в журналах, входящих в международные базы данных WoS и Scopus. Панельная дискуссия, которая завершала работу Школы РНФ, была посвящена экспертизе и критериям оценки научной деятельности. В ней приняли участие председатели экспертных советов РНФ – академик Александр Клименко и академик Александр Макаров. Были затронуты важные вопросы, связанные с научной этикой, формированию новых подходов к объективности экспертизы и оценки научных результатов.

Представители АО «Гиредмет» Нескоромная Е.А. и Бабкин А.В. приняли участие в работе **XVIII Международной научно-практической конференции «Новые полимерные композиционные материалы»** в п. Эльбрус Республики Кабардино-Балкария. Мероприятие собрало экспертов и



специалистов страны для обсуждения широкого круга вопросов, касающихся создания новых полимеров и композиционных материалов на их основе, исследований строения и свойств полимерных материалов и оригинальных методов их получения,

перспектив применения полимеров и композитов в различных областях отечественной техники и промышленности.

19 июля было организован доклад директора АО «Гиредмет» Голинея А.И. на заседании Президиума Российской Академии Наук (рис 61). В своем выступлении директор отразил современные направления деятельности старейшего научно-исследовательского института материаловедческого и химико-технологического профиля. Андрей Иванович выступил с предложением организовать II Международную научно-практическую конференцию «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» (РЕДМЕТ-2022) при поддержке Академии наук. Он также отметил, что конференция выступает в качестве площадки, где собираются эксперты, учёные, производители со всей страны,

чтобы обсудить насущные вопросы в области переработки редкометаллического минерального сырья и получения критически важных материалов и изделий на основе редких металлов для их применения в высокотехнологических отраслях промышленности – электронной, атомной, авиационно-космической и химической.



Рис 61. Доклад Голиня А.И. на заседании Президиума РАН

Президиум РАН выразил готовность поддержать проведение Международной научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение».

На Международном военно-техническом форуме «АРМИЯ-2022», проходившим в конгрессно-выставочном центре «Патриот» в период с 15 по 21 августа, АО «Гиредмет» имени академика Н.П. Сажина продемонстрировал полупроводниковые материалы АЗВ5 и А2В6, находящие широкое применение в электронике и фотонике, а также монокристаллы на основе галогенидов таллия и серебра и других неорганических соединений, применяемые для детектирования ИК излучения, X-и гамма-излучения, создания приборов ИК оптики (рис 62). Данные материалы востребованы во многих высокотехнологических отраслях промышленности, включая авиационно-космическую, ядерное и медицинское приборостроение.



Рис. 49. Выставочный комплекс «Госкорпорации Росатом» на площадке форума «АРМИЯ-2022».

Также сотрудники института приняли участие в следующих научных мероприятиях:

– 1-й Всероссийский семинар «Электрохимия в распределенной и атомной энергетике» (посвященный 90-летию Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова). (18–22 сентября 2022 год, г. Нальчик). С докладом на тему «Кинетика взаимодействия метана газовой фазы с керметами NI-ZR0.82Y0.18O1.91 и NI-LA0.90SR0.10SCO2.95» выступил д.х.н. Ананьев М.В.

– Совещание с международным участием, посвященное памяти профессора Укше Евгения Александровича (1928–1993). (27 июня — 03 июля, Черногоровка). С докладом на тему «Увеличение плотности мембран SR2FE1.5MO0.5O6- δ за счет избытка оксида железа: влияние оксида железа на транспортные и кинетические параметры» выступили д.х.н. Ананьев М.В.

– XVII Всероссийская конференция «Высокочистые вещества. Получение, анализ, применение» (июнь, г. Нижний Новгород). Сотрудники Лаборатории технологии получения веществ особой чистоты представлены доклады на тему «Сравнение экстракционных свойств экстрагента Aliquat 336 отечественного и импортного производства для извлечения и разделения редкоземельных элементов»; «Исследование особенностей выращивания кристаллов ортосиликата лютеция большого диаметра».

– IV Съезд аналитиков России (26–30 сентября, г. Москва). В симпозиуме приняли участие сотрудники ИАСЦ.

– 15-я Конференция «Акустооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации» ARMIMP-2022 (03–07 октября 2022 г). С докладом на тему «Акустооптические свойства кубического кристалла KRS-5 и аморфных стекол на основе теллура» выступила Зараменских К.С.

– Молодежная научно-практическая конференция «Материалы и технологии в атомной энергетике» (22–23 июня, г. Москва). Сотрудники Лаборатории высокочистых галогенидных материалов для оптики представили стендовый доклад на тему «Разработка технологии радиационно-стойкого градиентного оптического волокна на основе галогенидов таллия». Также с докладом «Материалы и технологии в атомной энергетике» по теме: «Распределение актинидов и продуктов деления при шлаковом переплаве конструкционных материалов отработавшей тепловыделяющей сборки ВВЭР-1000» выступил Будин О.Н. (в соавторстве с сотрудниками АО «ВНИИХТ»).

– Международная конференция International Conference Laser Optics (ICLO) (20–24 июня). Со стендовым докладом «Thallium halides based IR gradient crystals and optical fibers development» приняла участие Зараменских К.С.

– Международная научно-техническая конференция Оптические технологии, материалы и системы. Зараменских К.С. приняла участие в конференции в качестве докладчика с материалами по теме «Технология производства оптического волокна ИК-диапазона из галогенидов серебра и таллия и его применение в промышленности».

– XXIII Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке» (16–19 мая, Томск). Сотрудники лабораторий и ИАСЦ представили на конференции доклады на тему «Технология получения металлического скандия чистотой не менее 99,99% из оксида»; «Получение безводного хлорида иттрия методом двухступенчатого хлорирования»; «Переработка отходов литийтермического восстановления

хлорида скандия с получением хлорида лития чистотой 99,99 %» и «Получение тетрахлорида гафния в кварцевом реакторе новой конструкции».

– Форум «Микроэлектроника 2022» (6 октября). На Форуме приняли участие Козлов Р.Ю. и Кормилицина С. С докладом на тему «Современное состояние и перспективы развития низкотемпературных полупроводниковых соединений группы АЗВ5 – антимонидов индия и галлия».

Кроме того, представители АО «Гиредмет» приняли участие в конференциях: VII Международная научно-техническая конференция «Оптотех-2022»; XXXIII международная конференция «Лазеры в науке, технике, медицине»; Научно-техническая конференция «Ядерное приборостроение: история, современность, перспективы»; Научно-технический семинар «Обращение с ОЯТ и РАО в ЗЯТЦ» (ОЯТ и РАО 2022); X Российская конференция РАДИОХИМИЯ-2022 и др.

Стоит отметить участие научных сотрудников в организации и работе II Международной научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» (РедМет-2022): активно участвовали в дискуссиях, председательствовали



на стендовой сессии. являлись председателями секции. От АО «Гиредмет» на конференцию было представлено 25 докладов (тезисов).

II Международная научно-практическая конференция «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» (РЕДМЕТ-2022)

23–25 ноября 2022 г. состоялась II Международная научно-практическая конференция «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии,

свойства и применение», посвященная памяти академика Н.П. Сажина (РедМет-2022)

Конференция организована Акционерным обществом «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет» при поддержке Госкорпорации «Росатом», Российской академии наук, Министерства науки и высшего образования РФ, Министерством промышленности и торговли РФ. Соорганизаторами конференции выступили АО «Наука и инновации», Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, НИТУ МИСиС, Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых РАН.

Конференция РЕДМЕТ продолжает традиции цикла регулярных научных семинаров «Сажинские чтения», которые ежегодно проводились в институте Гиредмет начиная с 1970 г. В 2022 году тематика секционных заседаний охватывала широкий спектр научных и технологических направлений: от переработки минерального сырья, содержащего редкие металлы, до разработки новых материалов на основе редких элементов, их соединений и сплавов, высокочистых веществ, полупроводниковых, оптических и люминесцентных материалов, наноматериалов, материалов современной энергетики и др. В фокусе конференции были обсуждения современных научных и технологических вызовов в области переработки редкометаллического минерального сырья и получения критически важных материалов и изделий на основе редких металлов для применения в высокотехнологических отраслях промышленности (электронной, атомной, авиационно-космической, химической и проч.).



Рис. 50. Участники конференции «РЕДМЕТ-2022»

Всего на Конференцию было зарегистрировано более 250 участников. За три дня было заслушано 13 пленарных, 110 устных и 7 стендовых докладов. Среди докладчиков были представители 10 организаций Госкорпорации «Росатом», 36 научно-исследовательских институтов и научно-технических организаций подведомственных Российской академии наук и Минобрнауки России, 30 предприятий производственного сектора. Кроме того, в конференции приняли участие 30 представителей зарубежных научных организаций из 9 стран – Таджикистана, Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Японии, Китая, Венесуэлы, Индии и Белоруссии (всего 19 организаций).

Как пленарные, так и секционные доклады были встречены с большим интересом и сопровождались оживленной дискуссией. Впервые был проведен конкурс на лучшие доклады среди молодых ученых, как устных, так и стендовых. Победителями оказались 13 молодых ученых, которые были награждены дипломами и ценными призами. Важнейшим событием в ходе проведения Конференции стало вручение учрежденной в 2022 году медали имени Н.П. Сажина «За вклад в развитие науки и технологий редких и редкоземельных металлов». Медалью были награждены Матясова Валентина Ефимовна (АО «ВНИИХТ» им. Б.Н. Ласкорина), Мирсаидов Ульмас

Мирсаидович (НАН Таджикистана), Мельников Сергей Александрович (АО «ВНИИХТ» им. Б.Н. Ласкорина), Николаев Анатолий Иванович (ИХТРЭМС им. И.В. Тананаева, КНЦ РАН), Пархоменко Юрий Николаевич (АО «Гиредмет» им. Н.П. Сажина).

В ходе проведения Конференции участники обсудили многие важнейшие вопросы развития редкометаллической промышленности. По результатам таких обсуждений были сформулированы следующие решения и рекомендации:

– Осуществлять более тесную кооперацию работ академической и отраслевой науки для решения текущих и перспективных задач совершенствования и развития технологий производства и применения редкометалльной продукции для отечественной промышленности. Кооперацию науки и производства важно сопровождать полноценным комплексом маркетинговых исследований состояния рынка РМ продукции и перспективных потребностей промышленности.

– Рекомендовать Министерству промышленности и торговли РФ, Госкорпорации «Росатом» усилить меры по поддержке условий для роста объемов внутреннего потребления редких и редкоземельных металлов за счет отечественной сырьевой базы (природных и техногенных ресурсов), стимулировать создание отечественных технологий переработки РМ-содержащих материалов, максимально использовать имеющийся научный потенциал профильных отраслевых институтов и предприятий.

– Приложить усилия к развитию на государственном уровне масштабного атомно-водородного проекта, который должен стать основой формирования новых научно-технических разработок и создания как крупных энергопромышленных комплексов (на базе атомных станций), так и элементов распределенной энергетики, оптимизированных с точки зрения экономики, экологии и социальной потребности.

По вопросам организации и проведения Конференции были выдвинуты следующие решения и рекомендации:

1. Считать апробацию организационной схемы Конференции успешной и принять ее за основу при составлении программы работы данного мероприятия в дальнейшем.

2. Для более широкого привлечения студентов, аспирантов и молодых сотрудников рекомендовать проведение регулярных конкурсов молодых докладчиков, а в перспективе, школ молодых ученых по тематике Конференции с привлечением ведущих отечественных и зарубежных ученых.

3. Рекомендовать расширить участие в Конференции предприятий редкометаллической промышленности, реального сектора экономики. Включить в программу 3-ей Международной научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» проведение круглого стола с приглашением представителей реального сектора экономики.

4. Издать сборник полнотекстовых докладов конференции в первой половине 2023 года, индексируемый в РИНЦ.

5. Провести очередную 3-ю Международную научно-практическую конференцию «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» весной 2024 года. Просить руководство АО «Гиредмет» содействовать процессу подготовки Конференции, а ее проведение запланировать на выездной площадке.

6. Оргкомитету 3-ей Международной научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» обратиться в различные фонды и к спонсорам с просьбой о финансовой поддержке конференции в 2024 году.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ЗАМЕСТИТЕЛЯ ДИРЕКТОРА ПО НАУКЕ И ИННОВАЦИЯМ

Наш институт имеет богатую историю своего становления и развития, основанного на органичном сочетании фундаментальной науки, прикладных исследований и опытного производства. Разработанные институтом технологии внедрены на многих десятках предприятий России и зарубежья, работающих в сфере электроники, СВЧ техники, сверхпроводниковой техники, ИК оптики, приборостроения, авиа- и ракетостроения, атомной энергетики, а также добычи и переработки минерального сырья, содержащего РМ, РЗМ. Заслуженный авторитет АО «Гиредмет» в указанных отраслях промышленности обеспечивает благоприятные условия для дальнейшего развития института.

Перспективное развитие АО «Гиредмет» ориентировано на построение качественно новой и соответствующей современному высокому уровню системы научных и прикладных исследований и разработок, которые позволили бы обеспечить высокую конкурентоспособность выполняемых работ, актуализацию научно-производственной программы путём постановки и решения новых научных и научно-прикладных задач, в том числе междисциплинарных и нацеленных на разработку и создание продуктов и технологий с высокой добавленной стоимостью и имеющих экспортный потенциал. Предпосылками к такому обновлению стали, как общий углубленный анализ традиционного для АО «Гиредмет» (российского и мирового) рынка материалов и технологий, связанных с редкими металлами, так и чёткое видение компетенций института в новых научно-технологических задачах, связанных в том числе с повесткой 4-го энергетического перехода.

Развитие технологий новой энергетики, в которыми уже активно занимается АО «Гиредмет», повлечет за собой в нашей стране и за рубежом, расширение производства соответствующего оборудования и материалов, включая ветрогенераторы, солнечные панели, электротранспорт, системы

автономного питания, силовая электроника и др., которые в огромной степени полагаются на использования РМ и РЗМ.

Таким образом, интенсивное развитие технологий и материалов 4-го энергетического перехода повлечёт за собой возрастающие объемы потребления РМ и РЗМ (ожидаемый рост потребления может составить от 340 до 730% к 2040 году). Данное обстоятельство обострит проблему добычи и переработки редкоземельных ресурсов (природных и техногенных), а также их эффективного использования.

В последние годы уровень зависимости России от импорта ряда стратегически важных металлов и материалов на их основе существенно вырос, что особенно остро проявилось в 2022 году на фоне проведения СВО на Украине и введения международных санкций. Наша страна, занимая второе место в мире по запасам редких и редкоземельных металлов, является импортозависимой по ним от 80 до 100 процентов. К критическим позициям сегодня можно отнести уран, марганец, хром, титан, тантал, бокситы, цирконий, бериллий, литий, рений, германий и большая часть редкоземельных металлов.

В связи с вышеуказанным технологии АО «Гиредмет» в среднесрочной и долгосрочной перспективе будут весьма востребованы на российском рынке. При этом в краткосрочной перспективе институт будет жить в условиях динамически изменяющегося баланс риска и возможностей, появляющихся сегодня на российском рынке в виду беспрецедентного разрушения цепочек поставок материалов и оборудования с традиционных зарубежных рынков, а также возникновения новых и объемных потребностей в оборонной и смежных высокотехнологичных отраслях промышленности страны. Тем не менее ожидается, что доминантом российского рынка редких и редкоземельных металлов и материалов на их основе останется Китай (от добычи и переработки до производства конечных материалов и изделий). Несмотря на очевидный риск утраты технологического суверенитета, в 2022 году наблюдалось весьма слабое участие крупных отраслей в финансировании

проектов, направленных на развитие редкометаллической промышленности, и малый объем внутреннего рынка. При этом имеет место очевидное увеличение роли и желания государства в лице Минпромторга и других федеральных органов в финансировании новых разработок.

Ожидается, что в 2023 году новую актуальность обретут компетенции института в области разработки технологий выращивания сцинтилляционных и полупроводниковых кристаллов для детектирования ионизирующего излучения. Это связано с инициированием крупных отраслевых проектов в области разработки сложного медицинского диагностического оборудования, в частности компьютерного томографа (КТ), однофотонного эмиссионного компьютерного томографа (ОФЭКТ) и позитрон-эмиссионного томографа (ПЭТ) с время-пролетной технологией на фоне ограничений импорта данных видов оборудования в нашу страну из-за санкций.

Стоит отметить, что начиная уже с 1 квартала 2022 года существенно напряженной стала ситуация с сырьевым и аппаратурным обеспечением реализации научных и производственных программ, соответствующих запросам рынка (особенно касается технологий выращивания полупроводниковых кристаллов, изготовления эпитаксиальных пластин, технологий получения металлических порошков), связанная с ограничением экспорта высокотехнологичной научной и экспериментальной техники в нашу страну, что затронуло и интересы АО «Гиредмет» сделав крайне затруднительным обеспечение не только поставок нового оборудования, но и ремонта имеющегося. Ожидается, что данные ограничения будут усиливаться в 2023 году.

Поддержание и развитие научного потенциала АО «Гиредмет» неразрывно связано и с решением задач по обновлению и пополнению кадрового состава. На решение указанных кадровых вопросов в 2022 году были направлены серьёзные ресурсы, что позволило усилить несколько научно-производственных коллективов института и одновременно открыть новые направления работ, используя потенциал новых сотрудников. Тем не

менее острота проблемы кадрового наполнения института, в особенности его научного блока остается. Это связано как с достаточно высоким коэффициентом текучести кадров, так и с ростом количества и объемов реализуемых НИОКР и производственных программ при практически неизменной численности персонала.

Несмотря на заметный рост выручки и объемов выполняемых НИОКР и производственных программ в 2022 году, актуальными для института остаются вопросы финансово-экономического оздоровления и поддержание высокого уровня научных исследований и разработок. Первая часть включает в себя ряд мероприятий, направленных на диверсификацию источников выручки института, в том числе путём выхода на новые рынки сбыта наукоемких услуг и продукции, а также расширения перечня производимых продуктов, в том числе упреждающих требования рынка. В данной работе особенно важно отойти от доминирования ЕОТП в общем объеме выполняемых НИОКР и активно задействовать работу с отраслевыми и внешними предприятиями, а также ресурс, которые сегодня предлагается со стороны Минпроторга РФ в виде субсидий и финансирования прямых НИОКР в рамках импортозамещения материалов и технологий для стратегических отраслей и предприятий промышленности. Вторая часть включает комплекс мероприятий, нацеленных на актуализацию направлений научно-исследовательской и научно-производственной деятельности, выполнение инновационных проектов инвестиционных форм финансирования, формирование необходимого научно-технического задела для сохранения конкурентоспособности института в будущем.

В рамках реализации плана финансового оздоровления, утвержденного управлявшей компанией АО «Наука и инновации», в 2023 году планируется проведение цикла организационных и кадровых мероприятий, направленных на подготовку вхождения АО «ВНИИХТ» в состав АО «Гиредмет» с целью объединения компетенций институтов и образованию единого научно-технологического центра, обеспечивающего полный цикл разработок,

связанных с технологиями редких и редкоземельных металлов (от руды и концентрата до высокочистых материалов, функциональных материалов, а также изделий и оборудования на их основе). Т.о., должно произойти частичное восстановление исторической структуры научно-производственных направлений института Гиредмет, но уже в новом формате в соответствии с текущей корпоративной и отраслевой стратегией, а также имеющимися бюджетными возможностями.

Работа в указанном направлении ведётся в АО «Гиредмет» и АО «ВНИИХТ» уже с 2022 года по решению управляющей компании АО «Наука и инновации». Помимо формальных и организационных действий за прошедшее время проведено немало работы в практической плоскости основной деятельности институтов. Так лабораториями АО «Гиредмет» и АО «ВНИИХТ» проведено несколько совместных проектов, в т.ч. в рамках ЕОТП. Такая работа будет ещё более объемной в 2023 году.

Объединение коллективов двух институтов, имеющих десятилетия самостоятельной истории развития, станет непростой задачей. Тем не менее, предполагается широкое распространение и максимальное задействование потенциала инструментов консолидации разрозненных компетенций, независимых (самостоятельных) и дублирующих результатов интеллектуальной деятельности (НИР, НИОКР), отдельных конструкторских и производственных возможностей, ограниченных материальных, финансовых, инфраструктурных, кадровых, управленческих и других ресурсов двух субъектов. Одним из ожидаемых эффектов слияния институтов должна стать синергия научно-технических компетенций и производственных возможностей, что позволит ускорить процессы разработки, масштабирования и внедрения новых технологий и инновационных продуктов, востребованных рынком; увеличить динамику и количество векторов развития; повысить эффективность использования экспериментального и производственного оборудования; разделить и понизить хозяйственные и финансовые риски.

Политические и экономические события 2022 года безусловно потребуют значительных корректировок в планы и дорожные карты развития деятельности института. Главным посылом этих изменений станет новое понимание необходимости развития в России собственных технологий полного цикла от переработки редкометаллического сырья до получения широкой линейки материалов и изделий на их основе. В этой связи роль института Гиредмет будет неизбежно повышаться и наша общая задача – соответствовать этой важнейшей роли, быть готовыми много работать и развиваться, ликвидируя кадровый голод, преодолевая излишние бюрократические барьеры, ставя во главу угла – осязаемый результат, а не процесс.

Уверен, что коллективу АО «Гиредмет», а также многим коллегам из нашей отрасли предстоит на собственном опыте убедиться, что продукты 21-го века сильно отличаются от таковых, созданных в прошлом веке. К сожалению, наша страна пока во многом живет именно технологиями прошлого века, если говорить о собственных технологиях, но потребляет и сильнейшим образом зависима от технологий западных стран. Если в продуктах и технологиях прошлого века НИОКР составлял только от доли до 10% в стоимости постановки его производства или в себестоимости самого продукта, то в эпоху полупроводников эта доля уже составляла до 30%. Сегодня же, при ожидаемом в нашей стране переходе к так называемому пятому технологическому укладу, доля НИОКР может составлять до 90% и более, как это уже наблюдается на примере наиболее развитых экономик мира. Таким образом, необходимо поступательно менять сознание и систему принятия решений, влияющих на деятельность нашего и других институтов научного дивизиона Госкорпорации «Росатом» в части планирования и постановки задач научно-технического развития, его финансового обеспечения, а также делегирования прав определения целевых критериев научного и технологического успеха.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ

АП – аванпроект

ВПК – военно-промышленный комплекс

ГИМ – группа затратных инвестиционных мероприятий

ДГО – динамический градиентный отжиг

ЕОТП – единый отраслевой тематический план

ЕСКД – единая система конструкторской документации

ЖФЭ – жидкофазная эпитаксия

ИАСЦ – испытательный аналитико-сертификационный центр

ИК – инфракрасная

ИМ – инвестиционное мероприятие

КРТ – кадмий-ртуть-теллур

КЦТ – кадмий-цинк-теллур

ЛИА – литий-ионные аккумуляторы

МЛЭ – молекулярно-лучевая эпитаксия

НИА – натрий-ионные аккумуляторы

НИИ – научно-исследовательский институт

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

НИР – научно-исследовательская работа

НТС НПО – научно-технический совет научно-производственного объединения

ОКР – опытно-конструкторские работы

ОНТС – объединенный научно-технический совет

ОСЧ – особо чистые

ПННТР – приоритетное направление научно-технологического развития

РЗМ – редкоземельные металлы

РЗЭ – редкоземельные элементы

РИД – результат интеллектуальной деятельности

РИНЦ – российский индекс научного цитирования

РКД – рабочая конструкторская документация

РМ – редкие металлы

РТТН – программа «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года»

СЧ ОКР – составная часть опытно-конструкторской работы

ТЗ – техническое задание

ТОТЭ – твердооксидные топливные элементы

ФЦП – федеральная целевая программа

ХТК – химико-технологический кластер

МОСVD – metalorganic chemical vapor deposition (металлорганическое химическое парофазное осаждение)

Список научных публикаций сотрудников АО «Гиредмет» за 2022 год

Отделение материалов накопителей и преобразователей энергии

1. D.M. Zakharov, E.S. Tropin, D.A. Osinkin, A.S. Farlenkov, N.M. Porotnikova, M.V. Ananyev H/D isotopic exchange and electrochemical kinetics of hydrogen oxidation on Ni-cermets with oxygen-ionic and protonic electrolytes // *Journal of Power Sources*. - 2022. - Т. 517.
2. N.M. Porotnikova, M.V. Ananyev, D.A. Osinkin, A.V. Khodimchuk, A.V. Fetisov, A.S. Farlenkov, A.I. Popov. Increase in the density of Sr₂Fe_{1.5}Mo_{0.5}O_{6-δ} membranes through an excess of iron oxide: The effect of iron oxide on transport and kinetic parameters // *Surfaces and Interfaces*. - 2022. - Т. 29.
3. N. Porotnikova, A. Khrustov, A. Farlenkov, A. Khodimchuk, G. Partin, I. Animitsa, N. Kochetova, D. Pavlov, and M. Ananyev. Promising La₂Mo₂O₉-La₂Mo₃O₁₂ Composite Oxygen-Ionic Electrolytes: Interphase Phenomena // *ACS Applied Materials & Interfaces*. - 2022. - Т. 14, №4.
4. Yuri A Mastrikov, Denis Gryaznov, Maksim N Sokolov, Guntars Zvejnieks, Anatoli I Popov, Roberts I Eglitis, Eugene A Kotomin, Maxim V Ananyev Oxygen Vacancy Formation and Migration within the Antiphase Boundaries in Lanthanum Scandate-Based Oxides: Computational Study. // *Materials*. - 2022. - №15.
5. A.A. Solodyankin, V.A. Eremin, M.V. Ananyev, E.P. Antonova, V.A. Bulatov, D.A. Zamyatin, E.S. Tropin, N.M. Porotnikova, A.V. Khodimchuk Revealing the degradation mechanism of the lanthanum nickelates based double-layer electrodes during long-term tests in contact with chromium-containing steel interconnects // *International Journal of Energy Research*. - 2022. - Т. 46, №9. - С. 12579 — 12596.
6. D.M. Zakharov, M.V. Ananyev Methane dissociation mechanism on NieLa_{1-x}Sr_xScO₃ cermet for proton ceramic electrochemical devices // *International Journal of Hydrogen Energy*. - 2022.
7. Artur J. Majewskia, Anna Khodimchuk, Dmitriy Zakharov, Natalia Porotnikova, Maxim Ananyev, Ian D. Johnson, Jawwad A. Darr, Peter R. Slatere, Robert Steinberger-Wilckens Oxygen surface exchange properties and electrochemical activity of lanthanum nickelates // *Journal of Solid State Chemistry*. - 2022. - Т. 312.
8. Porotnikova N.M., Antonova E.P., Ananyev M.V., Eremin V.A., Farlenkov A.S. Degradation study of La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-x}Fe_xO_{3-δ} based symmetric cells by means of impedance spectroscopy and oxygen isotope exchange // *Solid State Ionics*. - 2022. - №387.
9. Захаров Д.М., Ананьев М.В., Курумчин Э.Х. Кинетика взаимодействия метана газовой фазы с керметами NI-ZR0.82Y0.18O1.91 и NI-LA0.90SR0.10SCO2.95 // Тезисы конференции Сборник трудов Первого Всероссийского семинара «Электрохимия в распределенной и атомной энергетике» (посвященный 90-летию Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова). - Нальчик: 2022. - С. 23-27.
10. Поротникова Н.М., Ананьев М.В., Осинкин Д.А., Ходимчук А.В., Фетисов А.В., Фарленков А.С., Курумчин Э.Х., Попов А.И. Увеличение плотности мембран SR₂FE_{1.5}MO_{0.5}O_{6-δ} за счет избытка оксида железа: влияние оксида железа на транспортные и кинетические параметры // Труды 16-го Совещания с международным участием. Посвящается памяти профессора Укше Евгения Александровича (1928-1993). - Черногоровка: 2022. - С. 438-440.
11. Ананьев М.В. Среднетемпературные твердооксидные электрохимические устройства для водородной энергетики // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 352-353.
12. А.Р. Ахмадеев, В.А. Еремин, М.В. Ананьев Изотопный обмен кислорода со смешанно проводящими мембранами на основе Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8-x}Fe_{0.2-x}M_xO_{3-δ} (M = Ta, Nb, Mo, W) // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 354-355.

13. А.А. Рожина, М.В. Тарасова Термоэлектрические материалы на основе твердых растворов селенида свинца и селенида олова // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 180-181.

Испытательный аналитико-сертификационный центр

1. Корнев П.В., Кулова Т.Л., Кузьмина А.А., Тусеева Е.К., Скундин А.М., Климова В.М., Кошель Е.С. Титанат лития, допированный европием, как анодный материал для литий-ионных аккумуляторов // Журнал физической химии. - 2022. - Т. 96. № 2. - С. 294 – 301.

2. Kornev P.V.; Kulova T.L.; Kuz'mina A.A.; Tusseeva E.K.; Skundin A.M.; Klimova V.M.; Koshel' E.S. Europium-Doped Lithium Titanate As a Material for the Anodes of Lithium-Ion Batteries // Russian Journal of Physical Chemistry A - 2022. - Т. 96. № 2. - С. 437 — 443.

3. Yurasova O.V.; Samieva D.A.; Koshel E.S.; Karpov, Yu. A. Production and Quality Control of High-Purity Rare-Earth Metal Oxides for Scintillator Crystals of Detecting Medical Systems // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. - 2022. - №Т. 63. № 2. - С. 157 — 166.

4. Юрасова О.В., Самиева Д.А., Кошель Е.С., Карпов Ю.А. Получение и контроль качества высокочистых оксидов редкоземельных металлов для кристаллов сцинтилляторов детектирующих медицинских систем // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2022. - №Т. 28. № 1. - С. 27 — 38.

5. Дальнова Ю.С., Хорозова О.Д., Тертышный И.Г., Архипенко А.А., Барановская В.Б., Доронина М.С., Петрова К.В., Бабкин А.В. Разделение редкоземельных элементов и тяжелых металлов сорбентами тиоэфирного и аминотиоэфирного ряда // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 291-292.

6. Memetova A., Inderjeet Tyagi., Rama Rao Karri., Suhas, Memetov N., Zelenin A., Stolyarov R., Babkin A., Yagubov V., Burmistrov I., Tkachev A., Bogoslovskiy V., Shigabaeva G., Galunin E. High-Density Nanoporous Carbon Materials as Storage Material for Methane: A value added solution. // Chemical Engineering Journal. - 2022. - №433.

7. Ali, I., Neskornomnaya, E.A., Melezhik, A.V., Babkin A.V., Kulnitskiy B.A., Burakov A.E., Burakova I.V., Tkachev A.G., Abdulraheem S., A. Almalki, Abdullah Alsubaie Magnetically active nanocomposite aerogels: preparation, characterization and application for water treatment // Journal of Porous Materials. - 2022. - №29(2). - P. 545–557.

8. T.S. Kuznetsova, I.V. Burakova, T.V. Pasko, A.E. Burakov, A.V. Melezhik, E.S. Mkrtchyan, A.V. Babkin, E.A. Neskornomnay, A.G. Tkachev Адсорбция метана на графеновом аэрогеле // Inorganic Materials: Applied Research. - 2022. - Vol 13, No. 2. - pp. 434–441.

9. Бабкин А.В., Меметова А.Е. Нескоромная Е.А., Синтез композиционных материалов оксид графена/карбоксиметилцеллюлоза, декорированных наночастицами железа, для сорбционной очистки водных сред // Тезисы конференции 7 – 9 июня 2022 год. Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология. 14-ая Международ. конф. 2022. - Москва: 2022. - С. 145-146.

10. Меметова А.Е., Меметов Н.Р., Зеленин А.Д., Герасимова А.В., Нескоромная Е.А., Бабкин А.В. Синтез углеродных нанопористых материалов с направленным регулированием удельной поверхности и пористой структуры. // Тезисы конференции 7 – 9 июня 2022 год. Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология. 14-ая Международ. конф. - Москва: 2022. - С. 117-118.

11. Меметова А.Е., Меметов Н.Р., Зеленин А.Д., Герасимова А.В., Нескоромная Е.А., Бабкин А.В. Применение нового композиционного материала в высокоэнергетических адсорбционных системах для газовой промышленности. // Тезисы конференции 7 – 9 июня 2022 год. Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология. 14-ая Международ. конф. - Москва: 2022. - С. 119-120.

12. Нескоромная Е.А., Бабкин А.В., Меметова А.Е. Курносое Д.А. Синтез композиционного материала оксид графена/хитозан для сорбционной очистки водных сред от ионов тяжелых металлов // Тезисы конференции 4 – 9 июля 2022 года. XVIII Международная научно-практическая конференция «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения». - Нальчик: "Принт Центр", 2022. - С. 242.

13. Меметова А.Е., Меметов Н.Р., Зеленин А.Д., Герасимова А.В., Нескоромная Е.А., Бабкин А.В. Синтез углеродных нанопористых материалов с направленным регулированием удельной поверхности и пористой структуры // Тезисы конференции 7 – 9 июня 2022 год. Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология. 14-ая Междунар. конф. 2022. - Москва: 2022. - С. 119 -120.

14. Нескоромная Е.А., Бабкин А.В., Меметова А.Е. Курносое Д.А. Синтез композиционного материала оксид графена/хитозан для сорбционной очистки водных сред от ионов тяжелых металлов // XVIII Международная научно-практическая конференция «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения» - Нальчик: Принт Центр, 2022. - С. 242.

15. Меметова А.Е., Мкртчян Э.С., Зеленин А. Д., Меметов Н.Р., Герасимова А.В., Нескоромная Е.А., Бабкин А.В. Адсорбция метиленового синего на наноструктурном углеродном материале // Тезисы конференции 16 – 25 сентября 2022 года. XXXIV Симпозиум «Современная химическая физика». - Туапсе: 2022. - С. 239.

16. Меметова А.Е., Зеленин А. Д., Меметов Н.Р., Герасимова А.В., Нескоромная Е.А., Бабкин А.В. Адсорбция метана на наноструктурном углеродном материале // Тезисы конференции 16 – 25 сентября 2022 года. XXXIV Симпозиум «Современная химическая физика». - Туапсе: 2022. - С. 240.

17. T.S. Kuznetsova, I.V. Burakova, T.V. Pasko, A.E. Burakov, A.V. Melezhik, E.S. Mkrtychyan, A.V. Babkin, E.A. Neskromnaya, A.G. Tkachev Technology of Nanocomposites Preparation for Sorption Purification of Aqueous Media // Inorganic Materials: Applied Research. - 2022. - Vol. 13, No. 2. - pp. 434–441.

18. Memetova A.E., Neskromnaya E.A., Zelenin A.D.; Babkin A.V., Memetov N.R., Gerasimova A.V. Sorption Properties of Graphene Aerogel with Respect to Methane. // Inorganic Materials: Applied Research. - 2022. - Том 13, Выпуск 5. - С. 1333 – 1339.

19. К. В. Петрова, В. В. Еськина, В. Б. Барановская, М. С. Доронина, Н. А. Короткова, А. А. Архипенко Обзор способов извлечения и концентрирования примесей в материалах на основе редкоземельных элементов для методов спектрального и масс-спектрального анализа // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2022. - №4.

Отделение особо чистых веществ и монокристаллов

1. О.В. Юрасова, Д.А. Самиева, Е.С. Кошель Получение и контроль качества высокочистых оксидов редкоземельных металлов для кристаллов сцинтилляторов детектирующих медицинских систем // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия (ядро РИИЦ). - 2022. - Том 28 №1. - С. 27-37.

2. Yurasova, O.V., Samieva, D.A., Koshel, E.S, Karpov, Y.A. Production and Quality Control of High-Purity Rare-Earth Metal Oxides for Scintillator Crystals of Detecting Medical Systems // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. - 2022. - №63(2). - С. 157-166.

3. Самиева Д.А., Юрасова О.В., Королева Е.О., Семенов А.А., Свистунова О.С. Сравнение экстракционных свойств экстрагента Aliquat 336 отечественного и импортного производства для извлечения и разделения редкоземельных элементов // Тезисы конференции Июнь 2022 г. XVII Всероссийская конференция «Высокочистые вещества. Получение, анализ, применение». - Нижний Новгород: 2022.

4. И.М. Ермоchenков, Ю.Д. Заварцев, А.И. Загуменный, О.В., Юрасова, А.О. Жарков, Д.А. Самиева Исследование особенностей выращивания кристаллов ортосиликата лютеция большого диаметра // Тезисы конференции Июнь 2022 г. XVII

Всероссийская конференция «Высокочистые вещества. Получение, анализ, применение». - Нижний Новгород: 2022.

5. Д.А. Самиева, О.В Юрасова., Е.О Королева., О.С. Свистунова Исследование особенностей выращивания кристаллов ортосиликата лютетия большого диаметра // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 130-131.

6. И.М. Ермочёнков, Ю.Д. Заварцев, А.И. Загуменный, О.В., Юрасова, А.О. Жарков, Д.А. Самиева Исследование особенностей выращивания кристаллов ортосиликата лютетия большого диаметра // Тезисы конференции Июнь 2022 г. XVII Всероссийская конференция «Высокочистые вещества. Получение, анализ, применение». - Нижний Новгород: 2022.

7. Д.А. Самиева, О.В Юрасова., Е.О Королева., О.С. Свистунова Сравнение экстракционных свойств отечественных аммонийных солей отечественного и импортного производства для извлечения и разделения редкоземельных элементов // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 130-131.

8. Ю.Д. Заварцев, И.М. Ермоченков, О.В. Юрасова, А.А Дурум, А.В. Иванова, Д.А. Самиева, Д.О. Жарков, А.И. Загуменный Исследование характеристик кристаллов ортосиликата лютетия и опыт создания кристаллических элементов // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 197-198.

9. Семенов А.А., Юрасова О.В., Иванова А.В., Самиева Д.А. Интенсификация фильтрования суспензий и промывки осадков основных солей скандия // Металлургия черных, цветных и редких металлов. - 2022. - №3(42).

10. Хоркин В.С., Манцевич С.Н., Кузнецов М.С., Зараменских К.С. Акустооптические свойства кубического кристалла KRS-5 и аморфных стекол на основе теллура // Тезисы конференции. 03-07 октября 2022 г. 15-я Конференция «Акустооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации» ARMIMP-2022. - Москва: 2022. - С. 21-23.

11. V.S. Khorkin, V.B. Voloshinov, M.S. Kuznetsov Anisotropic acousto-optic interaction in a KRS-5 crystal // Applied Optics. - 2022. - Vol. 61, No. 15. - pp. 4397-4403.

12. Демина А.Ю., Кузнецов М.С., Зараменских К.С., Полякова Г.В., Морозов М.В., Пилюшко С.М. Разработка технологии радиационно-стойкого градиентного оптического волокна на основе галогенидов таллия // Тезисы конференции/Стендовый доклад 22-23 июня 2022 г Молодежная научно-практическая конференция «Материалы и технологии в атомной энергетике». - Москва: 2022. - С. 65.

13. В.В. Лапшин, Е.М. Захаревич, М.С. Кузнецов, К.С. Зараменских, А.В. Осипов Применение метода алмазного точения и фрезерования для получения оптики из кристаллов КРС-5 // Тезисы конференции. Стендовый доклад 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 201-202.

14. С.М. Пилюшко, М.С. Кузнецов, К.С. Зараменских, Г.В. Полякова, М.В. Морозов, Л.Н. Бутвина Измерение основных параметров оптического волокна, изготовленного из галогенидов // Тезисы конференции. Устный доклад. 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 227-228.

15. Пилюшко С.М., Умнов В.О., Зараменских К.С., Кузнецов М.С., Бутвина Л.Н., Полякова Г.В., Морозов М.В., Демина А.Ю. Технология производства оптического волокна ИК-диапазона из галогенидов серебра и таллия и его применение в промышленности // Сборник докладов конференции «Оптические технологии, материалы и системы» ИПТИП РТУ МИРЭА/ Под редакцией Сигова А.С. - Москва: РТУ МИРЭА, 2022. - С. 234-239.

16. Кузнецов М.С., Зараменских К.С., Морозов М.В., Пилюшко С.М., Лисицкий И.С. Высокочистые кристаллы бромида таллия для твердотельных неохлаждаемых полупроводниковых детекторов ионизирующего излучения // Научно-техническая конференция «Ядерное приборостроение: история, современность, перспективы» 25 - 27 октября 2022 года. - Москва: АО «СНИИП», 2022. - С. 234-239.

17. Пилюшко С.М., Умнов В.О., Кузнецов М.С., Зараменских К. Измерение коэффициента затухания галогенид-серебряного оптического волокна // XXXIII международная конференция «Лазеры в науке, технике, медицине». - Москва: 2022.

18. Пилюшко С. М., Умнов В.О., Зараменских К.С., Кузнецов М.С., Бутвина Л.Н. Галогениды серебра – перспективный материал для изготовления оптического волокна среднего ИК-диапазона // VII Международная научно-техническая конференция «Оптотех-2022». - Москва: 2022.

19. Василенко С.А., Т.В. Добрынина, А.М. Чапыгин, Д.В. Коротаев, В.В. Апанасенко, А.А. Сорокина, Д.А. Самиева, А.А. Семенов, Е.С. Кошель Технология получения металлического скандия чистотой не менее 99,99% из оксида // Тезисы конференции 16-19 мая 2022 год. XXIII Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке». - Томск: 2022. - С. 45-46 (Том 1).

20. Т.В. Добрынина, А.А. Курбаков, А.А. Пономарчук, Н.А. Короткова, А.А. Сорокина Получение безводного хлорида иттрия методом двухступенчатого хлорирования // Тезисы конференции 16-19 мая 2022 год. XXIII Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке». - Томск: 2022. - С. 64-65 (Том 1).

21. С.И. Малеева, Т.В. Добрынина, В.В. Апанасенко, Е.С. Кошель, С.В. Чижевская. Переработка отходов литийтермического восстановления хлорида скандия с получением хлорида лития чистотой 99,99 % // Тезисы конференции 16-19 мая 2022 год. XXIII Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке». - Томск: 2022. - С. 107-108 (Том 1).

22. С.В. Хидирова, А.В. Кардаполов, П.П. Кудрин, М.И. Петров, И.И. Наливайко, В.В. Апанасенко, Л.Ю. Межевая Получение тетрахлорида гафния в кварцевом реакторе новой конструкции // Тезисы конференции 16-19 мая 2022 год. XXIII Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке». - Томск: 2022. - С. 131-132 (Том 2).

23. С.И. Малеева, С.А. Василенко, Т.В. Добрынина, А.В. Жуков, С.В. Чижевская Изучение возможности использования нержавеющей стали в качестве конструкционного материала при получении высокочистого хлорида лития // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 126-127.

24. О.Д. Евстигнеев, В.В. Лазаренко, С.В. Хидирова, В.И. Клиенков, С.В. Веселова, С.А. Василенко, О.Д. Хорозова Изучение влияния примесей на эффективность хлорирования диатомита // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 336-337.

Отделение полупроводниковых соединений

1. С. Н. Князев, А. В. Кудря, Н. Ю. Комаровский, Ю. Н. Пархоменко, Е. В. Молодцова, В. В. Ющук Методы исследования дислокационной структуры полупроводниковых монокристаллов группы АШВV // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. - 2022. - №25(4).

2. Пархоменко Ю. Н., Белов А.Г., Молодцова Е.В., Козлов Р.Ю., Кормилицина С.С., Журавлев Е.О. К вопросу о корректном определении концентрации электронов в n-GaSb по данным электрофизических измерений // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2022.

3. Н.Ю. Комаровский, Е.В. Молодцова, А.Г. Белов, М.Б. Гришечкин, Р.Ю. Козлов, С.С. Кормилицина, Е.О. Журавлев, М.С. Нестюркин Особенности роста и структуры монокристаллов антимонида индия, полученных методом Чохральского в различных кристаллографических направлениях // Кристаллография. – 2022.

4. Белов А.Г., Молодцова Е.В., Кормилицина С.С., Козлов Р.Ю., Журавлев Е.О., Климин С.А., Новикова Н.Н., Яковлев В.А. Определение концентрации электронов

проводимости в n-GaSb по спектрам отражения в дальней инфракрасной области при T=295 К // Оптика и спектроскопия. – 2022.

5. Кормилицина С.С, Молодцова Е.В. Комаровский Н.Ю., Козлов Р.Ю., Журавлев Е.О. Особенности роста монокристаллов антимонида индия в кристаллографических направлениях [100], [211], [111] // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 166-168.

6. С.Н. Князев, А.В. Кудря, Е.В. Молодцова, В.В. Ющук Оценка возможностей цифровой световой микроскопии в рамках аттестации качества полупроводниковых материалов группы АПВ // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022

7. S.N. Knyazev, A.V. Kudrya, N.Yu. Komarovskiy, Y.N. Parkhomenko, E.V. Molodtsova, V.V. Yushchuk Methods of dislocation structure characterization in APV semiconductor single crystals // Modern Electronic Materials. - 2022. - №8(4). - С. 131–140.

8. Т.Г. Югова, С.Н. Князев, О.С. Павлова Образование фасеток в кристаллах GaAs, легированных Sn и Te, при выращивании методом Чохральского // Кристаллография. - 2022. - Том 67, № 3. - С. 348–352.

9. С.Н. Князев, А.В. Кудря, Е.В. Молодцова, В.В. Ющук Оценка возможностей цифровой световой микроскопии в рамках аттестации качества полупроводниковых материалов группы АПВ // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 141-142.

10. Р.А. Вербицкий, Ю.В. Сыров, С.Н. Князев Изучение возможностей снижения плотности дислокации в монокристаллах GaAs, выращенных методом Чохральского с жидкостной герметизацией расплава // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 147-148.

11. Трофимов А.А., Денисов И.А., Смирнова Н.А., Шабрин А.Д., Гончаров А.Е., Новикова А.А. и др. Особенности подготовки подложек кадмий-цинк-теллур для выращивания эпитаксиальных слоев соединения кадмий-ртуть-теллур методом молекулярно-лучевой эпитаксии // Успехи прикладной физики. - 2022. - Т.10, №3. - С. 289-300.

12. 1 А. А. Трофимов, О. А. Ухабин, А. С. Смирнов, С. А. Курепин, И. А. Денисов, А. Д. Шабрин, А. Е. Гончаров, А. А. Новикова, М. О. Можаяева, К. А. Гладышева, А. М. Косякова, В. А. Малыгин, С. А. Кузнецова, Д. В. Ильинов, А. С. Суханова, В. А. Улькаров, И.Д. Размахнин. Применение полировальных суспензий на основе поликристаллического алмаза детонационного синтеза в высокопрецизионных процессах обработки соединения кадмий-цинк-теллур. Журнал Успехи прикладной физики, 2022, том 10, № 5, стр. 459-468.

13. 3 Yri N. Parkhomenko, Aleksandr G. Belov, Elena V. Molodtsova, Roman Yu/ Kozlov, Svetlana S/ Kormilitsina, Eugene O. Zhuravlev. Sjrrrect determination jf sjncentration in n-GaSb by electrical measurements. Modern Electronics Materials 2022 8(4) 165-171.

14. 4 А.А. Трофимов, И.А. Денисов, А.Н. Моисеев, А.В. Чилисов, В.С. Евстигнеев, О.А. Ухабин, А.С. Смирнов, С.А. Курепин, М.В. Кузьмин, В.А. Улькаров, И.Д. Размахнин, А.Е. Гончаров, М.О. Можаяева, К.А. Гладышева, Т.А. Засядко // Производство подложек CdZnTe для эпитаксиального выращивания CdHgTe. Сборник трудов конференции РедМет-2022.

15. 5 Трофимов А.А., Денисов И.А., Гришечкин М.Б., Моисеев А.Н., Чилисов А.В., Евстигнеев В.С., Ухабин О.А., Смирнов А.С., Курепин С.А., Кузьмин М.В., Улькаров В.А., Размахнин И.Д., Гончаров А.Е., Можаяева М.О., Гладышева К.А., Ильинов Д.В., Кузнецова С.А., Суханова А.С., Малыгин В.А., Ковшов В.С., Косякова А.М. // Прецизионная обработка подложек CdZnTe, предназначенных для эпитаксиального выращивания CdHgTe. Сборник трудов конференции ОптоТех-2022.

16. 6 С. А. Василенко, С. В. Хидирова, А. В. Кардаполов, П. П. Кудрин, М. И. Петров, И. И. Наливайко, В. В. Апанасенко, Л. Ю. Межевая. Получение тетраоксида гафния в кварцевом реакторе новой конструкции. Материалы XXIII Международной

научно-практической конференции студентов и молодых ученых химия и химическая технология в XXI веке. Том 2, стр. 131-132.

Лаборатория технологии получения редких тугоплавких высокочистых металлов

1. Д.А. Ишмаметов, Д.Р. Асмаловский, А.С. Помельникова, В.И. Котляров Исследование качественного влияния углерода и легирующих элементов на объемное отношение боридных фаз в диффузионном слое, полученном на сложнолегированных сталях методом жидкостного безэлектролизного борирования // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 43 — 44.

2. Д.А. Ишмаметов, А.М. Чапыгин, С.А. Мельников, С.А. Василенко, А.А.Ржеуцкий К вопросу о применении фторидного и хлоридного методов при получении металлического скандия для изготовления лигатур Ni-Sc // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 45 — 46.

3. О.Н. Будин, А.Н. Кропачев, Е.И. Плещач, Ю.О. Лямзина Вскрытие перовскитового концентрата карботермическим способом // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 85 — 86.

4. А.М. Чапыгин, И.А. Чапыгин, Д.А. Ишмаметов, В.Е. Карцев Разработка стенда для исследования водородоемкости никель-металлогидридных сплавов на основе РЗМ // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 92-93.

5. Д.А. Ишмаметов, А.М. Чапыгин, В.И. Котляров, В.Е. Карцев Исследование возможности получения порошка металлического ванадия из некондиционных отходов производства // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 95 — 96.

6. А.М. Чапыгин, И.А. Чапыгин, Д.А. Ишмаметов, В.Е. Карцев, О.Н. Будин Разработка технологии и организация производства лигатур редкоземельных металлов на основе никеля (Ni-Y, Ni-RE, Ni-SC и др) для производства супержаропрочных сплавов нового поколения // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 97 — 98.

7. А.М. Чапыгин, Д.А. Ишмаметов, В.Е. Карцев, Д.В. Кортаев, В.И. Котляров Разработка технологии получения танталового порошка конденсаторного класса из компактного металла // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 100 — 101.

Лаборатория технологии получения редкоземельных металлов, порошков и сплавов

1. С.А. Лавриков, А.О. Лapidус, Е.А. Фукс, А.А. Чернышев Совершенствование процесса иодидного рафинирования циркония с автоматизированным управлением в цехе 60 АО ЧМЗ // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 132–133.

Блок научного руководителя

1. Меметова А.Е., Зеленин А.Д., Меметов Н.Р., Герасимова А.В., Бабкин А.В., Нескоромная Е.А. Синтез нового композиционного материала на основе смеси полимерных прекурсоров // Тезисы конференции XVIII Международная научно-практическая конференция «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения». - Нальчик: Принт Центр, 2022. - С. 217.

2. Бабкин А.В., Нескоромная Е.А., Захарченко Е.А., Рыженкова М.А., Казин В.И. Композиционные аэрогели на основе восстановленного оксида графена, декорированного наночастицами железа, для сорбции тяжёлых металлов и радионуклидов из растворов сложного состава // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2022. - №22(5). - С. 650-658.

3. Казин В.И., Рыженкова М.А., Хлуднева А.О., Захарченко Е.А., Догадкин Д.Н., Колотов В.П., Тюрин Д.А., Нескоромная Е.А., Бабкин А.В. Композиты на основе

восстановленного оксида графена и мезопористого углерода, декорированные наночастицами оксида железа, для концентрирования U, Th и РЗЭ // Тезисы конференции 26 – 30 сентября 2022 года. IV Съезд аналитиков России. - Москва: 2022.

4. Elsehly E.M., El-Khouly A., Hassan Mohamed Asran, Новицкий А.П., Карпенков Д.Ю., Пашкова Д.С., Чеченин Н.Г., Uchimoto T., Miki H., Пархоменко Ю.Н., Ховайло В.В. Влияние углеродных нанотрубок на термоэлектрические свойства сплавов гейслера Р- и N-типа // Физика и техника полупроводников. - 2022. - Т. 56, №2. - С. 164-168.

5. Е.Е. Едренникова, М.В. Воробьева, В.В. Иванов, В.Е. Карцев Изучение роли промежуточных оксидных фаз в процессах получения порошковых функциональных наноматериалов на основе молибдена и вольфрама // Тезисы конференции 23-25 ноября РЕДМЕТ. - Москва: 2022. - С. 115-116.

6. Ali, I., Neskornaya, E.A., Melezhik, A.V., Babkin A.V., Kulnitskiy V.A., Burakov A.E., Burakova I.V., Tkachev A.G., Abdurraheem S., A. Almalki, Abdullah Alsubaie Magnetically active nanocomposite aerogels: preparation, characterization and application for water treatment // Journal of Porous Materials. - 2022. - №29(2). - С. 545–557.

7. T.S. Kuznetsova, I.V. Burakova, T.V. Pasko, A.E. Burakov, A.V. Melezhik, E.S. Mkrtchyan, A.V. Babkin, E.A. Neskornaya, A.G. Tkachev Адсорбция метана на графеновом аэрогеле // Inorganic Materials: Applied Research. - 2022. - Vol 13, No. 2. - pp. 434–441.

8. Нескоромная Е.А., Бабкин А.В., Меметова А.Е. Синтез композиционных материалов оксид графена/карбоксиметилцеллюлоза, декорированных наночастицами железа, для сорбционной очистки водных сред // Тезисы конференции 7 – 9 июня 2022 год. Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология. 14-ая Междунар. конф. 2022. - Москва: 2022. - С. 145-146.

9. Меметова А.Е., Меметов Н.Р., Зеленин А.Д., Герасимова А.В., Нескоромная Е.А., Бабкин А.В. Применение нового композиционного материала в высокоэнергетических адсорбционных системах для газовой промышленности. // Тезисы конференции 7 – 9 июня 2022 год. Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология. 14-ая Междунар. конф. - Москва: 2022. - С. 119-120.

10. Нескоромная Е.А., Меметова А.Е., Мкртчян Э.С., Зеленин А. Д., Меметов Н.Р., Герасимова А.В., Бабкин А.В. Адсорбция метиленового синего на наноструктурном углеродном материале // Тезисы конференции 16 – 25 сентября 2022 года. XXXIV Симпозиум «Современная химическая физика». - Туапсе: 2022. - С. 239.

11. Memetova A.E., Neskornaya E.A., Zelenin A.D.; Babkin A.V., Memetov N.R., Gerasimova A.V. Sorption Properties of Graphene Aerogel with Respect to Methane. // Inorganic Materials: Applied Research. - 2022. - Том 13, Выпуск 5. - С. 1333 – 1339.

12. А. М. Кислюк, Т. С. Ильина, И. В. Кубасов, Д. А. Киселев, А. А. Темиров, А. В. Туругин, А. С. Шпортенко, М. Д. Малинкович, Ю. Н. Пархоменко Дegradация электропроводности заряженной доменной стенки в кристаллах восстановленного ниобата лития // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. - 2022. - №25(1)

13. X. Wang, M. Zhai, K.V. Ivanovskikh, H. Guo, P. Huang, C. Cui, L. Wang, Q. Shi, Synthesis and Testing of BaZrGe₃O₉:Mn⁴⁺ for Application as a Red-emitting Phosphor, Physics of the Solid State, 64 (2022) 1768.