

---

**Отчет о деятельности Научного совета РАН  
по проблемам обогащения полезных ископаемых  
в 2024 г.**

В 2024 году работа Научного совета велась в соответствии с утвержденной Правительством России «Стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года» (распоряжение от 11 июля 2024 г. № 1838-р), поручением Президента РФ В.В. Путина № ПР-1130 от 28.06.2022, постановлением Президиума РАН от 11 апреля 2023 г. №70 по развитию минерально-сырьевой базы в остродефицитных металлах для высокотехнологической промышленности.

Основываясь на этих документах и согласно научно-организационной деятельности Научного совета, связанной с координацией и развитием основных направлений фундаментальных исследований по разработке научных основ и созданию новых высокоэффективных экологически безопасных технологий комплексной и глубокой переработки минерального и техногенного сырья, в текущем году в сфере направлений Научного совета и при непосредственном участии членов научного совета получены следующие важнейшие результаты.

**Чантурия В.А., академик РАН (ИПКОН РАН)**

На основе теоретических и экспериментальных исследований разработана и апробирована экономически эффективная и малоотходная технология обогащения и химической переработки эвдиалитового минерального сырья, обеспечивающая извлечение Zr – 89 % и РЗЭ – 82 %, полное закрытие водяных контуров и получение дополнительной товарной продукции в виде аммиачной селитры и метасиликата натрия.

Предложен и обоснован механизм депрессирующего действия полимерных анионоактивных реагентов на тальк в отсутствии многозарядных катионов металлов, который заключается в увеличении электростатического отталкивания частицы талька и пузырька воздуха, а в случае предварительного добавления многозарядных катионов металлов – в уменьшении гидрофобного притяжения частицы и пузырька за счёт увеличения плотности и структурности гидратных оболочек у поверхности.

Установлена эффективность применения реагентов-регуляторов нового разработанного состава в условиях пенной сепарации алмазосодержащих кимберлитов, обеспечивающих повышение извлечения алмазов с 40,5% до 93,5% при использовании высокоминерализованных оборотных вод обогатительных фабрик АК «АЛРОСА».

Научно обоснован сорбент на основе органомодифицированного (гексадецилтриметиламмонийбромид - СТАВ) сапонита и разработаны рациональные параметры его получения, обеспечивающие высокую сорбционную емкость по отношению к золоту – 92-119 мг/г. На поверхности сапонита после сорбции выявлены

различные по крупности и содержанию золота новообразования: единичные крупные агрегаты и отдельные микровключения с содержанием до 10,5 % Au и более.

**Александрова Т.Н.**, член-корреспондент РАН (Горный )

Разработан способ флотации и оборудование для его реализации, который предназначен для получения флотационных концентратов, содержащих ценные компоненты (в том числе стратегические металлы), и включает флотационную машину с системой машинного зрения и возможностью оперативного контроля окислительно-восстановительного потенциала пульпы в присутствии различных примесей, а также программное обеспечение для оценки эффективности протекания технологического процесса в режиме реального времени. Флотационный комплекс в совокупности с машинным зрением и нейросетевым моделированием позволяет обрабатывать большие объемы данных и оптимизировать аэрационную характеристику не только пенного слоя, но и аэрацию внутри камеры флотомшины, что повышает эффективность извлечения ценных компонентов. Разработка предназначена для горнопромышленных предприятий с целью получения товарных концентратов (в том числе из низкокачественного сырья с вариативностью вещественного состава и физико-механических химических свойств). Элементы технологии могут быть тиражированы в других отраслях промышленности: в производстве строительных материалов и для интенсификации извлечения рудных и нерудных полезных ископаемых. Использование данного комплекса технических решений позволяет повысить извлечение ценных компонентов (на примере золотосодержащих руд: до 4-7 %) при одновременном снижении расхода реагентов до 10 %.

**Белов А.В.**

Исследована структура и экспериментально обоснована возможность подготовки и использования цеолитов Чугуевского месторождения Приморского края в качестве матриц удобрений с контролируемым высвобождением (CRF удобрения).

Созданы промышленные прототипы органических и органоминеральных удобрений на основе глубокой переработки торфов и бурых углей Дальнего Востока.

**Гольберг Г.Ю.**

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований по совершенствованию технологии флотационного обогащения медно-никелевых руд показано, что композиция реагентов, включающая катионы магния и полистиролсульфонат натрия, обеспечивает эффективную депрессию флотоактивных магнийсодержащих силикатов за счёт увеличения отрицательного заряда поверхности и уменьшения её гидрофобности.

**Зелинская Е.В.**

Проведено исследование возможности использования ряда промышленно выпускаемых сорбентов для извлечения стронция из подземных вод рассольной минерализации. Исследовано влияние pH среды на статическую обменную емкость

сорбента, количества циклов сорбция-десорбция на величину предельной динамической обменной емкости и изучен процесс конкуренции компонентов рассола в ходе ионного обмена. Установлено, что максимальная обменная емкость при извлечении ионов стронция сорбентом на основе  $MnO_2$  достигается при  $pH = 6$  и составляет 51,7 мг/г. Доказана возможность применения трех циклов сорбции-десорбции без значимого снижения эффективности работы сульфокатионита (менее 15 % при сорбции и менее 5 % при десорбции), что позволяет увеличить общую степень извлечения компонента из рассола. Показано, что после предварительного удаления ионов лития эффективность извлечения стронция из рассола возрастает и достигает 82 %.

#### **Исмагилов Р.И.**

При непосредственном участии Р.И. Исмагилова разработаны основные проектные решения для строительства фабрики обогащения окисленных железистых кварцитов на АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева». Производительность фабрики составит до 11,1 млн тонн концентрата в год. Предусматривается производство 2-х видов концентрата: Концентрат №1 – содержание железа  $\geq 68,94\%$ , содержание диоксида кремния 2,7-8,6%, концентрат №2 – содержание железа  $\geq 66,82\%$ , содержание кремнезема 1,3-2,9%. Запасы окисленных железистых кварцитов Михайловского месторождения составляют 2,6 млрд. тонн. Вовлечение такого объема нового вида руды в производство позволит значительно расширить минерально-сырьевую базу России.

#### **Котова О.Б.**

Показана возможность использования каолина Ворыквинской группы месторождений (Средний Тиман) для получения керамики анортит-кордиеритового состава. Каолин – мономинеральное сырье для формирования керамической матрицы переменного состава, которая армируется образующимися в процессе синтеза кристаллами муллита и характеризуется пористостью в зависимости от содержания доломита, определяя технические свойства: плотность, теплопроводность, прочность. Керамика анортит-кордиеритового состава соответствует промышленным международным стандартам (ИЕС 60 672, группа материалов C520), а по прочности на сжатие превосходит требования для теплоизоляционных и химически стойких материалов.

#### **Кондратьев С.А.**

Выполнялось задание в рамках Проекта “Развитие научных основ, разработка и реализация новых безопасных и ресурсосберегающих физико-технической и физико-химической геотехнологий освоения месторождений твердых полезных ископаемых, склонных и опасных по газодинамическим явлениям и горным ударам”. Номер государственной регистрации 121051900145-1.

Разработаны рекомендации к методике выбора сочетания собирателей, позволяющие получить синергетический эффект во флотации от применения композиции реагентов. На основе анализа экспериментального материала установлено,

что условием проявления синергетического эффекта анионного и неионогенного реагентов-собирателей во флотации является:

- синергизм указанных собирателей в понижении поверхностного натяжения их раствора;
- понижение поверхностного натяжения их раствора и превышение энергии связи функциональной группы собирателя с минералом энергии взаимодействия её с водой.

Раскрытие механизма синергизма и условий его проявления во флотации позволят разрабатывать новые композиции собирателей, реагентные режимы и технологии извлечения полезных минералов из сложных полисульфидных руд.

### **Курков А.В.**

Разработана технология обогащения комплексных сподуменовых руд Колмозерского месторождения на представительной пробе руды. для составления Технологического регламента обогатительной фабрики

### **Макаров Д.В.**

Выполнена оценка эффективности рекультивационных мероприятий с применением осадка сточных вод р в качестве мелиоранта для ускоренного формирования устойчивого противэрозионного растительного покрова на малопродуктивном техногрунте песчаного карьера.

Проведена молекулярно-генетическая идентификация микроскопических грибов, выделенных из хвостов обогащения лопаритовых руд, дана оценка уровня токсичности РЗМ методами биотестирования и исследована толерантность микромицетов с целью их возможного использования в процессах биовыщелачивания и биоремедиации.

### **Лавриненко А.А.**

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований по совершенствованию технологии флотационного обогащения оталькованных медно-никелевых руд выявлен механизм депрессии флотоактивных магнийсодержащих силикатов за счёт увеличения отрицательного заряда поверхности, а также плотности и структурированности гидратных оболочек.

В результате исследования процессов переработки золошлаковых отходов слоевого сжигания различных углей – коксующихся, каменных и бурых выявлена взаимосвязь элементного состава, особенностей фазового состава и структуры частиц ЗШО с эффективностью процессов магнитной сепарации, флотации, электросепарации и выщелачивания, определяющая выбор методов их переработки и показатели процессов.

Разработаны новый способ и устройство магнитного гидроциклонирования руд (заявка на изобретение, регистрационный № 2024136629 от 06.12.2024), а также усовершенствованная математическая модель процесса, учитывающая скорость движения частиц при изменении магнитной проницаемости суспензии от содержания магнитных минералов. Новый способ обеспечивает пониженную в 10 раз энергоёмкость и высокую надёжность процесса сепарации.

### **Рассказов И.Ю.**

Получены и проанализированы новые экспериментальные данные о геодинамике и напряженно-деформированном состоянии верхней части участков земной коры в районах расположения оловорудного месторождения Фестивальное и золоторудного месторождения Красивое в Хабаровском крае.

Установлено, что в массивах месторождений, сложенных прочными, склонными к разрушению в динамической форме породами, действует неравнокомпонентные поля напряжения, в которых наибольшие сжимающие напряжения в 1,7-2,4 превышающие гравитационную составляющую от веса пород ориентированы субгоризонтально в юго-восточном (месторождение Фестивальное) и субмеридиональном (месторождение Красивое) направлениях. С учетом установленных свойств и состояния массивов горных пород научно обоснованы безопасные параметры систем разработки и комплекс мер по управлению горным давлением и раннему предупреждению опасных геодинамических явлений.

### **Устинов И.Д.**

В 2024 году полностью завершён цикл НИР и ОКР по направлению Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации «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», в части перехода к передовым производственным технологиям и новым материалам». В результате решена научная проблема разработки технологических основ производства в жидких и газовых технологических средах нового вида порошков – порошков из отходов металлообработки, которые будут использоваться для аддитивных технологий и порошковой металлургии.

Впервые выдвинута и экспериментально подтверждена гипотеза о том, что для интенсификации тонкого измельчения металлов следует использовать два регента, имеющие различные механизмы воздействия на процесс – интенсификатор образования дефектов на начальных стадиях воздействия на измельчаемые частицы и диспергаторы для дезагрегации продуктов разрушения этих частиц. Созданы действующие макеты агрегатов для дезинтнергции металлических порошков.

### **Щипцов В.В.**

Приведены сведения истории освоения минерально-сырьевой базы Арктической Карелии и охарактеризовано современное состояние минерально-сырьевой базы с акцентом на стратегические и экономически важные твердые полезные ископаемые. Предложен план мероприятий по реализации основ государственной политики в области использования минерального сырья в Карельской Арктике на период до 2035 года с целью развития и обеспечения национальной безопасности.

## **Шадрунова И.В., Орехова Н.Н.**

На основании проведенных исследований дробления узких фракций шлака в валковой дробилке при различной щели между валками и аппроксимации зернового состава дробленых продуктов с помощью классического уравнения Розина – Рамллера установлено, что раскрытие зерен металла крупностью 0,2 – 1,2 мм в шлаке фракции 1 – 6 мм происходит при щели 3 мм, что позволит исключить переизмельчение шлака перед магнитной сепарацией. Применение данной методики анализа зернового состава продукта валковой дробилки позволяет прогнозировать трансформацию зернового состава шлака и определять размер отверстий сетки грохота, по которому необходимо организовать цикл дробления перед магнитной сепарацией шлаков

**За 2024 год проведено 3 заседания Научного совета РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых.**

**26 сентября 2024 г.** состоялось расширенное выездное заседание Совета в период проведения Международной конференции *«Инновационные процессы обогащения и глубокой переработки редкометаллического и горнохимического сырья и комплексных руд цветных и черных металлов»* (Плаксинские чтения – 2024) 23–27 сентября 2024 года на базе ГоИ КФ РАН, Апатиты.

В работе Совета приняли участие 105 человек и 20 членов Научного совета. Всего в конференции участвовали 175 представителей из 59 организаций, в том числе 22 академических и отраслевых институтов и 10 ВУЗов, 27 крупных горно-обогатительных компаний. На заседании выступили 9 членов научного совета.

Научный совет после детального обсуждения представленных докладов считает целесообразным:

- объединить исследования ведущих организаций РАН, отраслевых институтов, ВУЗов, инжиниринговых компаний по разработке экологически безопасных технологий извлечения стратегических металлов из комплексных руд сложного вещественного состава, выделения ценного сырья из гидроминеральных и техногенных источников;
- разработать и обеспечить промышленное производство высокоэффективных отечественных флотореагентов, экстрагентов и сорбентов для их применения в технологиях обогащения и селективного извлечения редких, редкоземельных и критических металлов;
- обеспечить создание нового отечественного оборудования для предконцентрации, дезинтеграции и обогащения (дробилки ударного действия, тяжелосредные сепараторы, флотационные машины и др.);
- разработать достоверные методы анализа и экспресс-анализа нетрадиционных форм нахождения редких, редкоземельных и критических металлов и современные методики *in-situ* изучения процессов сорбции реагентов, структурно-химических преобразований минералов в условиях физико-химических методов извлечения, растворения и экстракции ценных компонентов;
- обратиться к Минпромторгу с предложением организации работы по аналитическому исследованию потребности России в редких и редкоземельных металлах, прогнозу их

производства и разработке программы развития отечественного производства РЗМ (производство, предприятие, технологии, потребители, обеспечения оборудованием, реагентами и т.д.);

- усилить координацию и консолидацию исследований по разработке технологических процессов комплексного промышленного и использования гидроминерального сырья для извлечения ценных компонентов;
- интенсифицировать исследования по природосберегающим технологиям использования уникальных минеральных ресурсов Арктической зоны Российской Федерации;
- возобновить работу конгресса обогатителей стран СНГ с новым названием.

**19.11.2024** г. в Москве состоялось Расширенное Бюро Научного совета. Присутствовали 9 из 11 членов Бюро и 6 членов научного совета. Согласована тематика Международной конференции «Инновационные процессы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья» (Плаксинские чтения-2025), запланированной к проведению 29.09–04.10 2025 г. в Уральском государственном горном университете (г. Екатеринбург). Сформирован организационный комитет конференции; обсуждены направления заказных (пленарных) докладов. Список оргкомитета передан в ОНЗ РАН для утверждения на заседании Бюро Отделения Наук Земле.

**28.04.2024** г. состоялось расширенное заседание Научного совета РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых на базе ИПКОН РАН (Москва). На заседании присутствовало 26 членов Научного совета: 10 в очном формате, 16 в онлайн режиме и 42 приглашенных участника (30 в очном формате, 12 - в онлайн режиме) из числа сотрудников ИПКОН РАН, ВИМС, МИСИС, УГГУ, МГТУ им. Г.И. Носова, и др.

Заслушан доклад Куркова А.В. и Ануфриевой С.И. «Инновационные процессы обогащения и глубокой переработки комплексных руд стратегического минерального сырья».

После обсуждения и дискуссии Научный совет постановил, что для достижения стратегических целей национальной безопасности в области обеспечения России необходимым комплексом редких, редкоземельных и критических металлов с получением готовой продукции конкурентно способной на мировом рынке необходима реализация следующих положений:

- считать целесообразным утвердить и обеспечить государственное финансирование Программы РАН «Минерально-сырьевая база для высокотехнологичной промышленности Российской Федерации»;
- объединить исследования ведущих организаций РАН, отраслевых институтов, ВУЗов, инжиниринговых компаний по разработке экологически безопасных технологий извлечения стратегических металлов из комплексных руд сложного вещественного состава, выделения ценного сырья из гидроминеральных и техногенных источников;
- разработать и обеспечить промышленное производство высокоэффективных отечественных флотореагентов, экстрагентов и сорбентов для их применения в технологиях обогащения и селективного извлечения редких, редкоземельных и критических металлов;

- обеспечить создание нового отечественного оборудования для предконцентрации дезинтеграции и обогащения (дробилки ударного действия, тяжелосредные сепараторы, флотационные машины и др.);
- создать модульные и опытно-промышленные обогатительные установки для апробации инновационных технологических схем обогащения и гидрометаллургии для извлечения редких, редкоземельных и критических металлов;
- оснастить приборами и оборудованием последнего поколения;
- разработать достоверные методы анализа и экспресс-анализа нетрадиционных форм нахождения редких, редкоземельных и критических металлов и современные методики in-situ изучения процессов сорбции реагентов, структурно-химических преобразований минералов в условиях физико-химических методов извлечения, растворения и экстракции ценных компонентов (приоритет ИПКОН РАН).

Кроме того, члены Научного Совета приняли участие в следующих крупных Российских конференциях и совещаниях:

**30.01.2024-02.02.2024 г.**- на базе НИТУ МИСИС прошел Международный научный симпозиум «Неделя горняка-2024». В работе симпозиума в качестве организаторов, модераторов и приглашенных ученых приняли участие Чантурия В.А., Матвеева Т.Н., Голдберг Г.Ю., Лавриненко А.А., Морозов В.В., Морозов Ю. П., Шадрунова И.В., Юшина Т.И., Орехова Н.Н. и др.

С заказными докладами выступили члены научного совета Матвеева Т.Н., Гольберг Г.Ю., Лавриненко А.А., Морозов В.В., Морозов Ю.П., Шадрунова И.В., Орехова Н.Н.

По итогам работы секций принято решение рекомендовать научно-исследовательским организациям, научным и научно-техническим центрам акцентировать исследования на решении фундаментальных проблем теории разделения минералов физическими и химическими методами; развитии научных основ и перспективных направлений совершенствования, повышения эффективности, экологической безопасности и снижения энергоемкости технологий комплексной переработки и обогащения минерального и техногенного сырья на основе новейших достижений мировой науки и техники.

**23.03.2024 г.**- члены Научного совета Юшина Т.И., Матвеева Т.Н., Курков А.В., Ануфриева С.И. приняли участие в работе и выступили с докладами на VI ежегодной конференции «Реагенты в горнодобывающей промышленности», организованной группой компаний CREON Group в Москве.

Дана оценка состояния и перспектив российской горнодобывающей промышленности, представлен анализ существующего состояния рынка производства и потребления реагентов для обогащения в России, обсуждены проблемы и перспективы импортонезависимости, государственной поддержки отечественных производителей, вопросы формирования альтернативных линеек реагентов, увеличения объемов производства.

**19.03.2024 г.** - члены Научного совета по проблемам обогащения полезных ископаемых Юшина Т.И., Курков А.В., Ануфриева С.И. приняли участие в III отраслевой конференции «Редкие и Редкоземельные металлы», организованной группой компаний CREON Group в Москве. В работе конференции приняли участие свыше 50 представителей из 35 различных ведущих горнорудных и горнометаллургических компаний, университетов, научно-исследовательских академических и отраслевых институтов, проектных организаций, Минпромторга РФ, Минэкономразвития РФ, Минприроды РФ и ассоциации «Горнопромышленники России».



**27–30 марта 2024 г.** в г. Челябинск состоялась IV Всероссийская научно-практическая конференция «Золото. Полиметаллы. XXI век: устойчивое развитие в условиях внешних и внутренних вызовов», Инициатором проведения конференции выступил в том числе Научный совет РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых. Конференция проходила при поддержке Правительства Челябинской области и ПАО «Южуралзолото Группа Компаний». По результатам конференции принята резолюция (см. ссылку на сайт) члены Научного совета Т.Н. Матвеева, Ю.В. Дмитрак, А.А. Лавриненко и Г.Ю. Гольберг приняли участие с докладами в работе конференции.

**23.05.2024 г.** в Москве прошла Международная конференция «Мало- и среднетоннажная химия 2024». Организатор – ООО «ТЕХНОКОНФ», Москва. С докладом от Научного Совета РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых «Мало- и среднетоннажная химия в горнодобывающей промышленности – зависимость от импортных поставок флотационных реагентов и сырья для их производства, собственные возможности российских предприятий» выступила Юшина Т.И.

**10-12 октября 2024 г.** в г. Сыктывкар прошла Международная конференция - годовое собрание РМО «Минералого-геохимические исследования для решения проблем петро- и рудогенеза минерального сырья и их рационального использования». С докладами выступили члены научного совета **Е.Г. Ожогина, О.Б. Котова, В.В. Щипцов и Л.В. Шумилова**. Обсуждены последние достижения основных проблем и перспектив фундаментальной и прикладной минералогии, кристаллографии, геохимии. Особое внимание уделено новым научным знаниями в области технологической и экологической минералогии.

**7–12.2024 г.** члены Научного совета Чантурия В.А. и Александрова Т.Н. представили на XXII Менделеевском съезде приглашенный доклад «Инновационные процессы обогащения и глубокой переработки комплексных руд стратегического минерального сырья», Рассказов И.Ю. с соавторами доложил результаты работы на тему «Перспективы использования взрывоинъекционного окисления и выщелачивания руд при разработке месторождений стратегически значимого минерального сырья».

Члены Научного совета участвуют в разработках научно-образовательных программ и подготовке инженеров и магистров, отвечающих современным вызовам в области развития минерально-сырьевого комплекса, руководят квалификационными работами, читают лекции в ведущих профильных ВУЗах России, Казахстана, других сопредельных и дружественных государств.

Активно участвуют в экспертной деятельности: академик РАН В.А. Чантурия – член экспертного совета ОНЗ РАН, докт.техн.наук Макаров Д.В. – член экспертного совета РНФ; в составе Научного совета: 7 экспертов ОНЗ РАН; 10 экспертов РНФ, 6 экспертов НИИ РИНКЦЭ; 5 экспертов Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых, 4 члена научного совета входят в состав Экспертного совета по проблемам полезных ископаемых при ВАК Минобрнауки РФ (д.т.н. И.В. Шадрюнова – ученый секретарь), д.т.н. Е.В. Зелинская – эксперт в Федеральной службе по надзору в сфере природопользования; 3 члена научного совета осуществляют работу в комиссии по технологической минералогии и т.д.

Члены Научного совета принимают участие в диссертационных советах ИПКОН РАН, ИГД ДВО РАН, МГТУ им. Г.И. Носова, НИТУ МИСИС, Санкт-Петербургского горного университета имени Императрицы Екатерины II и др. Входят в состав и активно работают в редакционных советах журналов: "Горный журнал", "Обогащение руд", "Физико-технические

проблемы разработки полезных ископаемых", "Цветные металлы", "Черные металлы" и др. высокорейтинговых журналов, в том числе включенных в международные база цитирования Scopus и Web of Science (*см. Приложения 1 и 2*).

Подробная информация о научной и научно-организационной деятельности размещена на сайте Научного совета и регулярно обновляется (<https://ипконран.рф/>; <http://raspmr.ипконран.рф/>).

Председатель Научного совета  
академик РАН



В.А. Чантурия