

**Научный совет РАН  
по проблемам обогащения полезных  
ископаемых**

**Scientific council for problems of  
mineral processing**

111020, Москва, Е-20, Крюковский тупик, 4  
тел./факс +7(495)360-84-65  
e-mail: council-ras@bk.ru

[ на исх. №13000/2312-294 от 08.13.2022 ]  
Отчет о деятельности Научного совета РАН по проблемам  
обогащения полезных ископаемых с приложениями 1 и 2 ]

**Отчет о деятельности Научного совета в 2022 г.**

Научно-организационная деятельность Научного совета РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых связана 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, обеспечивающих рациональное использование минеральных ресурсов России.

В 2022 году в сфере направлений Научного совета РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых и при непосредственном участии членов научного совета получены следующие важнейшие результаты:

**ИПКОН РАН:**

1. Выдвинута и разработана гипотеза о возможности гомеостатической трансформации функциональной структуры равновесных биологических систем в техносферу и предложена теоретическая концепция экологической стратегии устойчивого развития минерально-сырьевого комплекса на основе создания и применения конвергентных технологий разработки месторождений твердых полезных ископаемых, обеспечивающих параллельное неразрушающее взаимодействие природных и горнотехнических систем комплексного освоения недр. Развитие предложенной концепция применительно к проблеме снижения углеродного следа твердотопливной энергетики позволила научно обосновать и создать комбинированную природоподобную технологию декарбонизации газовых выбросов в атмосферу при угольной генерации энергии;
2. Научно и экспериментально обоснованы энергетические и физико-химические методы интенсификации процессов и технологии комплексного извлечения и селективного разделения редких и редкоземельных элементов при глубокой переработке эвдиалитового концентрата Ловозерского месторождения, обеспечивающие снижение потерь ценных компонент с силикагелем на 29,0 % и повышение извлечения Zr на 8,5-%, РЗЭ – на 4,3 %.
3. Теоретически и экспериментально обоснован механизм взаимодействия новых композиций реагентов дитиопирилметана (ДТМ), композиционного реагента (КР) и бутилового ксантогената калия (БКК) с молибденитом и рением, заключающийся в образовании комплексного соединения нового реагента ДТМ с рением и химической адсорбции ДТМ и КР на

ренийсодержащем молибдените, обеспечивающий повышение извлечения Re в коллективный концентрат на 6,8 %, что позволило рекомендовать новую композицию реагентов для эффективного извлечения рения при переработке молибденовых руд сложного вещественного состава.

4. На основе комплекса экспериментальных и аналитических исследований выщелачивающих реагентов - растворов  $\text{NH}_4\text{OH}$ , минеральных кислот  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и их сочетаний, в том числе с комплексообразующими веществами и неорганическими окислителями ( $\text{ЭДТА-Na}$ , нитрилотрифосфоновая кислота,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) выявлен и обоснован эффективный режим выщелачивания летучей золы сухого отбора Рефтинской ГРЭС (после выделения углерод- и железосодержащего продуктов) с применением сочетания реагентов 6М  $\text{HCl}$ , 2,3М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,2М  $\text{H}_2\text{O}_2$  при Т:Ж=1:4 за 1ч., который позволяет достичь 35-37 %-го извлечения в раствор ценных элементов Zr, Y и 45,4 % Al, за счет образования более сильных окислителей (пероксодисерной кислоты и др.) по сравнению с 5-20 %-м извлечением при использовании растворов соляной или серной кислот;
5. Применение комбинированного процесса предварительного обжига золы с щелочными реагентами (зола :  $\text{NaOH}$  = 1 : 1; зола :  $\text{NaOH}$  :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  = 6 : 3 : 1) при 350°C в течение 1,5 ч. и ультразвуковой (УЗ) обработки в начале процесса выщелачивания при частоте 22 кГц позволяет повысить извлечение Zr до 51-64 % и Y до 33-41 % за счет перевода части упорных к выщелачиванию минеральных форм в более растворимые и интенсификацию массопереноса. Предложенная комбинация процессов позволила существенно повысить извлечение ценных элементов в раствор выщелачивания;
6. На основе комплекса аналитических, экспериментальных и технологических исследований впервые для условий тяжелосредней сепарации труднообогащаемого алмазосодержащего сырья разработан процесс азотирования и определена оптимальная глубина азотированного слоя на поверхности ферросилициевых гранул, обеспечивающая снижение скорости коррозии ферросилиция в 2,7 раза.  
Предложенная технология защищена совместным с АК «АЛРОСА» патентом РФ, принята к промышленной апробации (2023 г.) в условиях обогатительной фабрики № 14 Айхальского ГОКа АК «АЛРОСА»;
7. Показана эффективность применения рентгенорадиометрической и магнитно-гидростатической сепарации, электрохимических и физико-химических методов, люминофорсодержащих эмульсий для селективного извлечения алмазов из алмазосодержащих кимберлитов сложного вещественного состава;
8. С использованием математической статистики по данным визиометрического анализа закрепления люминофоров на поверхности нелюминесцирующих алмазов и кимберлита выбраны режимные параметры обработки алмазосодержащих продуктов в реагентах-модификаторах.  
Установлена возможность повышения селективности закрепления люминофоров на алмазах за счет добавления бутилового аэрофлота и диэтилкетона. Определены режимы, обеспечивающие эффективное закрепление люминофорсодержащих композиций на поверхности алмазов при технологически допустимом закреплении люминофоров на поверхности кимберлита. Апробация выбранных режимов подтвердила их результативность: полное извлечение нелюминесцирующих алмазов при не более чем 2,5% извлечении кимберлита. Выбранные режимы и параметры

состава реагентов модификаторов использованы в **2-х заявках на патент**: «Способ извлечения алмазов из руд и промпродуктов», (приоритет от 23.11.2022) и «Реагент-модификатор спектральных характеристик алмазов в процессах рентгенолюминесцентной сепарации» (приоритет от 23.11.2022).

9. На основе комплексных экспериментальных исследований получены новые научные знания о механизме интенсификации химико-электрохимического выщелачивания благородных и редкоземельных металлов при использовании комбинированных энергетических и физико-химических методах воздействия, заключающемся в образовании микропор и микротрещин в случае ультразвуковой обработки минеральных суспензий и каналов электрического пробоя (МЭМИ), разрушении и удалении поверхностных оксидных пленок в процессе химического травления и растворения минеральных частиц в зонах структурной деструкции их поверхности при выщелачивании. В результате предварительной обработки сульфидного концентрата двойной упорности месторождения Нежданинское (Республика Саха, Якутия; общие запасы Au 632 тонны) наносекундными МЭМИ и ультразвуком достигнут прирост извлечения золота на 5,8%% (с 84,5 до 90,3%%);

#### **САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ:**

10. Разработаны процессы эффективного выделения ценных компонентов из тонкодисперсного минерального сырья и методы селективной дезинтеграции и сепарации руд цветных и благородных металлов с использованием энергетических воздействий.

#### **ВИМС ОАО «Росгеология»:**

11. Флотационные технологии получения высокосортной бериллиевой, редкоземельной и литиевой продукции из комплексных руд сложного вещественного состава.

#### **ИРНТУ, ФИЦ КНЦ РАН:**

12. Обоснованы и апробированы в производственных условиях перспективные эколого-ориентированные ресурсосберегающие технологические решения по переработке техногенного сырья, которые восполняют ресурсы, выбывающие из богатых источников минерального сырья, с учетом снижения углеродного;
13. Научно и экспериментально обоснована возможность использования термоактивированных серпентинов в качестве минеральных сорбентов тяжелых металлов в природоохранных технологиях. Приведены новые сведения о миграции тяжелых и редкоземельных металлов в результате техногенеза и их распределении в донных отложениях одного из озер Арктической зоны.

Научный совет РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых ежегодно проводит расширенные заседания в формате Международных совещаний, конференций «Плаксинские чтения», на которых присутствуют все члены Научного совета. В работе совещания обсуждаются основные результаты, полученные по заявленной на текущий год тематике, выявляются проблемы и перспективы дальнейших исследований и основные научно-технологические приоритеты в области комплексной переработки минерального сырья, которые формируются в виде решения совещания (конференции) и рассылаются по всем организациям и ведущим горно-обогатительным комбинатам.

В 2022 году 4-7 октября 2022 г. в г. Владивостоке состоялась Международная конференция *«Современные проблемы комплексной и глубокой переработки*

*минерального сырья природного и техногенного происхождения»* (Плаксинские чтения–2022), в которой приняли участие 130 представителей из 62 организаций, в том числе 10 академических и 8 отраслевых институтов, 10 университетов и институтов, 5 крупных горно-металлургических компаний, представители Высшего горного совета РФ, в том числе 2 действительных члена Российской академии наук, 2 член-корреспондента РАН, 27 докторов наук, 42 кандидата наук, в том числе 28 молодых ученых.

Выбор тематики конференции «Современные проблемы комплексной и глубокой переработки минерального сырья природного и техногенного происхождения» и места проведения не случаен. Наличие значительных ресурсов на территории Дальнего Востока и его континентальном шельфе требует особого внимания в части внедрения самых современных наукоемких технологий комплексной глубокой переработки и обогащения минерального сырья. Также за последнее столетие добычи ресурсов в регионе сформировалась существенная ресурсная база техногенных месторождений, требующая особых научных подходов и методов для их эффективного освоения, а также вовлечения в хозяйственный оборот для обеспечения потребностей национальной экономики.

На конференции заслушано 11 пленарных лекций, на 5 секциях было представлено 92 доклада.

По итогам конференции принято решение, в котором отражены фундаментальные и прикладные успехи в области обогащения полезных ископаемых, технологической минералогии, комплексного использования минерального сырья и охраны окружающей среды, показаны современные технологические решения в процессах переработки минерального сырья, а также экологические и экономические аспекты процессов переработки техногенного сырья.

Отмечается, что для достижения технологического суверенитета и обеспечения высокотехнологичных отраслей промышленности России стратегическими металлами и другими ресурсами на основе комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья сконцентрировать исследования ведущих организаций в области переработки минерального сырья на обосновании и разработке инновационных процессов извлечения ценных компонентов из природного и техногенного сырья, включающих:

- создание высокоэффективных энергосберегающих технологий рудоподготовки и селективной дезинтеграции труднообогатимых продуктов;
- научное обоснование и разработку новых классов отечественных флотационных реагентов, сорбентов и экстрагентов, обеспечивающих повышение извлечения и качества концентратов цветных, благородных, редкоземельных металлов и алмазов из труднообогатимых руд и техногенного сырья сложного вещественного состава;
- развитие математического моделирования и цифровизации процессов переработки руд и техногенного минерального сырья;
- внедрение экономически целесообразных методов водоподготовки, обеспечивающих замкнутый водооборот и внедрение ресурсосберегающих технологий;
- разработку научно обоснованных экологически безопасных технологий извлечения ценных компонентов из отходов предприятий горно-металлургического и топливно-энергетического комплексов страны;

- теоретическое и экспериментальное обоснование извлечения ценных компонентов из техногенных вод с одновременным снижением нагрузки на окружающую среду;
- разработку комплексных решений секвестрации диоксида углерода горнопромышленными отходами;
- развитие междисциплинарных исследований, обеспечивающих взаимосвязь и взаимодействие различных областей науки – обогащения, геологии, химии, физики высоких энергий и т.п.

Отмечено что для устойчивого функционирования и перспективного развития минерально-сырьевой отрасли Дальнего Востока необходимо уделить особое внимание подготовке инженерных и научно-педагогических кадров, в том числе поддержать увеличение в региональных вузах контрольных цифр приема по направлению подготовки 21.05.04 «Горное дело», включая специализацию «Обогащение полезных ископаемых», а также по научным специальностям, относящимся к развитию минерально-сырьевой отрасли; поддержать заявки вузов ДФО, участвующих в государственной программе поддержки университетов «Приоритет 2030 Дальний Восток», предусматривающие образовательные, научные и инфраструктурные проекты, связанные с развитием минерально-сырьевой отрасли.

Работа Международной конференции Плаксинские чтения–2022 освещалась в средствах массовой информации. Материалы конференции опубликованы в сборнике *«Современные проблемы комплексной и глубокой переработки минерального сырья природного и техногенного происхождения»* (Плаксинские чтения–2022), 4-7 октября 2022 г. – Владивосток: Издательство Дальневосточного федерального университета, 2022. – 440 с.: ил.; ISBN 978-5-7444-5340-4; DOI <https://doi.org/10.24866/7444-5340-4B>, постатейно размещаются на сайте научной электронной библиотеки (elibrary.ru), интегрированной с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ), электронная версия доступна на сайте Плаксинских чтений.

За отчетный период Научным советом РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых были организованы и проведены:

- Панельное заседание «Горная отрасль России и Восточный Вектор» в Восточном Экономическом Форуме 2022, 6 сентября, 2022, г. Владивосток (*см. приложение А*);
- Международный научный симпозиум «Неделя горняка – 2022» (1-4 февраля 2022 г.) в Горном институте НИТУ «МИСиС»;
- 2 научно-практических семинара «Физические и химические методы переработки минерального сырья» (руководитель академик В.А. Чантурия);
- 2 заседания Научного совета РАН.

Академиком РАН В.А. Чантурия была подготовлена аналитическая записка о состоянии и прогнозе развития фундаментальной науки по профилю Научного Совета РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых (*см. приложение Б*).

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; в составе Научного совета 4 эксперта РАН; 9

экспертов РФФ; 4 эксперта НИИ РИНКЦЭ; 5 экспертов Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых (*см. Приложения 1 и 2*).

Члены Научного совета входят в состав и активно работают в редакционных советах журналов: "Горный журнал", "Обогащение руд", "Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых", "Цветные металлы", "Inzyniria Mineralna" (Польша), "Рударски глачник" (Bulletin of mines)" (Сербия); «Европейский журнал по обогащению минерального сырья и охране окружающей среды» (Турция). Принимают участие в диссертационных советах ИПКОН, МГТУ им. Г.И. Носова, МИСиС, Санкт-Петербургского горного университета и др.

Председатель Научного совета,  
академик Российской академии наук



В.А. Чантурия  
29.01.2022 г.