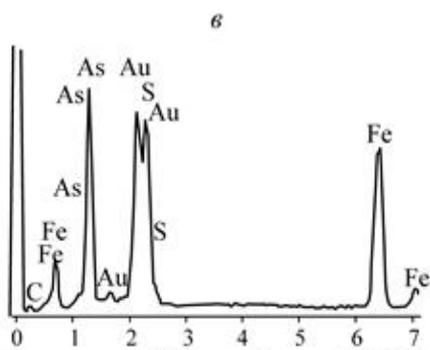
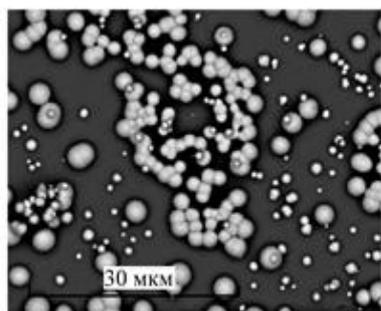
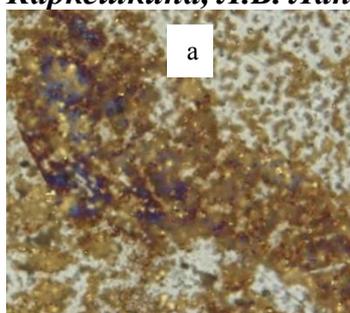


Основные результаты по теме «Развитие теории комплексного извлечения ценных компонентов и глубокой переработки труднообогатимых руд и нетрадиционного минерального сырья» (шифр 0138-2014-0002, 0138-2014-0015, 0138-2019-0002) за 2020 г.

Научный руководитель: гл. научн. сотр., академик РАН В.А. Чантурия

1. Важнейший результат 2020 г. (Лаб. 1 Отд.4 ИПКОН РАН)

На основе комплекса современных методов UV и IR спектроскопии, SLM и ASEM микроскопии научно обоснован и экспериментально подтвержден механизм сорбции новых комплексообразующих реагентов группы пиразолов (ДТМ) и дитиокарбаматов (МДТК), обеспечивающих селективную гидрофобизацию золотосодержащих сульфидов и эффективное извлечение микро- и наноразмерного золота из труднообогатимых руд. Применение данных реагентов позволяет повысить содержание золота в концентрате более, чем в 2 раза при повышении извлечения на 8-10 % в условиях флотации руды Олимпиадинского месторождения. *(Авторы: академик В.А. Чантурия, докт. техн. наук Т.Н. Матвеева, канд. техн. наук В.В. Гетман, научн. сотр.: Н.К. Громова, А.Ю. Каркешкина, Л.Б. Ланцова, ИПКОН РАН тема: 0138-2019-0002)*



Полная шкала 2532 имп. Курсор: 14.871 (20 имп.)

Рисунок - LSM (а), ASEM (б) и XR спектр (в) – фрагмент образования химического соединения реагента ДТМ с золотом на золотосодержащем арсенопирите. Метка 30 мкм.

Технологические показатели флотации руды Олимпиадинского месторождения

Реагентный режим	Продукт	Выход, %	Содержание Ац, г/т	Извлечение Ац, %
Базовый	Концентрат	20.97	8.80	73.55
	Хвосты	79.03	0.84	26.45
	Исходное	100.00	2.51	100.00
ДТМ	Концентрат	7.13	28.35	82.85
	Хвосты	92.87	0.45	17.15
	Исходное	100.00	2.44	100.00

В настоящее время при использовании традиционных реагентов в процессе флотации золотосодержащих пирит-арсенопиритовых руд извлекают в концентраты как чистые сульфиды, так и золотосодержащие, составляющие не более 10-15% от

общей массы сульфидов, что не позволяет получать высококачественные по золоту концентраты при оптимальном выходе готового продукта. Данный факт приводит к высоким энергетическим затратам и значительным экологическим последствиям при последующей пиро- и гидрометаллургической переработке концентрата для получения золота.

Публикации:

1. T. N. Matveeva, N. K. Gromova, and L. B. Lantsova. Analysis of Complexing and Adsorption Properties of Dithiocarbamates Based on Cyclic and Aliphatic Amines for Gold Ore Flotation. *Journal of Mining Science*. 2020. (56) 2:268–274. **WoS Q2**
2. Матвеева Т.Н., Гетман В.В., Каркешкина А.Ю. Исследование адсорбционных и флотационных характеристик реагента дитиопирилметана для извлечения золота из упорных золотомышьяковых руд. *ФТПРПИ*. 2020. 4:137-163. **ВАК РФ**

T. N. Matveeva, V. A. Chanturiya, V.V. Getman. Thermo-sensitive polymers and modified reagents for flocculation and flotation of Au and Pt in the processing of complex ores. *Proc. XXX IMPC – 2020*. Cape-Town. 2. Показано, что комплекс методов атомно-силовой микроскопии AFM и атомно-силовой спектроскопии AFS эффективен для фиксации и оценки тонких изменений на поверхности сульфидных минералов при окислении и адсорбции бутилового ксантогената калия БКК. In-situ AFM наблюдения позволили выявить различный механизм формирования реагентного покрытия БКК на поверхности сульфидных минералов. На халькопирите новообразования БКК формируются на начальных этапах взаимодействия и практически не изменяются со временем, на галените образуется тонкая фрагментированная пленка реагента, размер которой постепенно сокращается, что связано с частичным переходом в раствор слабо закрепленных фрагментов реагента. (Авторы: академик В.А. Чантурия, канд. геол.-минерал. наук Е.В. Копорулина, канд. техн. наук М.В. Рязанцева, вед. инженер П.М. Карташов).

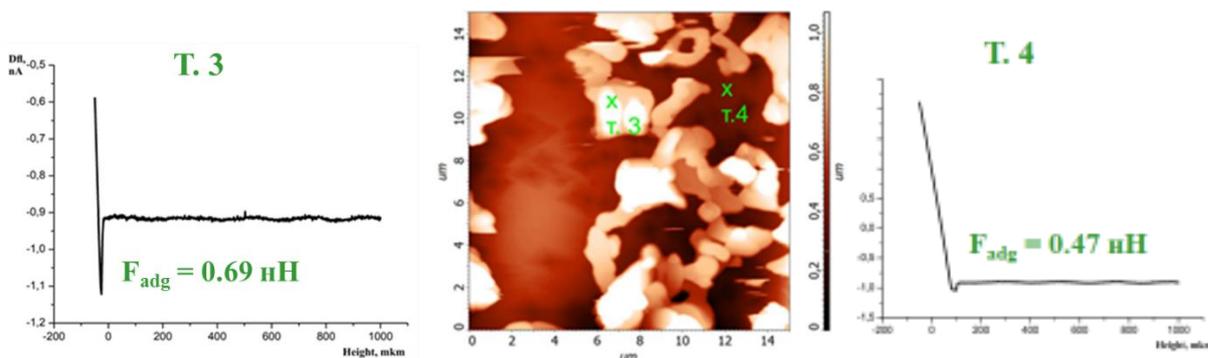
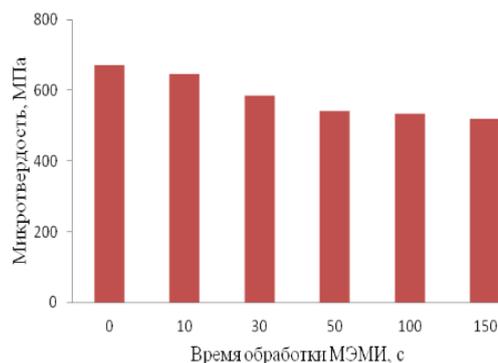
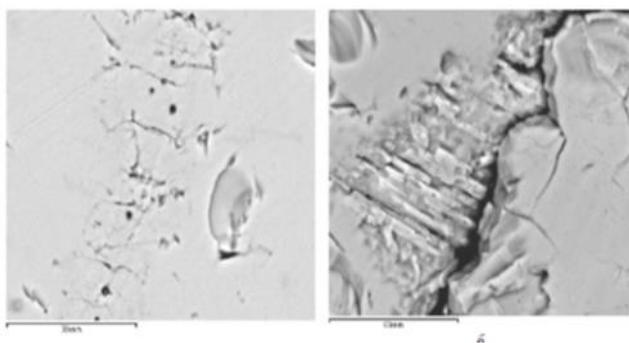


Рисунок - In-situ AFM изображение окисленной поверхности галенита в течение 2 час контакта с раствором БКК и силовые кривые отвода зонда от поверхности в точках 3 и 4

3. Создана экспериментальная установка (генератор и разрядная ячейка), и обоснованы основные электрофизические параметры импульсов, инициирующих диэлектрический барьерный разряд (ДБР) в воздухе при атмосферном давлении, для модифицирования структурных и физико-химических свойств минералов. Установлено, что в результате электромагнитных импульсных воздействий происходит разупрочнение поверхности ильменита, относительное снижение микротвердости (ΔHV_{max} ; $t_{обр.}=150$ с) на 13 – 23%, увеличение абсолютной величины отрицательного электрокинетического потенциала вследствие инжекции носителей заряда (электронов) и изменение величины краевого угла смачивания

(МЭМИ, тобр.= 20 – 30 с) в результате удаления гидроксильных соединений железа с поверхности минерала. Показаны преимущества применения кратковременных (тобр.= 10 – 30 с) энергетических воздействий для структурно-химического модифицирования поверхности, физико-химических свойств ильменита с целью повышения эффективности процессов переработки комплексных титановых руд. (Авторы: академик В.А. Чантурия, д.т.н. Бунин И.Ж., к.т.н. Рязанцева М.В., к.т.н. Анашкина Н.Е., к.т.н. Хабарова И.А., к.-м.н. Копорулина Е.В., к.г.-н. Минаев В.А., к.т.н. Кунилова И.В., вед. инж. Долгова М.О., инж. Карташов П.М.)

МЭМИ



ДБР

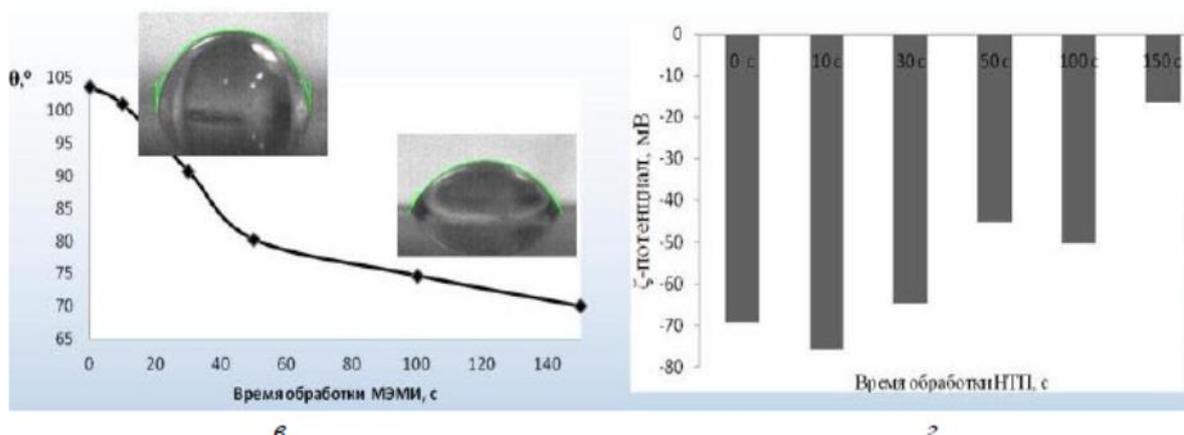
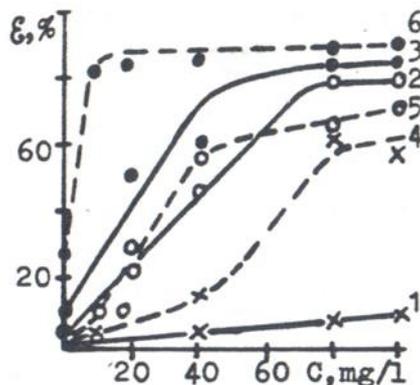


Рисунок – Изменение микротвердости, дзета-потенциала и гидрофобности ильменита при воздействии МЭМИ и ДБР

- На основе комплекса исследований (морфологии, элементного, фазового и гранулометрического состава) упорного золотосодержащего концентрата получены новые научные данные о механизме интенсификации химико-электрохимического выщелачивания при ультразвуковых воздействиях, заключающемся в удалении окисленных пленок, интенсивном растворении частиц арсенопирита за счет образования на их поверхности многочисленных микропор и зон травления. Установлена рациональная величина мощности (50 Вт·ч/дм³) ультразвуковой обработки упорного золотосодержащего концентрата, обеспечивающая повышение извлечение золота на 18.7 %. Разработаны методические рекомендации по применению комбинированных энергетических воздействий для интенсификации выщелачивания золота из упорного минерального сырья. (Авторы: академик В.А. Чантурия, канд.техн. наук В.Г. Миненко, канд. техн. наук А.Л. Самусев)

5. С применением методов ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) и молекулярного моделирования обоснован механизм активации сульфидов сурьмы сочетанием катионов металлов ($\text{Cu}^{2+}+\text{Zn}^{2+}$) и ($\text{Cd}^{2+}+\text{Ag}^{+}$) за счет уменьшения степени миграции катионов вглубь решетки минерала. При флотации сурьмяной руды с использованием смеси активаторов получен концентрат с содержанием сурьмы 48,7% при извлечении 95,8% и выходе 6,8%. (Авторы: д.т.н. Лавриненко А.А., д.т.н. Соложенкин П.М.)



1-Zn(II), 2-Cu(II), 3-Cu(II)+Zn(II), 4-Cd(II), 5-Ag(I), 6-Cd(II)+ Ag(I)

Рисунок - Зависимость извлечения сурьмы в концентрат (ε) от концентрации активаторов (C, мг/л) при флотации антимонита

6. Ультразвуковая обработка в режиме кавитации при частоте 22кГц в начале 1-й стадии выщелачивания позволяет увеличить степень извлечения различных металлов в 1,5-5 раз по сравнению с механическим перемешиванием. Определены эффективные режимы выщелачивания фракции -200+100 мкм золошлаковых отходов после предварительного выделения магнитного и углеродного компонентов: соотношение т:ж = 1:4, время озвучивания - 3 мин., время выщелачивания - 1 час, концентрация HCl на 1-й стадии выщелачивания - 17%. Установлено, что ультразвуковая обработка в режиме кавитации при частоте 22кГц в начале 1-й стадии выщелачивания позволяет увеличить степень извлечения различных металлов в 1,5-5 раз по сравнению с механическим перемешиванием. (Авторы: д.т.н. Лавриненко А.А., д.т.н. Гольберг Г.Ю., к.т.н. Кунилова И.В., Кузнецова И.Н., к.т.н. Лусинян О.Г., Агарков И.И., Шимкунас Я.М.; Кравченко В.Н.)
7. Обоснован и разработан новый класс сорбентов из сапонитсодержащих продуктов Ломоносовского алмазоносного месторождения с высокой сорбционной способностью. Электрохимическая сепарация с последующей термоактивацией (при 750°C) сапонитового продукта позволяет повысить его статическую обменную емкость по катионам Cu и Ni в 2.4-4.9 раза (до 220 мг/г) за счет интенсификации процесса образования вторичных металлсодержащих фаз. Установлены рациональные параметры применения сорбента, обеспечивающие максимальную (2,1 – 3,5 мг-экв/г) статическую обменную емкость по катионам. Укрупненными лабораторными испытаниями совместно с ИППЭС КНЦ РАН подтверждена высокая эффективность сорбентов на основе модифицированного сапонита для очистки оборотных вод Ковдорского ГОКа до ПДК для рыбохозяйственных водоемов с получением продуктивных растворов с концентрацией более 5 г/дм³ Ni и 9 г/дм³ Cu. (Авторы: академик В.А. Чантурия, к.т.н. В.Г. Миненко, к.т.н. А.Л. Самусев, к.г.-м.н. Е.В. Копорулина, д.т.н. Макаров Д.В.)

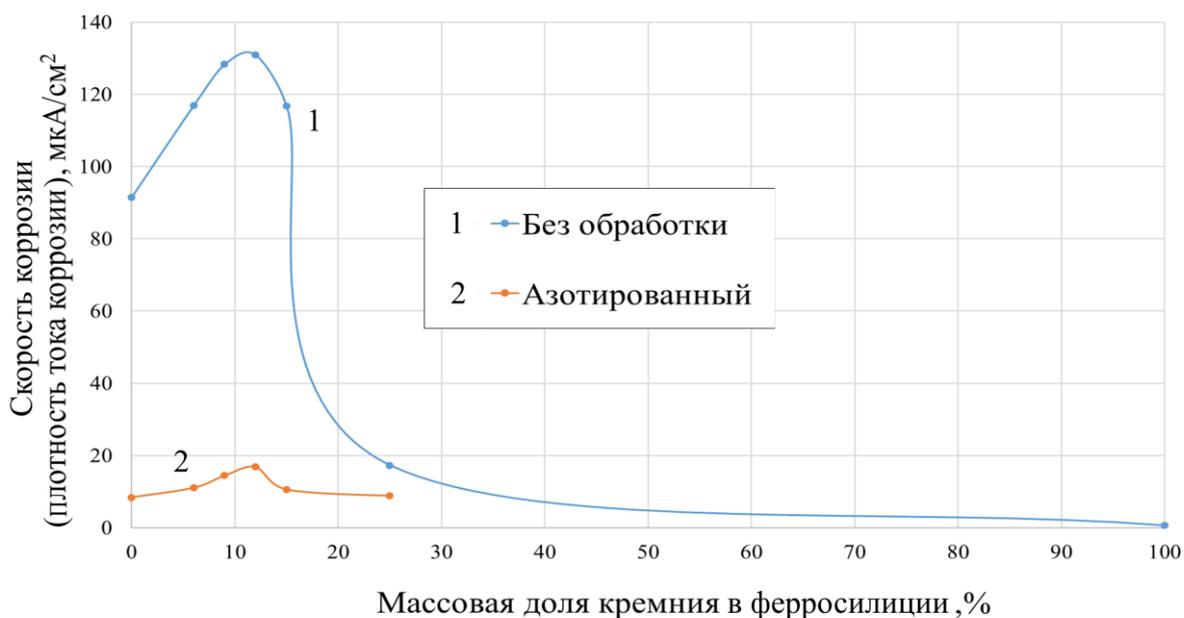
8. Важнейший результат 2020 г., готовых к практическому применению лаб. 1 отд.4

В результате комплекса теоретических и экспериментальных исследований дано новое решение актуальной научной задачи повышения эффективности тяжелосредной сепарации (ТСС) алмазосодержащего материала за счет модифицирования поверхности ферросилициевых гранул азотированным слоем с целью предупреждения их коррозионного разрушения, что позволит снизить потери дорогостоящего ферросилиция, используемого в процессах ТСС. Аналогов в зарубежных исследованиях нет.

Для использования в схемах тяжелосредной сепарации алмазоизвлекающих фабрик АК «АЛРОСА» создан экспериментальный образец ферросилиция, отличающийся высокими антикоррозионными свойствами и повышенной износостойкостью за счет исключения контакта с внешними окислителями (коррозионно активные компоненты воздуха и водной среды).

Результатами стендовых испытаний, выполненных совместно с сотрудниками АК «АЛРОСА») показано, что использование метода азотирования ферросилициевых гранул позволяет снизить скорость коррозии ферросилиция в 5-6 раз и, соответственно, сократить его потери в технологическом процессе на 5-8 %.

(Авторы: академик В.А. Чантурия, д.т.н. Г.П. Двойченкова, к.т.н. А.С. Тимофеев, к.т.н. Подкаменный Ю.А, аспирант Ковальчук О.Е. ИПКОН РАН – АК «АЛРОСА» Заявка на патент РФ рег. № 2020140788 от 10.12.2020)



Публикации:

1. Чантурия В.А., Двойченкова Г.П. Интенсификация процессов переработки труднообогатимого алмазосодержащего сырья на основе инновационных методов модифицирования свойств разделяющих сред и минеральных компонентов // Материалы Международного совещания «Плаксинские чтения — 2020» «Инновационные процессы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья», г. Апатиты, 2020 г., С. 20-24.
2. Двойченкова Г.П., Морозов В.В., Тимофеев А.С., Подкаменный Ю.А. Снижение потерь ферросилиция в процессе тяжелосредной сепарации алмазосодержащего сырья // Материалы Международной научно-технической конференции "Научные основы и

практика переработки руд и техногенного сырья" в Уральском государственном горном университете (г. Екатеринбург, апрель 2020). стр. 24-29.