

**Отзыв**  
**на автореферат диссертации**  
**АРАБАДЖИ Яны Николаевны «Разработка комплексной технологии снижения**  
**диоксида кремния в цинковом концентрате при флотации тонковкрапленных**  
**полиметаллических руд», представленной на соискание ученой степени кандидата**  
**технических наук по специальности 2.8.9 – Обогащение полезных ископаемых**

*Актуальность и степень разработанности темы исследования* обусловлена истощением минерально-сырьевой базы и снижением содержания ценных компонентов, что приводит к ежегодному увеличению доли тонковкрапленных и бедных труднообогатимых цинксодержащих сульфидных руд в текущей переработке, отчего технологии получения цинкового концентрата, соответствующего требованиям кондиций, многократно усложнились. Требуется более тонкий помол для раскрытия цинксодержащих сульфидов, что приводит к увеличению доли частиц шламовой крупности в питании флотации.

*Целью работы* являлась разработка технологических решений для снижения содержания диоксида кремния в цинковом концентрате за счет селективной депрессии кремнийсодержащих минералов новым органическим депрессором и минимизации их механического выноса.

*Задачи выполненных исследований* определены необходимостью:

- изучить минералогические особенности сульфидных руд, склонных к шламообразованию, и физико-механические свойства минералов, входящих в их состав;
- разработать методику оценки склонности руды к ошламованию, критерий прогнозирования данного свойства на стадии анализа руды;
- теоретически обосновать и практически опробовать возможные способы снижения извлечения нерудных материалов в цинковый концентрат;
- установить влияние режимных параметров флотации на механический вынос компонентов нерудных минералов и на основе моделирования флотационного процесса оценить вклад каждого управляемого параметра отдельно и в совокупности в снижение механического выноса.

В работе задействованы современные физико-химические *методы исследований и фазово-структурного анализа*: химический, микрорентгеноспектральный, рентгенофазовый, гранулометрический, ИК-спектроскопия, осуществлены квантово-химическое моделирование и технико-экономические расчеты.

*Степень достоверности результатов исследования* обеспечивается комплексным подходом к решению сформулированных задач, адекватностью методов исследования, использованием стандартизированных методик измерения свойств в соответствии с требованиями ГОСТ и международных стандартов, статистических методов обработки результатов и непротиворечивостью полученных в рамках диссертационной работы данных с данными, приведенными в отечественной и международной научной литературе. Сформулированные положения и выводы не противоречат основным теоретическим представлениям физической и неорганической химии и материаловедения.

К основным *положениям диссертации, выносимым на защиту*, следует отнести повышение селективности разделения сфалерита и кварца обеспечивается подачей органического высокомолекулярного депрессора в количестве 0,020–0,025 %, снижающего в два раза краевой угол смачивания и в 2,5 раза величину дзета-потенциала поверхности кварца без перезарядки поверхности, что снижает константу скорости его флотации в 1,2 раза и вызывает агрегацию ультратонких шламов; адсорбция высокомолекулярного депрессора, содержащего сополимеры акриловых и карбоновых кислот, на поверхности кремнийсодержащих минералов с формированием супрамолекулярных структур повышает гидрофилизацию поверхности и приводит к агрегации частиц вследствие приближения дзета-потенциала минеральной поверхности к нулю и способности реагента к полимеризации, что обеспечивает эффективное отделение породных минералов от сфалерита и снижает их механический вынос в пенный слой.

*Научная новизна* работы заключается в установлении и количественном описании зависимости между удельным количеством органического депрессора во флотационной системе, изменением электрохимических характеристик поверхности (дзета-потенциал) и его гидрофильно-гидрофобными свойствами (краевой угол смачивания, флотируемость) для кремнийсодержащих минералов (кварц, мусковит, клинохлор) и сфалерита.

*Практическая значимость* заключается во внедрении нового реагентного режима на основе разработанного селективного депрессора минералов: кварц, клинохлор, мусковит. Механизм действия реагента основан на формировании супрамолекулярных гидрофильных комплексов, что позволяет целенаправленно снижать флотуемость кремнийсодержащих частиц. Оформлено изобретение на «Способ флотации сульфидных цинксодержащих руд цветных металлов». Получена математическая модель, описывающая зависимость коэффициента механического выноса от ключевых режимных параметров (плотность пульпы, расход воздуха, скорость импеллера). Модель служит основой для предиктивного управления и оптимизации селективности флотации с целью минимизации загрязнения концентрата ультратонкими шламами.

*Результаты* диссертационной работы широко *апробированы* на республиканских и международных научных конференциях, опубликованы в ведущих рецензируемых научно-технических журналах и сборниках, входящих в рекомендованный ВАК реестр

*Личный вклад автора* обусловлен участием в научно-теоретическом обосновании, постановке и непосредственном проведении исследований, анализе и обобщении полученных результатов, в подготовке научных публикаций и разработке технической документации.

Полученные автором результаты и сформулированные выводы подтверждаются результатами теоретических и прикладных исследований.

Автореферат оформлен в соответствии с действующими государственными стандартами. Текст автореферата изложен логичным и грамотным научным языком.

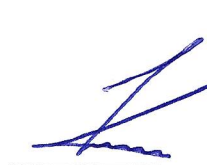
По автореферату диссертации АРАБАДЖИ Яны Николаевны имеются следующие вопросы и замечания:

1. Каков механизм перезарядки с «минуса» на «плюс» поверхности сфалерита ( $\zeta = -0,2$  мВ, рН  $\sim 7$ ) при переходе из нейтральной среды в щелочную ( $\zeta = +0,15$  мВ, рН  $> 12$ ) с высокой концентрацией в растворе отрицательных  $\text{OH}^-$  ионов (рис.2) ?

2. Из текста автореферата непонятно, за счет чего обеспечивается получение экономического эффекта, а также не ясны дальнейшие научно-практические перспективы исследований и технологии.

Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы, которая представляет собой научное исследование, обладающее научной новизной и существенной практической значимостью. Диссертационная работа «Разработка комплексной технологии снижения диоксида кремния в цинковом концентрате при флотации тонковкрапленных полиметаллических руд» является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ при Минобрнауки России № 842 от 24.09.2013, а ее автор, АРАБАДЖИ Яна Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 – Обогащение полезных ископаемых.

Доктор технических наук,  
начальник технического отдела  
инженерно-производственного управления  
АО «Уралэлектромедь»



Тимофеев  
Константин  
Леонидович

624091, Россия, Свердловская обл., г. Верхняя Пышма, Успенский проспект, дом 1,  
АО «Уралэлектромедь».

Телефон: (34368) 4-70-91; Факс: (34368) 4-60-96; E-mail: [K.Timofeev@uralcopper.com](mailto:K.Timofeev@uralcopper.com)

25 мая 2026 г.

Подпись К.Л. Тимофеева заверяю:

Начальник отдела кадров  
АО «Уралэлектромедь»



Кулемина Н.Л.