

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию и автореферат
Бурова Владимира Евгеньевича
на тему: «Влияние ультразвуковой обработки на характеристики флотационных реагентов и эффективность сильвиновой флотации»
на соискание учёной степени кандидата технических наук
по научной специальности 2.8.9. – «Обогащение полезных ископаемых»

Актуальность. Калийные руды являются основным в мире сырьем для производства хлористого калия, используемого в сельском хозяйстве, химической, металлургической отраслях промышленности. На многих калийных предприятиях Российской Федерации производство хлористого калия осуществляется путем переработки сильвинитовых руд, представленных смесью сильвина и галита с примесью водонерастворимых силикатно-карбонатных и сульфатных минералов. Основным методом переработки сильвинитовых руд является флотационное обогащение с применением реагентов разного типа (депрессора шламов, катионного собирателя - алифатических первичных алкиламинов, вспенивателей, аполярных реагентов). Особенностью флотационного обогащения сильвинитовых руд является проведение процесса в насыщенных солевых растворах хлоридов калия и натрия, что оказывает значительное влияние на эффективность действия флотационных реагентов и технологические показатели флотации сильвина. В связи с этим поиск путей повышения эффективности действия флотационных реагентов в процессе сильвиновой флотации актуален для всех калийных предприятий РФ, поставляющих на мировой рынок более 12 млн тонн в год калийных удобрений.

Актуальность диссертационного исследования заключается в научном и практическом обосновании использования ультразвуковой обработки флотационных реагентов (собиратель, вспениватель, депрессор), которая приводит к изменению физико-химических свойств реагентов и повышению технологических показателей основной сильвиновой флотации.

Цель работы – установление влияния ультразвуковой (УЗ) обработки флотационных реагентов на их физико-химические характеристики и эффективность сильвиновой флотации.

Научная новизна работы заключается в том, что в ней впервые проведено комплексное исследование влияния ультразвуковой обработки на применяемые на стадии основной сильвиновой флотации флотационные реагенты (собиратель – первичный алкиламин; вспениватель – гликолевый эфир; депрессоры – карбоксиметилцеллюлоза и амилодекстрин), изменение их характеристик (размер и форму мицелл и агломератов, величину электрокинетического потенциала частиц реагентов и рН среды растворов реагентов; вязкость; пенообразующую способность, устойчивость пен и поверхностное натяжение; коллоидно-мицеллярное состояние собирателя в насыщенном солевом растворе).

Обоснованность и достоверность результатов исследований обеспечивается применением современного научного оборудования, разработанных и тестированных методик исследований, применяемых для системных исследований в лаборатории ЦКП «Центр наукоёмких химических технологий и физико-химических исследований» ФГАОУ ВО «ПНИПУ», проведением дублирующих экспериментов и математической статистической обработкой экспериментальных данных с использованием современного программного обеспечения, воспроизводимостью полученных результатов и апробацией их при проведении опытно-промышленных испытаний в условиях действующего производства на ПАО «Уралкалий».

Практическое значение диссертационной работы.

В процессе проведения сильвиновой флотации в лабораторных условиях установлено, что изменение физико-химических свойств флотационных реагентов под воздействием УЗ-обработки приводит к увеличению флотационной активности реагентов, благодаря чему повышается выход флотоконцентрата КС1 на 0,64 %, увеличивается содержание сильвина в пенном продукте на 0,95

масс. % и степень извлечения хлорида калия на 2,86 %. С другой стороны, за счёт УЗ-обработки флотационных реагентов появляется возможность снижения их расхода на 10 % без существенного ухудшения показателей флотации.

Проведённые на флотофабрике БКПРУ-3 ПАО «Уралкалий» опытно-промышленные испытания основной сильвиновой флотации с УЗ-обработкой композиции реагентов «собиратель – вспениватель – активатор» подтвердили факт повышения извлечения KCl на 0,2-0,4 масс. % и снижения содержания KCl в камерном продукте (хвостах) флотации до 0,9 масс. %. Экономическая оценка показала перспективность использования ультразвуковой обработки флотационных реагентов, используемых для флотации сильвинитовых руд, в калийной промышленности РФ.

По теме диссертации опубликовано 11 научных трудов, в которых достаточно полно отражены научные положения, выносимые на защиту. Пять научных статей опубликованы в изданиях, входящих в Перечень ВАК и МБЦ (Scopus и Web of Science); получено два патента на изобретение. В 2021-2024 гг. основные результаты диссертации апробированы на всероссийских и международных конференциях и других публичных мероприятиях (конкурсах).

Вклад соискателя. Основные положения, выносимые на защиту, принадлежат соискателю. Участие соискателя состояло в постановке целей и задач исследований, выборе методик, постановке лабораторных экспериментов и их проведении с последующим производением необходимых расчётов и обоснованием выводов. Кроме того, соискатель принимал непосредственное участие в составлении программы и проведении опытно-промышленных испытаний. Соискатель лично докладывал результаты исследований на публичных профильных научных мероприятиях.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Краткая характеристика диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы (218 наименований). Работа изложена на 170 страницах машинописного текста, содержит 14 рисунков и 13 таблиц.

Во введении дано обоснование актуальности темы исследования, сформулированы цель, идея и задачи работы, основные защищаемые положения, научная новизна и практическое значение диссертации, приведены сведения об объектах, методах исследования, апробации работы и публикациях автора.

Глава 1 посвящена обзору современных представлений о процессе флотации водорастворимых солей с акцентом на гипотезы, связанные с адсорбцией реагентов-собирателей при их использовании в насыщенных солевых водных растворах; рассмотрены проблемы и способы повышения эффективности реагентов, применяемых на стадии основной сильвиновой флотации, включающие традиционные способы и нетрадиционные энергетические методы. В отдельном разделе представлен теоретический обзор возможностей применения ультразвуковой обработки при флотации минеральных руд, содержащий теоретические основы сонохимии, влияние сонохимии на флотацию минеральных руд, а также примеры использования ультразвуковой обработки при флотации минеральных руд.

В главе 2 приведены характеристика физико-химических свойств изучаемых веществ и реагентов, описание методик и установок для проведения экспериментов, приборов, использованных в ходе анализа реагентов и полученных продуктов флотации, а также описание статистической обработки результатов исследования.

В главе 3 обсуждаются результаты исследований по влиянию ультразвуковой обработки флотационных реагентов – собиратель амин первичный солянокислый, собирательная смесь реагентов состава «собиратель – вспениватель», а также депрессоры карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) и крахмал растворимый (амилодекстрин) – на изменение их физико-химических свойств.

Глава 4 посвящена результатам исследования по влиянию ультразвуковой обработки флотационных реагентов на технологические показатели основной сильвиновой флотации в лабораторных условиях, а также результатам проведения опытно-промышленных испытаний.

Кроме того, в диссертацию входят титульный лист, содержание, заключение, список использованных источников. Структура диссертации и оформление соответствуют ГОСТ 7.0.11 – 2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. В диссертации приводятся результаты исследований влияния ультразвуковой обработки растворов депрессоров на изменение их физико-химических свойств (дифференциальные кривые объёмного распределения агломератов депрессоров, электрокинетический потенциал агломератов депрессоров). Следовало бы привести данные влияния изменения вышеназванных физико-химических свойств депрессоров на показатели сильвиновой флотации.
2. Следует уточнить чем отличались условия лабораторных и опытно-промышленных испытаний сильвиновой флотации и почему при проведении лабораторных исследований содержание хлористого калия в сильвиновом концентрате составляло ~58% при извлечении КСI в концентрат ~87% (табл. 4.1), а при проведении опытно-промышленных исследований содержание хлористого калия в сильвиновом концентрате составляло ~88% при извлечении КСI в концентрат ~96% (табл. 4.2).
3. В диссертации (стр. 128) и в автореферате (стр. 17) указывается, что при проведении испытаний на флотационной фабрике БКПРУ-3 ПАО «Уралкалий» реагент депрессор шламов не применялся, что требует уточнения. В соответствии с действующим регламентом флотационная переработка руды на фабрике БКПРУ-3 осуществляется с применением депрессора КС-МФ.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, которая является законченной научно-квалификационной работой, решает важную научно-практическую задачу, имеет новизну и практическую значимость, соответствует паспорту научной специальности.

Таким образом, диссертация соискателя Бурова Владимира Евгеньевича является научно-квалификационной работой, в которой изложены результаты комплексного исследования влияния ультразвуковой обработки всех основных реагентов сильвиновой флотации (собиратель, вспениватель, депрессор) на изменение их физико-химических характеристик, а также влияния обработанных ультразвуком флотационных реагентов на эффективность сильвиновой флотации, которые до настоящего момента не были выполнены. Кроме того, результаты исследования имеют существенное значение для развития рационального недропользования в стране, что соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор – Буров Владимир Евгеньевич, заслуживает присуждения искомой учёной степени.

Официальный оппонент

Кандидат технических наук,
директор технологической научной
части АО «ВНИИ Галургии»

С.Н.Титков

Достоверность сведений и подпись руки Титкова С.Н. подтверждаю:

Генеральный директор АО «ВНИИ Галургии»



Д.Н. Шкурятский

« 06 » декабря 2024 года

Список основных публикаций официального оппонента

Титкова Станислава Николаевича в рецензируемых изданиях за последние 5 лет по теме диссертации Бурова Владимира Евгеньевича «Влияние ультразвуковой обработки на характеристики флотационных реагентов и эффективность сильвиновой флотации», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9. – «Обогащение полезных ископаемых» (технические науки)

1. Титков С.Н., Конобеевских А.В., Афолина Е.И. Развитие технологии переработки калийных руд. — Репроцентр А1, 2019. — С. 192-194.
2. Афолина Е.И., Титков С.Н., Алиферова С.Н., Тупицин И.Ю. Исследования колонной флотации для интенсификации флотационной переработки калийных руд // Горный Журнал, 2021, № 4, С. 77-81.
3. Титков С.Н., Конобеевских А.В., Афолина Е.И., Алиферова С.Н. Совершенствование технологии переработки калийных руд - новые флотационные реагенты. — Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет), 2021. — С. 234-237.
4. Афолина Е.И., Титков С.Н., Телешев Д.К., Алиферова С.Н. Применение этоксилированных ПАВ для флотационного обогащения калийных руд // Обогащение Руд, 2022, № 6, С. 9-12.
5. Конобеевских А.В., Титков С.Н., Алиферова С.Н., Телешев Д.К. Новый реагент-депрессор шламов для флотации калийных руд // Обогащение Руд, 2023, № 4, С. 9-13.
6. Патент № RU 2744327 С9 Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Способ Флотационного Обогащения Калийных Руд: № 2020112339 : заявл. 24.03.2020 : опубл. 2021 / С.Н. Титков, Е.И. Афолина, С.Н. Алиферова - 4 с.
7. Патент № RU 2808146 С1 Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Способ Флотационного Обогащения Калийных Руд: № 2023100950 : заявл. 17.01.2023 : опубл. 2023 / С.Н. Алиферова, А.В. Конобеевских, С.Н. Титков, Е.И. Афолина, О.Ф. Шишлов, С.А. Дождиков, Д.П. Трошин, Д.Г. Ивченко - 9 с.
8. Патент № RU 2799552 С1 Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Способ Флотационного Обогащения Калийных Руд: № 2023100949 : заявл. 17.01.2023 : опубл. 2023 / С.Н. Алиферова, А.В. Конобеевских, С.Н. Титков, Е.И. Афолина, Н.Н. Паршуков, А.М. Симдянов - 6 с.
9. Патент № RU 2792270 С1 Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Способ получения хлоридов калия и натрия из калий-натрийсодержащего сырья: № 2022120162 : заявл. 21.07.2022 : опубл. 2023 / А.В. Паскина, С.Н. Алиферова, С.Н. Титков, Е.Б. Панасюк - 6 с.
10. Патент № RU 2792267 С1 Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Способ Получения Обогащенного Карналлита: № 2022112536 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 2023 / А.В. Паскина, С.Н. Алиферова, С.Н. Титков, Н.А. Яковлева - 9 с.