

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.096.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ
КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР ИМ. АКАДЕМИКА
Н.В. МЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «24» декабря 2024 г. № 10

О присуждении Бурову Владимиру Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние ультразвуковой обработки на характеристики флотационных реагентов и эффективность сильвиновой флотации» по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)» принята к защите «15» октября 2024 г. (протокол заседания №7) диссертационным советом 24.1.096.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, 111020, Москва, Крюковский тупик, д.4, утвержденным приказом Рособнадзора от 21.05.10, № 1030-391 и измененным в соответствии с приказом Минобрнауки 561/нк от 03.06.2021.

Соискатель Буров Владимир Евгеньевич, «03» мая 1995 года рождения, в 2020 году окончил магистратуру в Харбинском политехническом университете (Harbin Institute of Technology, Китайская Народная Республика) по специальности «Наука об окружающей среде и инженерия», в 2024 году окончил аспирантуру в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по специальности «Технология неорганических веществ». В настоящее время не

работает.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук №2/24 от «02» октября 2024 года.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Химические технологии».

Научный руководитель – доктор технических наук Пойлов Владимир Зотович, кафедра «Химические технологии» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», профессор.

Официальные оппоненты:

Пестряк Ирина Васильевна, доктор технических наук, заведующий кафедрой общей и неорганической химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет МИСИС»;

Титков Станислав Николаевич, кандидат технических наук, директор технологической научной части (г. Санкт-Петербург) Акционерного общества «ВНИИ Галургии»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН) (г. Новосибирск) в своем положительном отзыве, подписанном Кондратьевым Сергеем Александровичем, доктором технических наук, главным научным сотрудником, заведующим лабораторией обогащения полезных ископаемых и технологической экологии, указала, что диссертация обладает научной новизной и практической значимостью и отвечает требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук в

соответствии с пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. Автор диссертационной работы, Буров Владимир Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 - «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)».

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, получено 2 патента РФ на изобретение.

В опубликованных научных работах соискателя приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния ультразвуковой обработки наиболее распространённых в калийной промышленности флотационных реагентов сильвиновой флотации (собиратель – амин первичный солянокислый; вспениватель – гликолевый эфир; депрессоры – карбоксиметилцеллюлоза и амилодекстрин) на изменение их характеристик (размер и форму мицелл и агломератов, величину электрокинетического потенциала частиц реагентов и pH среды растворов реагентов; вязкость; пенообразующую способность, устойчивость пен и поверхностное натяжение; коагуляцию мицелл собирателя в насыщенном солевом растворе) и эффективность сильвиновой флотации.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые научные работы (научные статьи) по теме диссертации:

1. Сонохимическая активация раствора солянокислого амина, используемого в качестве собирателя в технологии флотации сильвинитовых руд / В. З. Пойлов, В. Е. Буров, А. Н. Галлямов, О. А. Федотова // Обогащение руд = *Obogashchenie Rud.* – 2021. – № 5 (395). – С. 15–26. – DOI: 10.17580/or.2021.05.04. (ВАК, Scopus).

2. Effect of ultrasound on reagent compositions foaming properties used in mineral flotation / V. E. Burov, V. Z. Poilov, M. M. Sazhina, Z. Huang //

ChemChemTech. – 2022. – Vol. 65, N 9. – P. 81–89. – DOI: 10.6060/ivkkt.20226509.6624. (BAK, Scopus, WoS).

3. Effect of sonochemical pretreatment of slurry depressors on sylvite flotation performance / V. E. Burov, V. Z. Poilov, Z. Huang, A. V. Chernyshev, K. G. Kuzminykh // *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. – 2022. – Vol. 7, N 4. – P. 298–309. – DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-09. (BAK, Scopus).

4. Буров, В. Е. Возможности применения сонохимии при флотации минеральных руд / В. Е. Буров // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2024. – № 1. – С. 36–51. – DOI: 10.25018/0236_1493_2024_1_0_36. (BAK, Scopus).

5. Effect of Ultrasonic Treatment on Structural Properties and Colloidal State of Sylvite Flotation Collector / V. E. Burov, V. Z. Poilov, I. S. Potapov, K. G. Kuz'minykh // *Journal of Mining Science*. – 2024. – Vol. 60, N 1. – P. 154–162. – DOI: 10.1134/S1062739124010174. (BAK, Scopus, WoS).

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов: д.т.н. Вальцифера В.А., д.х.н. Гусева В.Ю., д.х.н. Кудряшовой О.С., д.т.н. Лановецкого С.В., д.т.н. Морозова Ю.П. и к.т.н. Вальцевой А.И., к.т.н. Новожилова А.В., д.т.н. Федотова К.В., Чернышева В.Ю., д.т.н. Шенфельда Б.Е..

В отзывах дана положительная оценка диссертационной работы, отмечается актуальность выбранной темы, новизна и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако в отзывах содержатся следующие вопросы и замечания:

- д.х.н. Гусев В.Ю.:

Очень большой объём вступительной части, которая занимает половину объёма автореферата. Её содержание, особенно таких разделов как «Актуальность проблемы» и «Положения, выносимые на защиту», можно было написать значительно лаконичнее без ущерба для содержания.

В разделе «Актуальность проблемы» использована неудачная фраза: «В то же время использование реагентов несёт в себе недостатки, оказывающие отрицательное влияние на...». Без реагентов флотация сylvина в принципе

невозможна. В работе речь идёт не о недостатках реагентов, а о повышении эффективности флотации путём активирования их растворов УЗ-обработкой.

Табл. 2. В чём измеряется площадь пика в ИК спектре? Что такое применительно к площади пика τ Пирсона и p-value?

Табл. 3. Почему в случае раствора собирателя при большем пенообразовании кратность пены значительно меньше, чем в случае раствора собиратель-вспениватель?

- д.т.н. Лановецкий С.В.:

В автореферате в разделе «Апробация работы» следовало указать даты, когда работа получила грантовую поддержку, стала победителем президентской платформы «Россия – страна возможностей», принимала участие в конкурсе-выставке Open Innovations Startup Tour и т.д.

Как автор объясняет влияние акустического воздействия на некоторое снижение рН среды раствора солянокислого амина?

С чем, на взгляд автора, связано резкое уменьшение динамической вязкости раствора солянокислого амина при максимальной удельной акустической мощности облучения $0,85 \text{ Вт/см}^3$?

По представленным лабораторным исследованиям было бы желательно указать оптимальные характеристики УЗ-обработки различных реагентов.

- д.т.н. Морозов Ю.П. и к.т.н. Вальцевой А.И.:

Проводилась ли УЗ-обработка с удельной акустической мощностью выше $0,85 \text{ Вт/см}^3$ и, если проводилась, то есть ли эффект?

С чем связано понижение отрицательного электрокинетического потенциала при увеличении удельной акустической мощности?

- к.т.н. Новожилов А.В.:

Какие параметры УЗ-обработки являлись оптимальными для каждого вида флотационных реагентов?

Какие возможные риски или ограничения в технологии переработки сырья могут возникнуть с внедрением сонохимической активации на реальных горно-обогатительных предприятиях?

- д.т.н. Федотов К.В.:

Зона действия ультразвука в растворе (радиус действия) очень мала, не более 5-10 мм, поэтому промышленная реализация данного способа вызывает определённые трудности.

Удельная энергетическая мощность, рекомендуемая автором, 0,34–0,85 Вт/см³ (для упрощения счёта пусть будет 1 Вт/см³ или 1000 Вт/м³ или 1 кВт/м³). Энергетические затраты в размере одного кВт на один метр кубический в час очень малы для перехода мицеллярной формы аминов в менее коагуляционную. Сравнение – нагрев собирателя до $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (это нагрев раствора до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ за один час мощностью нагревателя один киловатт) не приводит к существенному снижению его вязкости. Возможно, в случае обработки ультразвуком происходит механический разрыв связей между мицеллами, и это даёт эффект уменьшения его расхода. Затраты удельной энергии должны быть гораздо выше.

Лабораторные исследования рекомендуют УЗ-обработку с удельной акустической мощностью 0,34–0,85 Вт/см³. В промышленном варианте была использована УЗ-обработка с интенсивностью 0,04 Вт/см³, т.е. в 10 раз меньше. Почему в промышленном варианте получены результаты не хуже, чем при лабораторном эксперименте?

- Чернышев В.Ю.:

Автором в ходе выполнения работы отмечено снижение сорбции реагента-собирателя на поверхности сильвина и краевого угла смачивания минерала при максимальной из исследуемых удельной мощности УЗ-обработки раствора солянокислого амина 0,85 Вт/см³ и частоте 22 кГц, что объясняется частичной десорбцией солянокислого амина с поверхности частиц хлорида калия при высокой энергии ультразвука. При проведении опытно-промышленных испытаний при использовании частоты ультразвука 18 кГц также наблюдалась тенденция к снижению извлечения хлорида калия при мощности 0,08 и 0,13 Вт/см³. Для доказательства и более детального объяснения данного эффекта предлагается к дальнейшему выполнению изучение УЗ-воздействия повышенной удельной мощности. Также предлагается проведение оценки влияния повышения частоты ультразвука в

пределах переходной кавитации на изменение физико-химических свойств флотационного собирателя и композиции реагентов «собиратель – вспениватель».

Учитывая новизну и положительный эффект проведённой работы по комплексному исследованию УЗ-обработки реагентов, используемых в процессе основной сальвиновой флотации, рекомендуется провести исследования УЗ-обработки реагентов, применяемых в операциях флотационного обесшламливания сальвинитовой руды с целью увеличения извлечения нерастворимого остатка из руды, снижения содержания нерастворимого остатка в питании основной сальвиновой флотации и, как следствие, повышения эффективности сальвиновой флотации.

- д.т.н. Шенфельд Б.Е.:

В автореферате указано, что реагенты-депрессоры не применяются в процессе основной сальвиновой флотации и по этой причине они не использовались при проведении опытно-промышленных испытаний. Непонятно, с какой целью выполнены исследования влияния ультразвуковой обработки депрессоров на изменение их физико-химических свойств (рис. 7-9 автореферата), если эти реагенты при сальвиновой флотации не применяются.

Как при лабораторных, так и при опытно-промышленных испытаниях в собирательную смесь добавлялся реагент-активатор газойль-каталитический. Однако исследования влияния ультразвуковой обработки на физико-химические свойства этого реагента не проведены.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высоким уровнем их компетентности в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей области исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– выявлено, что ультразвуковая обработка раствора собирателя солянокислого амина с удельной акустической мощностью от 0,34 до 0,85

Вт/см³ сопровождается снижением кажущейся энергии активации вязкого течения (энергия активации Гиббса), что указывает на переход сложноструктурированной мицеллярной формы аминов в менее структурированную, при этом диспергированные мицеллы амина, вводимые в насыщенный солевой раствор NaCl-KCl-H₂O, находятся в более устойчивом к коагуляции состоянии.

– показано, что ультразвуковая обработка раствора собирателя с удельной акустической мощностью от 0,34 до 0,85 Вт/см³ уменьшает размер мицелл реагента, благодаря чему мицеллы амина более эффективно распределяются на поверхности кристалла сильвина, что подтверждено ростом краевого угла смачивания частиц KCl, покрытых солянокислым амином, и повышением величины адсорбции амина на кристалле хлорида калия.

– установлено, что за счёт ультразвукового диспергирования мицелл амина с удельной акустической мощностью от 0,34 до 0,85 Вт/см³ снижается поверхностное натяжение и содержание влаги в пене, а также увеличивается кратность пен и пенообразование раствора собирателя солянокислого амина, в связи с чем пены становятся более устойчивыми. При этом УЗ-обработка композиции «собиратель – вспениватель» с удельной акустической мощностью от 0,34 до 0,85 Вт/см³ увеличивает пенообразование и содержание влаги в пене, а также снижает кратность пен, вследствие чего пены становятся менее устойчивыми.

– выявлено, что ультразвуковая обработка растворов депрессоров карбоксиметилцеллюлозы и амилодекстрина при удельной акустической мощности 0,34–0,85 Вт/см³ смещает дифференциальные кривые объёмного распределения по размерам агломератов в область малых размеров. Установлено, что ультразвуковая обработка с увеличением удельной акустической мощности понижает отрицательный электрокинетический потенциал раствора карбоксиметилцеллюлозы.

Научное значение работы заключается в том, что в ней впервые проведено комплексное исследование влияния ультразвуковой обработки флотационных реагентов, применяемых на стадии основной сильвиновой

флотации, на их физико-химические и флотационные свойства.

Практическое значение работы заключается в определении оптимальных режимов ультразвуковой обработки флотационных реагентов как на стадии лабораторных испытаний, так и при проведении опытно-промышленных испытаний, повышающие эффективность основной сильвиновой флотации, выражающаяся в повышении извлечения хлорида калия.

Обоснованность научных положений и выводов, представленных в работе, подтверждается использованием современных физико-химических методов исследований, непротиворечивостью полученных результатов и выводов.

Достоверность научных результатов обеспечивается использованием сертифицированного оборудования, современных средств и методик проведения исследований. Подтверждается согласованностью выводов теоретического анализа и данных эксперимента, воспроизводимостью результатов лабораторных испытаний.

Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач исследований, выборе методик, постановке лабораторных экспериментов и их проведении с последующим произведением необходимых расчётов и обоснованием выводов. Кроме того, автор принимал непосредственное участие в составлении программы и проведении опытно-промышленных испытаний. Таким образом, основные положения, выносимые на защиту, принадлежат автору работы.

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований изложены научно обоснованные режимы ультразвуковой обработки флотационных реагентов, обеспечивающие повышение извлечения сильвина при флотации калийных руд и имеющие существенное значение для развития минерально-сырьевой базы сильвинитовых руд.

Диссертация полностью соответствует критериям, установленным в пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней.

На заседании «24» декабря 2024 г. диссертационный совет принял

решение присудить Бурову Владимиру Евгеньевичу ученую степень кандидата технических наук за научно обоснованное решение актуальной научно-технической задачи повышения эффективности флотации сильвинитовых руд путем ультразвуковой обработки растворов флотационных реагентов, что имеет важное значение для развития технологий обогащения полезных ископаемых.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по специальности 2.8.9, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за присуждение учёной степени - 16, против присуждения учёной степени - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета


_____ академик, д.т.н. Чантурия Валентин Алексеевич

Учёный секретарь диссертационного совета


_____ д.т.н. Матвеева Тамара Николаевна

Дата оформления Заключения – «24» декабря 2024 г.

Подписи В.А. Чантурия и Т.Н. Матвеевой заверяю

Учёный секретарь ИПКОН РАН, д.т.н.



С.С. Кубрин