

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию
Гаджиевой Луизы Абду-Самадовны
на тему: «Обоснование параметров технологии изоляции подземных камер для сернокислотного выщелачивания руд цветных металлов», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины».

1. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертации подтверждается тем, что несмотря на признанную перспективность применения технологии шахтного подземного выщелачивания, позволяющей вовлекать в эксплуатацию весьма бедные руды, добыча которых рассматривается в настоящее время всеми горными предприятиями мира, они не нашли повсеместного распространения. Например, перспективные медные руды крупнейшего в мире Жезказганского месторождения, содержат всего 0,25-0,5 % меди, что подтверждено автором диссертации в ходе испытаний технологии рудничной сепарации забалансовых руд. Переработка столь бедных руд повлечет формирование в повышенных объемах хвостов обогащения, складирование которых на поверхности сопряжено с многолетним негативным воздействием на окружающую среду. Альтернативой вовлечения бедных руд в эксплуатацию может быть шахтное подземное выщелачивание. В диссертации справедливо указано, что для реализации технологии подземного выщелачивания необходим поиск решений по изоляции блоков выщелачивания, упрочнения горнотехнических конструкций для предотвращения обрушений их элементов ввиду разупрочнения агрессивными растворами выщелачивания. Изыскание возможностей изоляции открывает перспективу развития технологии выщелачивания не только цветных металлов, но и золота, что позволит расширить минерально-сырьевую базу благородных металлов в разы и убедительно показано Л.А. Гаджиевой с соавторами в публикациях в ведущих журналах из перечня ВАК. Выбранное направление представляется весьма перспективным.

2. Общая характеристика работы

Диссертация представлена на 168 страницах, состоит из введения, 4 глав, заключения и содержит 55 рисунков, 29 таблиц, список источников из 147 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, методы решения поставленных задач и определены положения, выносимые на защиту, представлена научная новизна, практическая значимость, личный вклад автора, объект и предмет исследования.

Первая глава диссертации содержит анализ современных методов шахтного (блочного) подземного выщелачивания, позволивший выявить основные параметры исследуемых методов, включая их преимущества и недостатки. Приведены результаты исследования особенностей подготовки блоков выщелачивания и ключевых параметров технологий изоляции для снижения риска миграции растворов за пределы выщелачиваемых участков. Также в главе оценены перспективы развития комбинированных геотехнологий, включающих выщелачивание руд при комплексной разработке месторождений. Рассмотрены конструктивные особенности камер выщелачивания, формируемых в процессе добычи руды, а также выделена проблема недостаточного изучения вопроса изоляции этих камер для предотвращения утечек растворов. В работе также проведен анализ и выделены наиболее перспективные идеи в области создания новых материалов и конструкций на основе формирования массивов с заданными свойствами. Определены цель, задачи и методы исследований.

Выполненный в 1 главе аналитический обзор способствовал формулированию идеи работы, заключающейся в том, что повышение полноты освоения недр, выполнение требований промышленной и экологической безопасности комбинированной технологии подземной добычи руд и выщелачивания достигается путем изоляции камер выщелачивания материалами с требуемыми прочностными, гидро-, термо-, кислотостойкими свойствами на основе соответствующих геополимерных материалов из отходов производства.

Сформулированная идея представляется оригинальной, заслуживающей выполнения запланированной программы исследований.

Во второй главе предложена концепция выщелачивания руд в комбинации с традиционной подземной добычей с созданием в выработанном пространстве камер, изолированных от вмещающих пород непроницаемыми конструкциями. Именно для условий возведения ограничивающих горнотехнических конструкций, главным образом, днищ блоков выщелачивания, применима идея работы. Изолирующие конструкции для целей подземного выщелачивания должны обладать кислото-, термо-, биостойкостью и прочностью, в качестве наиболее подходящего материала выбраны геополимеры. Предложена классификация способов изоляции подземных камер выщелачивания. Для проведения работ по обоснованию и выбору изолирующих конструкций на геополимерной основе автором были специально разработаны программа и соответствующие методики исследований. Среди них оптико-минералогические исследования с использованием микроскопа Olympus BX 51 с программным комплексом «Минерал С7» для анализа изображений на основе методических рекомендаций НСОММИ ФНМЦ «ВИМС».

Минеральный состав вмещающих пород определялся методом порошковой рентгеновской дифрактометрии с использованием дифрактометра XRD-6000 («SHIMADZU») с Су-анодом. Количественный химический анализ осуществлялся с использованием фотометрических, титриметрических и гравиметрических методов по стандартным нормативным методикам НСАМ ФНМЦ «ВИМС». Прочность материала на одноосное сжатие определялись согласно ГОСТ 10180—2012 с использованием лабораторного гидравлического пресса Instron с программным обеспечением Instron Bluehill Universal; по результатам испытания рассчитывался модуль деформации при одноосном сжатии. Химическая стойкость оценивалась путем измерения прочности на одноосное сжатие до и после погружения образцов в агрессивные среды в динамике, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58896-2020, водопоглощение по ГОСТ 12730.3-2020. Термостойкость определялась сопоставимыми испытаниями образцов на одноосное сжатие до и после термического воздействия до 600⁰С.

Третья глава посвящена результатам исследований параметров технологии, включая свойства материалов для изоляции подземных камер для сернокислотного выщелачивания руд цветных металлов.

Автором проведены результаты исследований свойств вмещающих пород медно-колчеданных месторождений, включающие оптико-минералогический, минералогический и химический анализы, свидетельствующие о возможности формирования геополимерных смесей на основе вмещающих пород, представленных дацитами, обоснован оптимальный состав смеси.

На основе комплекса экспериментальных исследований доказано, что массивы на основе выбранного состава, отвечают требованиям, предъявляемым к изолирующим конструкциям камер подземного выщелачивания: прочность геополимерных образцов в возрасте 60 суток является сверх достаточной - 19,8-22 МПа, а выдержка в 10% серной кислоте, равно как обжиг образцов при температуре 600⁰С не оказывает значимого разупрочняющего воздействия на прочностные характеристики, определенные испытанием на одноосное сжатие.

В работе предложен новый подход к выбору направлений проходки горных выработок с учетом содержания в них аморфной фазы кремния и алюминия в свете перспектив реализации технологии изоляции подземных камер для выщелачивания руд цветных металлов.

Результаты исследований широко апробированы на отечественных и международных конференциях.

В четвертой главе диссертации представлены технологические рекомендации по выбору конструктивных параметров камер выщелачивания при системах разработки с закладкой выработанного пространства, а также результаты количественной углубленной оценки риска ключевых опасностей, связанных с реализацией технологии подземного блочного выщелачивания.

Основные научные данные, выводы и рекомендации представлены в заключении диссертационной работы, которые по своей содержательной части детализируют полученные научные результаты.

3. Оценка степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности

Автором сформулированы четыре научных положения, выносимых на защиту.

Первое научное положение: «Повышение полноты и комплексности освоения месторождений руд цветных металлов обеспечивается созданием в подземном руднике камер выщелачивания с формированием в их основании изолирующих конструкций, характеризующихся требуемыми прочностью, термо- и кислотостойкостью, низким водопоглощением, состоящих из вмещающих пород месторождений с добавлением алюмосиликатных материалов и жидкой фазы, представленной водным щелочным продуктом из силикатов натрия и калия» (п.1 Паспорта специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины). Достоверность и обоснованность научного положения подтверждается систематизацией результатов теоретических и практических исследований, а также собственными исследованиями автора диссертации в области оценки перспектив вовлечения в эксплуатацию весьма бедных руд на месторождения цветных и благородных металлов – меди и золота. Автором, совместно с коллегами, проведена оценка текущей ситуации на Жезказганском месторождении, а также вмещающей толщи на месторождениях благородных металлов, свидетельствующей о возможности понижения бортового содержания при переходе к технологиям выщелачивания.

Второе научное положение: «Формирование изолирующих конструкций в основании подземных камер выщелачивания, характеризующихся набором прочности на одноосное сжатие свыше 20 МПа, низким водопоглощением, устойчивостью в сернокислом растворе концентрацией до 10% с сохранением начальной массы и прочности и термостойкостью при нагреве до 600⁰С обеспечивается технологией приготовления в подземном руднике геополимерной смеси на основе вмещающих пород месторождений, расход компонентов которой определяется, исходя из содержания аморфных оксидов кремния и алюминия во вмещающих породах.» (п.6 Паспорта специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины). Достоверность и обоснованность сомнений не вызывает и обусловлена

использованием современного оборудования и апробированных методик, сходимостью теоретических расчетов состава геополимерных материалов и результатов лабораторных исследований. Судя по публикациям автора, эти результаты докладывались и обсуждались на профильных конференциях.

Третье научное положение: «При комбинированной геотехнологии подземной добычи руд и выщелачивания выбор направлений использования вмещающих пород, в том числе, с участков проходки горных выработок, должен осуществляться после оценки содержания в них аморфной фазы кремния и алюминия в свете перспектив реализации технологии изоляции подземных камер для выщелачивания руд цветных металлов» (пп. 1 и 6 Паспорта специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины). Достоверность и обоснованность основывается на проведенных экспериментальных исследованиях, а также установлением причинно-следственной связи между вещественным составом пород рудовмещающей толщи и условиями их использования в составе геополимерных смесей для возведения изолирующих конструкций. Судя по публикациям автора, ею освоены и представлены в виде публикаций в ведущем журнале и в материалах конференций современные технологии управления качеством рудной массы при вовлечении в разработку бедных руд комбинированными геотехнологиями.

Четвертое научное положение: «Технология формирования изолирующих конструкций в основании камер выщелачивания должна базироваться на применении подземных передвижных закладочных комплексов для подготовки пород с высоким содержанием аморфной фазы требуемой крупности, шихтовки твердых компонентов, перемешивания с водным щелочным продуктом из силикатов натрия и калия с протеканием реакции геополимеризации, а также подачи геополимерной смеси с требуемыми реологическими характеристиками в изолируемую камеру» (п. 6 Паспорта специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины). Корректность полученных результатов подтверждается значительным объемом и надежностью исходных данных, достоверными результатами лабораторных исследований, выполненных в соответствии с апробированными методиками, обоснованием состава комплекса оборудования, обеспечивающего подготовку пород до требуемой крупности, шихтовку твердых компонентов, перемешивание с водным щелочным продуктом из силикатов натрия и калия с протеканием реакции геополимеризации, а также подачу геополимерной смеси с требуемыми реологическими характеристиками в изолируемую камеру.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректностью постановки задач научных исследований, представительным объемом

исходных данных, высокой степенью сходимости полученных результатов лабораторных исследований.

4. Научная новизна исследования и полученных результатов

Научную новизну работы составляет разработанная методика выбора параметров технологии, включая материалы для изоляции камер выщелачивания, отличающаяся тем, что выбор направлений использования вмещающих пород месторождений, преимущественно, пород от проходки выработок, сопровождается оценкой содержания в них аморфной фазы кремния и алюминия в свете перспектив реализации технологии выщелачивания руд цветных металлов. Получены новые знания о технологических свойствах геополимеров на основе вмещающих пород, представленных дацитами в свете обеспечения условий выщелачивания руд в подземных камерах.

5. Практическая значимость диссертационной работы

Практическая значимость полученных результатов состоит в разработке технологии формирования изолирующих конструкций в основании подземных камер для б сернокислотного выщелачивания в них руд цветных металлов с выполнением требований промышленной и экологической безопасности.

6. Рекомендации по использованию результатов

Результаты могут быть использованы в ходе опытно-промышленных испытаний технологии изоляции подземных камер для последующего выщелачивания в них руд цветных и благородных металлов при условии полного контроля параметров процессов и обеспечении требований промышленной и экологической безопасности.

7. Оценка диссертационной работы

Основные положения диссертации опубликованы в 16 научных работах, в том числе 6 в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, получен один патент РФ на изобретение.

Результаты работы и основные научные положения неоднократно докладывались на российских и международных конференциях и симпозиумах.

Диссертационная работа и автореферат изложены технически грамотно с использованием современной терминологической базы. Диссертационная работа содержит все необходимые компоненты научно-исследовательской работы. Полученные результаты и выводы изложены последовательно в соответствии с решаемыми задачами и образуют единство сформулированных рекомендаций и положений, выносимых на защиту. Качество оформления текста, графического материала диссертационной работы, а также ссылок на используемые литературные источники соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям. Стиль изложения материалов обеспечивает доступность восприятия

материала. Опубликованные в научных изданиях работы автора всесторонне и полно освещают основные положения диссертации.

Содержание диссертации, научные положения, основные результаты и выводы соответствуют паспорту специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины (пп.1 и 6).

Судя по количеству публикаций Л.А. Гаджиевой, включая перечень ВАК, материалы конференций, количество сделанных докладов, диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

8. Замечания по содержанию и оформлению диссертации

Рассматриваемая диссертация обладает научной новизной и имеет практическое значение. Вместе с тем, по работе имеются следующие замечания:

1. В работе принят один оптимальный состав геополимерной смеси: дацты 1457, зола 350, жидкий компонент 709 кг/м³, с пределом прочности на сжатие – до 22МПа, который снижается до 13 МПа при добавлении крупнокусковых фракций. Следовало получить несколько оптимальных составов, в зависимости от изменения содержания аморфных оксидов алюминия и кремния во вмещающих породах.

2. В донной части блока имеется слой для приема раствора серной кислоты с полезными компонентами при подземном блочном выщелачивании – это наиболее ответственный узел, обеспечивающий результативность всего технологического процесса. Использование имеющихся вмещающих пород для приготовления состава геополимерного слоя – это хорошая идея, упрощающая и удешевляющая подготовку этого слоя. Как правило, трещины в подобных конструкциях возникают при появлении напряжения на изгиб, поэтому важным параметром геополимерного слоя является его прочность на изгиб. Испытания, проведенные на сжатие, имели другие цели. Следовало провести проработки по исследованию полученных геополимеров на изгиб, для определения необходимой толщины слоя, во избежание появления в нем трещин.

3. Следовало провести испытания геополимерных бетонов с суперпластифицирующими добавками, улучшающими прочностные свойства бетонов при малой величине добавок, стоимость и затраты на их транспортировку незначительные.

4. Необходимо было привести более подробно технологию нанесения геополимерного слоя на поверхность днища блока. Это важно для создания формы «чаши», проработки контактов «чаши» с массивом боковых вмещающих пород, затвердевшей закладкой соседних камер.

5. В работе не указано, как готовится и откуда поступает дробленая рудная масса, загружаемая в камеру для последующего выщелачивания.

6. Каналы отведения рассолов должны выходить в самые нижние точки днища бетонного слоя для более полного извлечения рассола. Необходимо также создать изоляцию внутри отводящих скважин от имеющихся трещин вблизи участков ведения БВР.

7. Необходимо более подробно раскрыть, какими параметрами обеспечиваются режимы предварительного окисления и активного выщелачивания. В чем состоит достоинство дискретного окисления, для которого требуются годы?

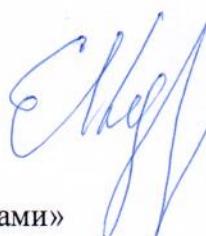
Заключение по докторской работе

Оценивая работу в целом, следует отметить, что она является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором, на основе выполненных исследований, дано новое решение актуальной научной задачи обоснования параметров технологии изоляции подземных камер для сернокислотного выщелачивания руд цветных металлов, имеющей значение для развития технологии шахтного подземного выщелачивания. Докторская работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК России, предъявляемым к кандидатским докторским докторатам по специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины», а автор докторской – Гаджиева Луиза Абду-Самадовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент

главный специалист ФГБУ «НО РАО»,
доктор технических наук, профессор

Кузьмин Евгений Викторович



- 18.04.2024

ФГУП «Национальный оператор
по обращению с радиоактивными отходами»
Пятницкая ул., д. 49А, стр. 2, Москва, 119017
Моб. тел.: 8 (915) 043 91 79
E-mail: EVKuzmin@norao.ru
www.norao.ru

Я, Кузьмин Евгений Викторович, согласен на обработку персональных данных.

Личную подпись главного специалиста, доктора технических наук, Кузьмина Евгения Викторовича удостоверяю:
директор по персоналу ФГУП «НО РАО»



В.С. Короткова