

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента на диссертацию**  
**Гаджиевой Луизы Абду-Самадовны**  
**«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 тематики диссертации**

Деятельность горных предприятий сопряжена с образованием на поверхности земли огромного количества отходов: вмещающих пород и побочных продуктов переработки минерального сырья. Увеличение объемов производства при ухудшающихся горно-геологических условиях разработки месторождений твердых полезных ископаемых приводит к закономерному росту объемов образующихся отходов. Только в России ежегодно образуется более 7 млрд т отходов различных классов опасности, причем в будущем их число будет неуклонно расти. В связи с этим, вопрос восстановления сырьевых ресурсов из горнoprомышленных отходов и их комплексное использование является весьма актуальным. Концепция комплексного освоения недр предопределяет необходимость формирования из них техногенных образований, перспективных для вовлечения в последующую эксплуатацию и утилизацию. Весьма эффективным направлением утилизации отходов горнодобывающей деятельности является производство различных строительных материалов, в составе которых возможна утилизация до 30 % извлекаемых из недр вскрышных и вмещающих пород. Однако фактическое их использование не велико.

В связи с этим, диссертацию Гаджиевой Л. А.-С., направленную на обоснование параметров технологии изоляции камер подземного сернокислотного выщелачивания руд цветных металлов, включая состав geopolимерных материалов на основе отходов производства, используемых при формировании изолирующих конструкций, обеспечивающих повышение полноты освоения недр и выполнение требований промышленной и экологической безопасности, следует признать весьма своевременной и актуальной.

Поставленная цель достигается путем реализации идеи, 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.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Автором получен ряд новых положений, имеющих важное теоретическое и практическое значение для горной промышленности.

*Согласно первому научному положению, 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 результатами проведенных автором совместно с коллегами исследований по оценке возможности внутрирудничной сепарации в условиях Жезказганского месторождения с выделением рудной массы, очевидно, пригодной для выщелачивания. Вмещающие породы на месторождениях руд цветных металлов могут быть использованы для утилизации в подземном пространстве в качестве компонентов закладочных смесей, или, как предложено автором диссертации – геополимеров, без выдачи на поверхность. Возможность формирования изолирующих конструкций из отходов добычи медно-колчеданных руд подтверждена представительными результатами лабораторных исследований.

*Согласно второму научному положению, доказано, что 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 600°C 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).*

Доказано на основании приведенных в диссертационной работе теоретических расчетов компонентов смеси, состоящей из вмещающих пород месторождений с добавлением высокореактивной золы уноса и жидкой фазы, базирующихся на мольных соотношениях в ней  $\text{Na}_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}$  и аморфных  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}$ , а также подтверждено в ходе лабораторных исследований, что из вмещающих пород возможно получение весьма прочных, водонепроницаемых, кислото- и термостойких массивов. Автором также доказано, что отклонение от расчетных составов приводит к значительному ухудшению свойств получаемых массивов.

*Согласно третьему научному положению, 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 определяется результатами проведенных экспериментальных исследований, свидетельствующими об определяющем влиянии вещественного состава пород рудовмещающей толщи на условия 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.

*Согласно четвертому научному положению, доказано, что 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 geopolимеризации, а также подачи geopolимерной смеси с требуемыми реологическими характеристиками в изолируемую камеру (п. 6 Паспорта специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины).*

Автором на основе использования апробированных методик и обоснованном выборе применяемого оборудования убедительно доказана эффективность применения для изоляции днищ на основе geopolимерных смесей в условиях подземного рудника передвижных закладочных комплексов в составе виброщековой дробилки, конусной инерционной дробилки, питателей, растиривателей, шнековых конвейеров и смесителей. Это оборудование обеспечивает подготовку вмещающих пород до требуемого гранулометрического состава, шихтовку твердых компонентов, перемешивание с водным щелочным продуктом.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, базируется на теоретических положениях, сформулированных в известных трудах российских и зарубежных ученых, и подтверждается соответствием теоретических исследований автора практическим результатам, выполненным в соответствии с апробированными методиками, а также обсуждением результатов на профильных конференциях.

### **3. Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность результатов диссертации подтверждается: корректной постановкой задач исследований; надежностью и представительным объемом исходных данных; использованием современных методов анализа и моделирования составов geopolимерных смесей, апробированных методов и положений по оценке свойств вмещающих пород и geopolимерных массивов,

выбранным адекватным комплексов проведенных лабораторных исследований.

#### **4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов**

К основному научному результату рецензируемой диссертации следует отнести разработанную в процессе проведения исследований методику 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.

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

#### **5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные результаты исследований рекомендуются к использованию при проведении 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.

Разработанные составы геополимерных материалов рекомендуются для апробации в иных целях в промышленности, где требуется получение прочных, кислотостойких и термостойких конструкций.

#### **6. Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

*Работа является завершенным научным исследованием, изложена последовательно, грамотно, доступным языком с использованием современной терминологической базы, принятой в горном деле. Диссертация*

отвечает всем требованиям, предъявляемым к научно-исследовательской работе, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

*Структура и объем работы.* Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 168 страницах, содержит 55 рисунков, 29 таблиц, список литературы из 147 наименований.

*Качество оформления работы.* Диссертация написана технически грамотным языком, изложена последовательно, грамотно и оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации, раскрывает идею, защищаемые положения, научную новизну и выводы.

*Публикации по работе.* Основные научные положения и результаты исследований опубликованы 16 работах, 6 из которых – в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, включая 1 патент РФ на изобретение. Печатные работы автора всесторонне и полно освещают основные положения диссертации.

*Апробация работы.* Основные результаты, положения и выводы докладывались и обсуждались на научных семинарах, научно-технических советах, международных конференциях в: РГГРУ им. С. Орджоникидзе (г. Москва, 2018 г.), Севастопольском государственном университете (г. Севастополь, 2019 г.), Институте проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН (г. Москва, 2020-2023 гг.), ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск, 2018-2019 гг.), Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» (г. Москва, 2021-2023 г.).

## **7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, высказать мнение о научной работе соискателя в целом**

Неоспоримым достоинством работы является разработанный алгоритм обоснования параметров технологии изоляции камер для сернокислотного выщелачивания руд цветных металлов, который базируется на: геологической оценке месторождения, лабораторных исследованиях пригодности вмещающих пород для приготовления геополимерных смесей, оценке свойств геополимерных массивов для условий подземного выщелачивания, дифференциации рудных зон по сортам, определении параметров днищ и

выборе технологии их формирования. Автором получен ряд новых научных положений, имеющих важное теоретическое и практическое значение для предприятий горной промышленности России.

*Основные замечания по диссертации:*

*1. Из диссертации не ясно, почему разработанные рекомендации отнесены для руд цветных металлов, хотя автором опубликован ряд работ, посвященных перспективам выщелачивания руд благородных металлов. Это является существенным недостатком работы, а работы по подземному выщелачиванию золота весьма перспективны.*

*2. Главным свойством горнотехнических конструкций для выщелачивания является гидронепроницаемость. Автором исследована такая характеристика, как водопоглощение. Достаточно ли этого, из работы не понятно?*

*3. При оценке риска в ряде случаев использованы значения вероятности аварий и инцидентов, которые могут возникнуть при шахтном выщелачивании, найти которые в открытой печати невозможно. Не ясно, на какой основе получены такие значения?*

**8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Оценивая диссертацию Гаджиевой Л.А.-С., в целом стоит отметить, что она является законченной научно-квалифицированной работой, свидетельствующей о значительном личном вкладе автора в науку, в которой на основе выполненных исследований дано решение актуальной задачи – научно обоснованы параметры технологии изоляции подземных камер для сернокислотного выщелачивания руд цветных металлов, основанные на теоретически и практически обоснованном выборе геополимерных материалов, характеризующихся требуемыми прочностными, гидро-, термо-, кислотостойкими свойствами и установлении закономерностей формирования технологических свойств геополимеров на основе отходов производства с обоснованием последовательности технологических процессов, обеспечивающих достижение требуемых свойств, что имеет важное значение для безопасного и устойчивого функционирования горнопромышленного комплекса России.

Судя по представленным материалам, диссертация написана лаконично, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. Заявленная автором цель работы реализована и в достаточном объеме отражена в результатах и публикациях. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационным признакам: цели, задачам, пунктам научной новизны, практической значимости, положениям, выносимым на защиту. Диссертация полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, и заслуживает положительной оценки, а ее автор, Гаджиева Луиза Абду-Самадовна, достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины».

Официальный оппонент  
кандидат технических наук,  
заместитель директора по учебной и производственной практике  
Технический колледж им. С.И. Мосина

ТулГУ

Хмелевский Максим Викторович

«15» апреля 2024 г.

Даю согласие на внесение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку.

Адрес: 300036, г. Тула, пос. Мясново, 18 проезд, д. 94  
Телефон: 8 (4872) 39-62-30  
E-mail: tcmit@tula.ru

Подпись кандидата технических наук, заместителя директора по учебной и производственной практике Хмелевского Максима Викторовича:

