



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30 тел.: (343) 257-25-47, факс: (343) 251-48-38
E-Mail: office@ursmu.ru, http://www.ursmu.ru



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «УГГУ», доктор
химических наук, профессор

Р.А. Апакашев

«15» августа 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

**ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»
на диссертацию Залевской Каролины Николаевны на тему: «Выбор
технологии и параметров открытой разработки техногенных
образований из отходов переработки золотосодержащих руд»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая
и строительная)»**

В ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» представлена диссертация, изложенная на 165 страницах машинописного текста, включая 47 таблиц и 62 рисунка, состоящая из введения, четырех глав, выводов по главам, заключения и основных результатов, а также списка использованной литературы, насчитывающего 128 наименований, а также автореферат диссертации. По результатам обсуждения материалов диссертации на расширенном научном семинаре кафедры разработки месторождений открытым способом (протокол № 372 от 16 августа 2022 г.) принято следующее заключение.

1. Актуальность работы. Диссертация Залевской Каролины Николаевны направлена на решение актуальной проблемы эффективного освоения лежалых отходов переработки руд золотодобывающих предприятий.

Анализа практики горных предприятий с длительным складированием и накоплением на поверхности отходов горно-обогатительного комплекса при освоении золоторудных месторождений свидетельствует о том, что большинство техногенных объектов, представленных отходами добычи и переработки руд, помимо определенной промышленной значимости, представляют собой потенциальную опасность для жизнедеятельности населения, проживающего в горнодобывающих регионах, в силу выщелачивания и миграции высокотоксичных элементов за пределы техногенного образования в окружающую среду. В результате перераспределения минерального вещества в отходах цианирования, хвостах флотации и амальгамации в теле техногенного образования формируются участки, представленные более обогащенными продуктивными зонами, либо весьма обводненными, высокотоксичными. Особенности распределения вещественного состава техногенного сырья, его неоднородное строение и структура техногенного массива, различия физико-механических свойств обуславливают необходимость специфического подхода к изучению и оценке техногенных объектов с учетом своевременной локализации неоднородностей на этапе выемки техногенного сырья в ходе разработки хвостохранилища.

Таким образом, актуальность тематики диссертационной работы, обусловленная необходимостью разработки новых подходов к выбору технологии освоения неоднородных по строению и структуре техногенных образований золотодобычи с возможностью их последующей безопасной утилизации и рекультивации нарушенной горными работами территории очевидна.

Общая характеристика работы. Диссертация посвящена обоснованию параметров рациональной технологии разработки неоднородных по составу, структуре и свойствам техногенных образований, представленных лежалыми

отходами переработки золотосодержащих руд, обеспечивающего повышение полноты освоения техногенных георесурсов и решение эколого-социальных проблем золотодобывающих регионов.

Поставленная в работе цель достигнута на основе анализа современных средств и методов оценки вещественного состава, строения, структуры техногенных образований – как основы для обоснования геотехнологии их эффективного освоения. В ходе выполнения диссертационной работы разработана методика комплексного обследования техногенных образований прошлых лет, обеспечивающая получение уточненных сведений об их структуре, строении и составе зон минерализации с построением блочных моделей. В диссертации исследованы закономерности строения, состава и свойств техногенного сырья в толще золотосодержащего хвостохранилища, определяющие выбор приоритетного порядка и параметров выемки складированных отходов для их безопасной утилизации с последующей рекультивацией нарушенной территории. Реализация комплекса исследований позволила обосновать параметры геотехнологии, предусматривающую разработку техногенных образований с определением приоритетного направления ведения открытых горных работ и этапов отработки техногенного объекта. Разработаны рекомендации по эффективной разработке золотосодержащих хранилищ отходов переработки руд, проведена их технико-экономическая оценка. Автором поставлен и в полной мере решен комплекс задач по заявленной тематике, что свидетельствует о завершенности представленной к защите диссертации.

В первой главе диссертации выполнен анализ условий формирования техногенных образований золотодобычи и методов оценки их структуры и свойств техногенного сырья, рассмотрены горно-геологические и горнотехнические условия освоения Новотроицкого золото-мышьяковистого месторождения из отходов переработки золотосодержащих руд. Исследованы и обобщены методы и подходы к изучению свойств складированных отходов обогащения золотосодержащих руд, определяющие выбор технологий их

добычи и переработки, определены закономерности природных и техногенных процессов, обуславливающие формирование технологических свойств хвостов обогащения руд. Систематизированы подходы к обоснованию параметров технологий разработки неоднородных техногенных образований, представленных отходами переработки золотосодержащих руд. Выполненный анализ поставленной в диссертационной работе задачи позволил сформулировать цель, идею и методы исследования.

Во второй главе дано развитие научных основ открытой разработки неоднородных техногенных образований на основе тонкодисперсных отходов обогащения руд и обоснован концептуальный подход к оценке структуры техногенных образований с учетом неоднородности свойств складированного тонкодисперсного сырья, что определяет параметры открытой добычи. С учетом полученных закономерностей строения и структуры техногенного образования разработана классификация технологических схем открытой разработки неоднородных техногенных золотосодержащих образований, а также обоснована методика исследований вещественного состава и физико-механических свойств отходов переработки руд для обоснования параметров геотехнологии разработки техногенных объектов золотодобычи.

В третьей главе диссертации изложены результаты исследования вещественного состава складированных отходов Новотроицкого золото-мышьяковистого хвостохранилища, оценки физико-механических и физико-химических свойств техногенного золотосодержащего сырья, определена устойчивость горнотехнических конструкций, в том числе, при выявлении в толще техногенных образований скрытых обводнённых зон. На основании полученных результатов предложен алгоритм выбора технологии открытой разработки техногенных образований, предусматривающий опережающую оценку строения и структуры техногенного объекта.

В четвертой главе на базе выполненных исследований предложены технологические рекомендации по разработке неоднородного техногенного образования с использованием блочной модели, обоснован выбор

направления развития фронта ведения открытых горных работ и этапов отработки Новотроицкого золото-мышьяковистого техногенного образования, проведена технико-экономическая оценка предложенных технических решений.

2. Новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций. Автором получен ряд новых научных знаний, имеющих важное теоретическое и практическое значение. Наиболее существенными из них являются:

1. Экологически сбалансированное и безопасное освоение техногенных образований золотодобычи, сложенных неоднородными участками – обогащенными благородными металлами, опасными обводненными зонами, либо с локализацией токсичных элементов, базируется на опережающей по мере продвижения очистных работ экспресс-оценке структуры и свойств складированного тонкодисперсного сырья с установлением направления и технических характеристик средств выемки в целях управления качеством добываемого сырья.

По результатам проведенного изучения техногенных объектов на базе геологической оценки и аэромагнитной съёмки Новотроицкого золото-мышьяковистого хвостохранилища установлена зональная изменчивость вещественного состава техногенного сырья, обусловленная увеличением содержания благородных металлов и мышьяка в хвостах обогащения золото-мышьяковистых руд с глубиной, обнаружены локальные участки, сложенные весьмаобводненными отходами переработки руд, с влажностью более 30%, выемка которых при освоении техногенного объекта без его предварительного осушения не представляется безопасной. Для достоверной оценки распределения вещественного состава сырья требуется детальное обследование неоднородности строения и структуры хвостохранилищ с возможностью опробования сырья из различных зон минерализации золотосодержащих отходов переработки руд. В связи с этим, был разработан новый способ опережающей оценки строения и структуры неоднородных

техногенных объектов на базе видеозендоскопического обследования и точечного опробования складированного сырья из стенок скважин с привязкой точки отбора пробы к системе координат. Разработанная методика выбора параметров открытой разработки техногенных образований позволяет своевременно выявлять неоднородные участки и обеспечивает возможность эффективного управления качеством потоков минерального сырья на базе актуальной информации о его составе и свойствах.

2. Доказано, что выбор направления развития фронта выемки при разработке неоднородных техногенных образований золотосодержащего сырья осуществляется в зависимости от необходимости первоочередной отработки обогащенных благородными металлами зон для эффективного управления качеством извлекаемого сырья, исключения прорыва пульпы из скрытых обводненных зон, а также требований к локализации участков, характеризующихся повышенным содержанием токсичных элементов.

На основании установленной неоднородности состава и свойств золотосодержащих отходов переработки золото-мышьяковистых руд разработана классификация технологических схем выемки сырья при открытой разработке техногенного образования. В основу классификации заложен учет типа и локализации установленной неоднородности состава, свойств, строения и структуры хвостохранилища. В соответствии с разработанной классификацией предложены типовые технологические схемы разработки неоднородных участков техногенного образования, сложенных обводненными участками, либо обогащенными по содержанию ценными и/или токсичными элементами, что определяет способ и направление выемки техногенного золотосодержащего сырья.

3. На разрабатываемых участках техногенного образования, где влажность отобранного материала не достигает влажности на границе текучести, обеспечивается устойчивость стенок пробуренных скважин в течение длительного времени, что позволяет вести по мере отработки техногенного объекта опережающее бурение и непосредственно в цикле

добычи осуществлять видеоэндоскопическое обследование стенок скважин с отбором материала из аномальных зон с привязкой к системе координат и оценкой распределения качества складированного сырья и структуры техногенного образования.

Установлена достаточная механическая устойчивость скважин для отбора проб на золото-мышьяковистом хвостохранилище, которая обеспечивается за счёт специфических свойств и вещественного состава техногенного объекта, представленного тонкодисперсными частицами, и определяется показателями изменчивости основных физических, прочностных и деформационных свойств при различных значениях влажности складированного в отвал сырья. Установлено, что на участках техногенного образования, где влажность складированных отходов обогащения руд не превышает 30% и не достигает влажности на границе текучести обеспечивается повышенная устойчивость пробуренных скважин в течение длительного времени, достаточного для проведения опережающей оценки строения и структуры техногенного объекта, предусматривающей видеоэндоскопическое обследование стенок скважины и точечный отбор проб с привязкой места отбора к системе координат.

4. Отсутствие скрытых обводненных и неоднородных зон на обрабатываемом участке техногенного образования определяет возможность экскавации и выемки сырья уступами до границ выявленной неоднородной зоны, безопасное расстояние до которой определяется в зависимости от свойств среды на неоднородном участке.

Получены результаты исследования физико-механических свойств техногенного золотосодержащего сырья, которые легли в основу выбора выемочно-погрузочного и горнотранспортного оборудования по условиям обеспечения устойчивости поверхности отвала и горнотехнических конструкций для эффективной и безопасной разработки Новотроицкого хвостохранилища. На основании полученных данных проведена оценка напряжённо-деформированного состояния техногенного образования при его

разработке, определены условия, когда происходит разрушение поверхности откоса с выдавливанием ослабленной области с последующим его оседанием и сползанием верхних слоев. Установлено, что при обосновании параметров технологии разработки сильнообводнённого участка, локализованного в толще техногенного объекта, возможность безопасной экскавации и транспортирования сырья обеспечивается оставлением защитного предохранительного целика, ширина которого для условий Новотроицкого золото-мышьяковистого хвостохранилищ должна составлять не менее 8 м.

5. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов. К наиболее значимым и практическим результатам диссертации в области геотехнологии относят следующие:

1. Разработана методика выбора параметров открытой разработки техногенных образований на основе тонкодисперсных отходов переработки золотосодержащих руд, отличающаяся тем, что в состав технологических процессов включена опережающая оценка строения и структуры техногенных образований на базе применения видеозндоскопического способа обследования стенок скважин и точечного опробования техногенного сырья из ее стенок с привязкой точки отбора пробы к системе координат. Доказано, что это обеспечивает своевременное выявление неоднородных участков, возможность эффективного управления качеством техногенного золотосодержащего сырья на базе актуальной информации, а также позволяет вести безопасную добычу техногенного сырья.

2. Разработана классификация технологических схем открытой разработки техногенных образований с учетом типа неоднородности их структуры и локализации в массиве. В соответствии с предложенной классификацией определены 10 принципиально различных типовых технологических схем открытой разработки неоднородных техногенных образований и обоснован алгоритм выбора предпочтительного варианта на основе опережающей оценки структуры массива и свойств складированного сырья.

3. Установлено преобладание в хвостах Новотроицкого хранилища глинистых фракций с содержанием до 52% класса крупности $-0,05+0,01$ мм, что обуславливает повышенное сцепление техногенного сырья – более 25 кПа. При этом содержание до 50% крупных частиц кварца определяет высокую пористость и проницаемость большей части массива. Доказано, что влажность большей части складированных отходов не превышает 30% и не достигает влажности на границе текучести, что обеспечивает достаточно высокую механическую устойчивость стенок скважин и позволяет непосредственно в цикле разработки техногенного образования проводить опережающую оценку качества сырья с детальным обследованием строения и структуры хвостохранилищ.

4. Установлены закономерности распределения вещественного состава техногенного сырья по глубине хвостохранилища, определяющие выбор технологии и параметров разработки техногенного образования с его последующей безопасной утилизацией после извлечения полезных компонентов. Выявлено, что верхние 0,5-2 м техногенного образования являются обедненными зонами с содержанием золота ниже 0,2 г/т и подвижными формами мышьяка, что определяет целесообразность предварительного снятия и утилизации верхнего слоя хвостохранилища.

5. Определены параметры горнотехнических конструкций и предложены технология и порядок ведения выемочно-погрузочных и горнотранспортных работ при открытой разработке Новотроицкого золото-мышьяковистого хвостохранилища, согласно которым предельный угол откоса уступа, обеспечивающий его устойчивость, должен составлять не более 50°.

6. Для условий золото-мышьяковистого хвостохранилища, с выявленной обводненной зоной, площадью 78,5 м² и мощностью 3 м, при обосновании параметров технологии разработки весьмаобводненного участка, локализованного в толще хранилища, возможность безопасной экскавации и

транспортирования сырья обеспечивается шириной защитного предохранительного целика, который должен составлять не менее 8 м.

Реализация разработанных технологических рекомендаций, основанных на детальном изучении строения и структуры техногенного объекта на основе превентивной оценки состояния стенок сформированных скважин, позволяет горнодобывающим предприятиям эффективно вовлекать лежалые отходы переработки золото-мышьяковистых руд в освоение с возможностью последующей переработки и утилизации техногенного сырья, и рекультивации нарушенной горными работами территорий.

7. О стиле и языке диссертации и автореферата. Соответствие автореферата основным положениям диссертации. Диссертация и автореферат изложены технически грамотным языком, оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Автор использовал общепринятую научную горную терминологию, что делает полученный результат доступным широкому кругу специалистов. Выводы и рекомендации работы изложены четко и лаконично. Структура и содержание автореферата соответствуют основным положениям диссертации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Полученные в диссертации результаты, оформленные в виде соответствующих методик, рекомендуется использовать в качестве базовой программы комплексного обследования техногенных золотосодержащих образований прошлых лет для утилизации лежалых отходов переработки руд. Разработанные практические рекомендации по эффективной отработке золотосодержащих хранилищ отходов переработки руд рекомендуются для широкого применения в проектных и научно-исследовательских организациях, при разработке технологических решений и мероприятий по безопасной утилизации техногенного минерального сырья.

8. Замечания по диссертации и автореферату. Рассматриваемая диссертация, безусловно, имеет научную и практическую значимость для

многих горнодобывающих предприятий, накопивших за все годы освоения месторождений значительное количество отходов переработки руд, и несомненно представляет определенный интерес. Однако по содержанию работы имеются следующие замечания:

1. Автор использует в тексте диссертации и автореферата такие понятия, как «экспресс-оценка» и «опережающая оценка». Требуется пояснение в чем различие этих понятий?

2. В актуальности и идее диссертации указано о наличии в золотоносных техногенных отходах ртути. На каком основании сделан такой вывод и проводилась ли оценка ее содержания в техногенных образованиях на основе отходов переработки золотосодержащих руд Южного Урала?

3. В автореферате на стр.8 указано, что «предложено 10 типовых технологических схем разработки неоднородных участков техногенного образования», при этом в тексте диссертации представлено только 9 схем. Непонятно эти схемы являются известными, либо содержат элементы новизны?

4. Следует уточнить, закономерный характер распределения благородных металлов по глубине золото-мышьяковистого хвостохранилища имеет частный случай или такая зависимость характерна для других, в том числе, изученных автором техногенных объектов золотодобычи?

Указанные замечания не умаляют теоретической и несомненной практической ценности диссертации.

9. Заключение. Представленная на отзыв диссертационная работа «Выбор технологии и параметров открытой разработки техногенных образований из отходов переработки золотосодержащих руд» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической ценностью.

В полном объеме реализована и отражена в результатах и публикациях. Цель работы – обоснование параметров рациональной технологии разработки неоднородных по составу, структуре и свойствам техногенных образований, представленных лежалыми отходами переработки золотосодержащих руд

достигнута и позволяет повысить полноту освоения техногенных георесурсов и решить эколого-социальные проблемы золотодобывающих регионов.

Основные результаты, положения и рекомендации диссертации апробированы и получили одобрение горной общественности на международных, всероссийских конференциях и симпозиумах, отражены в 14 работах, из которых 3 статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ, научная новизна подтверждена патентом на изобретение РФ.

Разработанная автором методика оценке золотосодержащих техногенных образований и практические рекомендации учтены при обосновании стратегии вовлечения в эксплуатацию техногенных золотосодержащих образований Челябинской области АО «Южуралзолото Группа Компаний».

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационным признакам: цели, задачам, научной новизне, практической значимости, положениям, выносимым на защиту.

Диссертация Залевской К.Н. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие научное и прикладное значение для развития минерально-сырьевой базы золотодобычи – разработана методика выбора и обоснованы параметры технологии открытой разработки техногенных образований из отходов переработки золотосодержащих руд.

В целом, представленная к защите работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Залевская Каролина Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном научном семинаре кафедры разработки месторождений открытым способом

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет» 16 августа 2022 г., протокол № 322.

Заведующий кафедрой разработки месторождений открытым способом, профессор, доктор технических наук.
Тел./факс +7 (343) 283-09-67
e-mail: gtf.rmos@m.ursmu.ru



Ю.И. Лель

«16» августа 2022г.

Отзыв составили:

1. Лель Юрий Иванович – профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой разработки месторождений открытым способом.

Лель Юрий Иванович согласен на обработку персональных данных.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет» (ФГБОУ ВО «УГГУ»)

Адрес: 620144, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30

Телефон: +7 (343) 283-06-06, 283-05-97

E-mail: www.ursmu.ru