



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА

Уральского отделения Российской академии наук
(ИГД УрО РАН)

Мамина-Сибиряка ул., д. 58, Екатеринбург, 620075
тел. (343)350-21-86, факс (343)350-21-11
e-mail: direct@igduran.ru, http://igduran.ru
ОКПО 00190466, ОГРН 1026604961349,
ИНН/КПП 6660004669/667001001

№ _____
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИГД УрО РАН,
доктор технических наук

И.В. Соколов

« 11 » июня 2024 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Институт горного дела Уральского отделения

Российской академии наук (ИГД УрО РАН)

на диссертацию Джаппуева Руслана Камаловича на тему

**«Разработка технико-технологических решений по вовлечению в эксплуатацию
техногенных образований Тырнаузского вольфрам-молибденового
комбината», представляемую на соискание ученой степени кандидата
технических**

по специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины»

В Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук представлена диссертация, изложенная на 166 страницах машинописного текста, включая 17 таблиц и 40 рисунков, состоящая из введения, четырех глав, выводов по главам, заключения и основных результатов, списка использованной литературы, насчитывающего 99 наименований, а также автореферат диссертации. По результатам обсуждения материалов диссертации на расширенном научном семинаре Лаборатории геодинамики и горного давления (протокол № 01/06 от 7 июня 2024 г.) принято следующее заключение.



Система менеджмента качества ИГД УрО РАН признана соответствующей
требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и стандарта ISO 9001:2015.
Система менеджмента сертифицирована Русским Регистром



1. Актуальность работы. Диссертация Джаппуева Руслана Камаловича направлена на решение актуальной задачи эффективного и экологически безопасного освоения техногенного сырья Тырныаузского месторождения вольфрамо-молибденовых руд с оценкой перспектив использования отходов в качестве заполнителя в составе закладочной смеси при отработке камерных запасов на различных стадиях доработки месторождения.

Перспективность применения техногенного сырья в различных сферах промышленности очевидна, поскольку это позволяет одновременно решать целый ряд экономических, социальных и экологических проблем, связанных с необходимостью снижения себестоимости добычи руд, извлекаемых из недр, увеличения темпов добычи полезных ископаемых при постоянном ухудшении горно-геологических условий добычи; улучшения условий труда, особенно при эксплуатации глубокозалегающих залежей; вовлечения в хозяйственный оборот больших площадей земель, занятых отходами производства, снижения негативного воздействия на окружающую среду, связанных с миграцией тяжёлых металлов и солей в концентрациях, нередко превышающих допустимые нормы. Поскольку возобновление освоения запасов вольфрамо-молибденовых руд Тырныаузского месторождения является стратегической задачей по обеспечению страны ключевыми металлами, необходимо сформировать комплексный подход к вовлечению в эксплуатацию отходов хвостохранилищ Тырныаузского комбината с обоснованием технологических параметров их применения в закладке выработанного пространства подземного рудника.

Таким образом, актуальность тематики диссертационной работы, обусловленная необходимостью формирования комплексных решений по вовлечению в эксплуатацию техногенного сырья при доработке запасов Тырныаузского месторождения в уникальном природоохранном регионе Северного Кавказа, очевидна.

2. Общая характеристика работы. Диссертация посвящена разработке технико-технологических решений по вовлечению в эксплуатацию техногенного



сырья хвостохранилищ Тырныаузского комбината с разработкой технологий его экологически безопасного использования для обеспечения ускорения эффективной доработки одноименного месторождения.

Поставленная в работе цель достигнута на базе установленных закономерностей распределения отходов переработки вольфрамо-молибденовых руд в хвостохранилище и выявления особенностей термических процессов их преобразования для использования в закладке выработанного пространства – как основы обоснования параметров технологии доработки руд Тырныаузского месторождения с учетом стадийности их извлечения.

В ходе выполнения диссертационной работы на основе анализа опыта промышленного использования отходов обогащения многокомпонентных руд и оценки масштабов накопления техногенного сырья Тырныаузского месторождения определены факторы, способствующие вовлечению в эксплуатацию хвостов переработки вольфрамо-молибденовых руд, по итогам выявления которых предложена систематизация экологических рисков хранения отходов в районе Приэльбрусья на Северном Кавказе. В диссертации исследован вещественный состав и структура хранилища лежалых отходов Тырныаузского вольфрамо-молибденового комбината с целью обоснования параметров освоения техногенного сырья на этапе доработки запасов месторождения. Реализация проведенного комплекса исследований позволила предложить рациональные и обоснованные технологические решения по комплексному освоению природных и техногенных запасов Эльбрусского ГОКа и обосновать параметры горнотехнической системы при разработке месторождения с оценкой эколого-экономической эффективности разработанных технико-технологических рекомендаций. Автором поставлен и в полной мере решен комплекс задач по заявленной тематике, что свидетельствует о завершенности представленной к защите диссертации.

В первой главе диссертации представлен анализ мирового опыта вовлечения в эксплуатацию техногенного минерального сырья и разработки перспективных технологических решений комплексного освоения техногенных



образований из отходов переработки многокомпонентных руд; выполнена оценка горно-геологической условий формирования, хранения, объемов накопления хвостов Тырныаузского хвостохранилища с целью формирования подхода к вовлечению в эксплуатацию техногенных запасов, применительно к условиям отработки Тырныаузского месторождения.

Проведенный анализ поставленной в первой главе диссертации задачи исследования позволил сформулировать цель, основную идею работы и определить методы исследования.

Во второй главе дано научно-методическое и нормативно-правовое обоснование технологии освоения техногенных образований из отходов добычи и переработки многокомпонентных руд в условиях горной местности. Предложена промышленная классификация техногенных минеральных образований из отходов обогащения молибденовых и вольфрамовых руд, основанная на специфических особенностях вещественного состава, состояния отходов и структуры хранилища отходов переработки вольфрамо-молибденовых руд. На базе оценки условий складирования техногенного сырья в гористой местности произведена систематизация природных и техногенных экологических рисков хранения отходов переработки многокомпонентных руд в высокогорных горнопромышленных регионах. Систематизированы условия и факторы, препятствующие эффективной и безопасной эксплуатации лежалых хвостов, складированных в хвостохранилищах Тырныаузской обогатительной фабрики.

В третьей главе диссертации изложены результаты комплексного исследования вещественного состава техногенного сырья Тырныаузской обогатительной фабрики, результаты проведения лабораторных и опытно-промышленных испытаний извлечения ценных компонентов из лежалых хвостов обогащения руд, выполнено исследование процессов и обоснование параметров технологий рециклинга и вторичного использования техногенного сырья. Исследованы вяжущие свойства лежалых хвостов Тырныаузского месторождения с низким содержанием ценных компонентов с целью их утилизации в закладке выработанного пространства подземного рудника.



В четвертой главе проведена технико-экономическая оценка эффективности разработанных технико-технологических решений и организационных мер по вовлечению в эксплуатацию отходов Тырныаузского горно-обогатительного комбината. На базе результатов выполненных исследований разработаны технологические схемы закладки и обоснован оптимальный состав закладочной смеси на основе хвостов обогащения вольфрамо-молибденовых руд для доработки оставшихся запасов Тырныаузского месторождения.

Развиты представления о возможности комплексного использования лежалых хвостов в закладке выработанного пространства Тырныаузского рудника на базе сопоставимой оценки вещественного состава, структуры и технологических свойств сырья в хвостохранилище, что позволило автору диссертации выявить закономерности, определяющие возможность реализации предложенных технико-технологических решений по выемке, транспортированию и рациональной утилизации техногенного сырья в рамках освоения месторождения в экологически охраняемых горнопромышленных регионах с обеспечением промышленной, экологической и экономической эффективности доработки запасов Тырныаузского рудника.

Автором диссертации поставлен и в полной мере решен комплекс задач по заявленной тематике, что свидетельствует о завершенности представленной к защите диссертации.

3. 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. Ускорение и обеспечение эффективности и безопасности доработки Тырныаузского месторождения вольфрамо-молибденовых руд с решением экологических проблем природоохранного высокогорного региона достигается путём применения для твердеющей закладки камер лежалых хвостов обогащения Тырныаузской фабрики на основе районирования массива хвостохранилища по вещественному составу с активизацией вяжущей активности хвостов,



извлеченных из прудковой зоны, путем обжига при температуре 750 градусов и последующей механоактивации.

По результатам комплексного исследования техногенного сырья Тырнаузской обогатительной фабрики и обоснования технологических параметров извлечения ценных компонентов предложена концепция доработки месторождения вольфрамо-молибденовых руд, в основу которой заложена реализация идеи об использовании лежалых хвостов обогащения для формирования закладочной смеси, выбор составов которой базируется на использовании установленных закономерностей формирования собственной вяжущей активности хвостов при обжиге. Проведенный термогравиметрический анализ техногенного сырья показал, что при обжиге при температуре 750 °С происходит наиболее интенсивная потеря массы вещества, что свидетельствует о преобразовании именно при этой температуре минеральных форм и возможности получения собственной вяжущей активности исходных хвостов обогащения после обжига при такой температуре.

2. Подбор составов твердеющей закладочной смеси следует производить дифференцированно в зависимости от мощности обрабатываемых залежей и стадийности извлечения камер с учетом установленной динамики набора прочности закладочной смесью на основе исходных и обожжённых хвостов обогащения прудковой зоны с добавлением при необходимости цемента в установленных пропорциях.

С учетом принятой в проекте этажно-камерной системы, стадийности и очередности отработки запасов и по результатам испытаний образцов закладочной смеси, приготовленных на основе лежалых хвостов обогащения Тырнаузского месторождения с варьированием расхода цемента обожженных и необработанных отходов обогащения руд, отобранных из пляжной и прудковой зон, достигнуты заданные прочностные характеристики твердеющего закладочного массива в требуемые сроки его обнажения при различной мощности дорабатываемых рудных тел. Установленные нормативы потерь и разубоживания определяют необходимость применения твердеющей закладочной смеси с заданной



нормативной прочностью, чтобы сократить разубоживание руды и сократить потери руды при извлечении камерных запасов.

3. При отработке рудных залежей мощностью до 20 м заполнение камер I стадии следует проводить закладочными смесями на основе хвостов обогащения, извлеченных из прудковой зоны, в равных пропорциях обожженных и исходных хвостов, с добавлением цемента 120-200 кг/м³ смеси в зависимости от длины камеры, при большей мощности залежей для заполнения выработанного пространства камеры I стадии следует применять безцементные смеси на основе обожженных хвостов обогащения, извлеченных из прудковой зоны.

4. Для заполнения камер II стадии отработки при мощности рудных залежей до 15 м заполнение выработанного пространства камер следует производить закладочной смесью на основе в равных пропорциях обожженных и исходных хвостов обогащения прудковой зоны с добавлением 120 кг цемента, при мощности залегания 15-20 м рекомендуется безцементная закладка на основе обожженных хвостов прудковой зоны, а при мощности залегания свыше 20 м для закладки следует использовать хвосты пляжной зоны с укреплением верхнего слоя в камере высотой 1 м составом с добавлением цемента 100 кг/м³ смеси.

По результатам испытаний составов закладочной смеси на основе изучения особенностей лежалых отходов обогащения вольфрамо-молибденовых руд составе закладочной смеси в динамике набора прочности и моделирования напряженно-деформированного состояния техногенно измененного массива с учетом стадийности отработки запасов установлено, что при отработке камер, мощностью до 20 м, заполнение камер I стадии следует проводить закладочными смесями на основе хвостов обогащения, извлеченных из прудковой зоны в равных пропорциях обожженных и исходных хвостов, с расходом цемента 120-200 кг/м³; при большей мощности камеры I очереди следует применять безцементные смеси на основе обожженных хвостов обогащения, извлеченных из прудковой зоны.

Заполнение камер II очереди отработки, при мощности рудных залежей до 15 м, следует производить закладочной смесью на основе обожженных и исходных хвостов обогащения прудковой зоны в равных пропорциях с



добавлением 120 кг цемента; при мощности залегания 15-20 м, рекомендуется безцементная закладка на основе обожжённых хвостов прудковой зоны; а при мощности залегания свыше 20 м, для закладки следует использовать хвосты пляжной зоны с укреплением верхнего слоя в камере, высотой 1 м, составом с добавлением цемента 100 кг/м³ смеси.

4. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов. К наиболее значимым научным и практическим результатам диссертации относят следующие:

1. На базе установленных особенностей вещественного состава руд и вмещающих пород, минеральной формой главных рудных и попутных компонентов обоснована технология утилизации отходов обогащения молибденовых и вольфрамовых руд с обеспечением их использования для эффективной, промышленной и экологически безопасной доработки месторождения;

2. Доказано, что ускорение и обеспечение эффективности доработки Тырнаузского месторождения вольфрама-молибденовых руд с решением экологических проблем природоохранного высокогорного региона достигается путём применения для твердеющей закладки камер лежалых хвостов обогащения Тырнаузской фабрики на основе районирования массива хвостохранилища по вещественному составу с активацией вяжущей активности хвостов, извлеченных из прудковой зоны, путем обжига при температуре 750 градусов и механоактивации;

3. Показано, что подбор составов твердеющей закладочной смеси следует производить дифференцированно в зависимости от мощности отрабатываемых залежей и стадийности извлечения камер с учетом установленной динамики набора прочности закладочной смесью на основе исходных и обожжённых хвостов обогащения прудковой зоны с добавлением при необходимости цемента в установленных пропорциях;

4. Впервые подтверждено, что при отработке рудных залежей мощностью до 20м заполнение камер I стадии следует проводить закладочными



смесями на основе хвостов обогащения, извлеченных из прудковой зоны в равных пропорциях обожженных и исходных, с добавлением цемента 120-200 кг/м³ смеси в зависимости от длины камеры, при большей мощности залежей для заполнения выработанного пространства камеры I стадии следует применять безцементные смеси на основе обожженных хвостов обогащения, извлеченных из прудковой зоны;

5. Доказано, что для заполнения камер II стадии отработки при мощности рудных залежей до 15 м следует производить закладочной смесью на основе обожженных и исходных хвостов обогащения прудковой зоны в равных пропорциях с добавлением 120 кг цемента; при мощности залегания 15-20 м рекомендуется безцементная закладка на основе обожженных хвостов прудковой зоны, а при мощности залегания свыше 20 м для закладки следует использовать хвосты пляжной зоны с укреплением верхнего слоя в камере высотой 1 м составом с добавлением цемента 100 кг/м³ смеси;

6. Установлено, что увеличение совокупного дохода при освоении месторождения от реализации предложенных технико-технологических решений составит 618 183,4 млн руб.

Таким образом, реализация предложенных технологических решений по утилизации техногенных отходов вольфрама-молибденовых руд в закладке выработанного пространства Эльбрусского рудника позволит эффективно решать вопросы, связанные с освоением месторождений во многих экологически охраняемых горнопромышленных регионах и обеспечить эффективность доработки запасов рудников.

5. 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» от 13 декабря 2011 г. 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.

6. Полнота опубликования результатов диссертации

В полном объеме реализована и отражена в результатах и публикациях. Основные результаты, положения и рекомендации диссертации апробированы и получили одобрение узкопрофильными специалистами в горной области на международных, всероссийских конференциях и симпозиумах, отражены в 8 публикациях, из которых 5 статей опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Полученные в диссертации результаты рекомендуется использовать научно-исследовательским, проектным институтам и действующим горнодобывающим предприятиям, предусматривающим в проектных решениях на стадиях доработки запасов месторождения возведение закладочного массива на основе использования в составе закладочной смеси отходов переработки руд.

8. Замечания по диссертации и автореферату. Рассматриваемая на семинаре диссертационная работа, безусловно, имеет научную ценность и практическую значимость для большинства горнодобывающих предприятий, столкнувшихся с масштабами накопленных техногенных отходов добычи и переработки руд на заключительных стадиях освоения месторождения, и несомненно вызывает определенный интерес. Однако по содержанию работы имеются следующие замечания:

1. Из содержания автореферата не понятно, оценены ли общие накопленные запасы хвостохранилища №2, необходимые для закладки выработанного пространства Тырнаузского рудника, и какой объем хвостов требует подготовки путем обжига, а какой может быть использован без дополнительной подготовки.
2. В работе не определена технология обжига хвостов обогащения и состав применяемого оборудования.



3. В диссертации не исследован состав вредных выбросов газов при обжиге хвостов и не дана оценка их влияния на состояние воздушной атмосферы в регионе.

4. В диссертации следовало уточнить логистическую схему доставки хвостов и приготовленной закладочной смеси в выработанное пространство подземного рудника.

Заключение. Представленная на отзыв диссертационная работа на тему «Разработка технико-технологических решений по вовлечению в эксплуатацию техногенных образований Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината», представляемую на соискание ученой степени кандидата технических по специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической ценностью.

Разработанная автором методика обоснования схемы и состава закладочной смеси на основе использования отходов обогащения Тырнаузского комбината нашла практическое применение при разработке проектных решений в части доработки оставшихся запасов одноименного месторождения.

Диссертация Джаппуева Р.К. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения по добыче и комплексной переработки отходов вольфрамо-молибденовых руд с целью эффективной экологически безопасной доработки запасов месторождения, имеющие как научное, так и прикладное значение для развития горно-металлургического и оборонительного комплекса России.

Представленная к защите диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует требованиям, предъявляемым в п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Джаппуев Руслан Камалович, заслуживает присуждения ученой степени



кандидата технических наук по специальностям 2.8.8. «Геотехнология, горные машины».

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

Диссертационная работа и отзыв ведущей организации рассмотрены и одобрены на расширенном научном семинаре лаборатории геодинамики и горного давления Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук» от 07 июня 2024 г., протокол № 01/06.

Ведущий научный сотрудник
д-р техн. наук, проф.
Тел./ факс
e-mail: zoteev.o@mail.ru

Зотеев О.В.

Зав.лаб. геодинамики и горного давления
канд. техн. наук
Тел./ факс
e-mail: Krin@igduran.ru

Криницын Р.В.

«11» июня 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН)
Адрес: 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58
Телефон: +7 (343) 350-21-86
E-mail: www.igduran.ru

Подписи должность, ученая степень, ФИО заверяю.

Начальник отдела кадров
ИГД УрО РАН

Подпись
М.П.

Коптелова С.В.

