

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А Байконурова

Кафедра «Горное дело»

Тұрсынхан Бакдаулет Арқабайұлы

Повышение качества дробления на основе учета газодинамических процессов в зарядной
полости при разработке сложноструктурных рудных тел

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

7М07203 – «Горная инженерия»

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А Байконурова

УДК 622.24

На правах рукописи

Тұрсынхан Бакдаулет Арқабайұлы

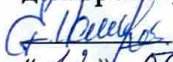
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

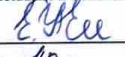
Название диссертации «Повышение качества дробления на основе учета газодинамических процессов в зарядной полости при разработке сложноструктурных рудных тел»

Направление подготовки 7M07203 – «Горная инженерия»

Научный руководитель
доктор PhD, профессор-исследователь

 Искаков Е.Е.
« 12 » 06 2025 г.

Рецензент
канд.техн.наук, ассоц.профессор,

 Ельжанов Е.А.
« 12 » 06 2025 г.

Нормоконтролер
ведущий инженер

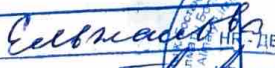
 Мендекинова Д.С.
« 10 » 06 2025 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
«Горное дело»

д-р техн.наук, профессор
 Молдабаев С.К.

« 14 » 06 2025 г.

Подпись  Ельжанов Е.А.
завещаю
HR департамент
« 10 » 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева»

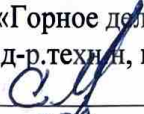
Горно-металлургический институт имени О.А Байконурова

Кафедра «Горное дело»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой,
«Горное дело»

д-р.техн.н, профессор

 С.К.Молдабаев
«03» » 01 2025 г.

ЗАДАНИЕ

На выполнение магистерской диссертации

Магистранту: Турсынхан Бакдаулет Аркабайұлы

Тема: «Повышение качества дробления на основе учета газодинамических процессов в зарядной полости при разработке сложноструктурных рудных тел»

Утверждена приказом ректора университета № 548-ПӨ от «04» декабря 2023 г.

Срок сдачи законченной диссертации: «1а» 05 2025г.

Исходные данные к магистерской диссертации: АО «АК Алтыналмас», план горных работ «Пустынное» (ППР) за 2023;

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) Анализ технологии буровзрывных работ на карьерах (в том числе действующих на момент написания работы) Пустынное горно-обогатительного комбината;

б) Анализ влияние газодинамических процессов на качество дробления;

в) Разработка рекомендаций по модернизации технологии буровзрывных работ на основе учета газодинамических процессов при разработке сложноструктурных рудных тел;

г) Проведение технико-экономического анализа для повышение качества дробления.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

а) Распределение газодинамического давления для скважин с диаметром 216 мм и 165 мм;

б) Сечение по горизонтали а) для скважин с глубиной 5.8 метров и б) для скважин глубиной 11 метров.

Рекомендуемая основная литература:

1. АО «АК Алтыналмас», план горных работ «Пустынное» (ППР) за 2023

2. Кутузов, Б. Н. Взрывное разрушение горных пород / Б. Н. Кутузов. – Москва: Издательство «Недра», 2017. – 528 с.

3. Морозов, В. В. Влияние газодинамических параметров взрыва на степень дробления горной массы / В. В. Морозов, С. В. Баловцев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. – № 6. – С. 33-39.

4. Коптев В.Ю. Обоснование выбора транспортных машин горных предприятий / Горная техника, Изд. Дом «Славутич», 2012, С. 58-61.

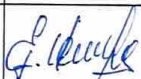
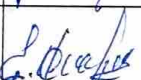
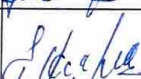
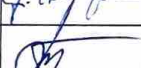
ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Анализ горно-геологических, гидрогеологических и технических условий Пустынного месторождения.	15.12.2024	
Анализ параметров буровзрывных работ на основе учета газодинамических процессов	01.04.2025	
Оптимизация технико-экономических показателей при буровзрывных работах	06.05.2025	
Анализ мероприятий по охране труда на месторождении Пустынное	17.05.2025	

Подписи

консультантов и норм контролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Геологическая часть	Е.Е.Искаков доктор PhD, профессор-исследователь	17.06.25г.	
Горная часть	Е.Е.Искаков доктор PhD, профессор-исследователь	17.06.25г.	
Экономическая часть	Е.Е.Искаков доктор PhD, профессор-исследователь	17.06.25г.	
Норм контролер	Д.С.Мендекинова ведущий инженер	10.06.25г.	

Научный руководитель



Е.Е. Искаков

Задание принял к исполнению обучающийся



Б.А. Тұрсынхан

Дата

« 17 » июня 2025 ж.

АНДАТПА

Магистрлік диссертация күрделі құрылымды кен денелерін игеру кезінде заряд қуысының газдинамикалық процестерін ескере отырып, жарылғыш жұмыстардың (ЖЖ) комбинациялық әдісін қолдана отырып, тау жыныстарының бұзылу сапасын арттыруды зерттеу және практикалық негіздеуге арналған.

Зерттеу нысаны ретінде күрделі геологиялық құрылысы, әртүрлі жарылыстары, қатты және әлсіз жыныстардың ауысуы сипатталатын Пустынное кен орны таңдалды, бұл тиімді жарылғыш жұмыстардың сызбаларын жобалауды айтарлықтай күрделендіреді. Зерттеудің негізгі мақсаты - түрлі заряд түрлерін біріктіру және әртүрлі газдинамикалық сипаттамалары бар жарылғыш заттардың энергетикалық потенциалын рационалды пайдалану арқылы бұзылу тиімділігін арттыру.

Жұмыс барысында аммонит 6ЖВ және эмульсиялы жарылғыш АВВ 70/30 сияқты бірнеше түрдегі жарылғыш заттарды қолдануды, сондай-ақ биіктік бойымен негізгі, қосалқы және таралған зарядтарды қамтитын әртүрлі заряд орналастыру сызбаларын пайдалануды көздейтін комбинациялық жарылғыш әдіс таңдалды. Сонымен қатар, әдіс әртүрлі төсем түрлері мен тығыздықтарын есепке алады.

Жарылғыш заттардың газдинамикалық сипаттамалары – детонация қысымы, бөлінетін газ көлемі және жарылыс өнімдерінің температурасы – салыстырмалы түрде талданды. Жарылыс энергиясының таралуына тау жыныстарының геомеханикалық қасиеттерінің әсері ескерілді, бұл әртүрлі жарылыстары мен ауысып отыратын литотиптері бар жағдайда жұмыс істеуде аса маңызды.

Биіктігі 5 м болатын кен және 10 м болатын жабынды беткейлер үшін 165 мм және 210 мм диаметрлі ұңғымалар қолданып, жарылғыш жұмыстардың параметрлері әзірленді. Жарылған тау жыныстарының гранулометриялық құрамының есебі жүргізілді, бұл ұсынылған әдістің тиімділігін сандық түрде бағалауға мүмкіндік берді. Комбинациялық тәсіл тау массивінің біркелкі әрі бақыланатын бұзылуын қамтамасыз етіп, үлкен қалыңдықтағы кускалардың көлемін азайтып, екінші жарылысқа кететін шығындарды төмендетуге мүмкіндік беретіні анықталды.

Зерттеу нәтижелері жарылыс газдинамикасын ескере отырып, комбинациялық әдісті қолдану жарылғыш жұмыстардың сапасы мен қауіпсіздігін кешенді түрде арттыруға ықпал ететінін растайды. Ұсынылған техникалық және технологиялық шешімдер ұқсас геологиялық жағдайлары бар кен орындарында кеңінен енгізуге ұсынылады.

Алынған материалдар жарылғыш жұмыстарды жобалау, жарылғыш заттарды таңдау, сондай-ақ күрделі жағдайларда жарылғыш жұмыстарды жүргізу бойынша нұсқаулықтар мен нормативтік құжаттарды әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация посвящена исследованию и практическому обоснованию повышения качества дробления горной массы при разработке сложноструктурных рудных тел на основе учета газодинамических процессов в зарядной полости с применением комбинированного метода буровзрывных работ (БВР).

Объектом исследования выбрано Пустынное месторождение, отличающееся сложным геологическим строением, переменной трещиноватостью, чередованием прочных и слабых пород, что существенно усложняет проектирование эффективных схем буровзрывных работ. Основной задачей исследования стало повышение эффективности дробления путем сочетания различных типов зарядов и рационального использования энергетического потенциала взрывчатых веществ с различной газодинамической характеристикой.

В ходе работы был выбран комбинированный метод буровзрывных работ, который предусматривает использование нескольких типов взрывчатых веществ, таких как аммонит 6ЖВ и эмульсионный АБВ 70/30, а также разнообразные схемы расположения зарядов по высоте уступа, включая основные, вспомогательные и распределённые заряды. Кроме того, метод учитывает различные варианты способа и плотности забойки.

Проведен сравнительный анализ газодинамических характеристик взрывчатых веществ, включая давление детонации, объем выделяющихся газов и температуру продуктов взрыва. Учтено влияние геомеханических свойств массива на распространение энергии взрыва, что особенно важно при работе в условиях изменчивой трещиноватости и чередующихся литотипов.

Разработаны параметры БВР для рудных уступов высотой 5 м и вскрышных уступов высотой 10 м с использованием скважин диаметром 165 мм и 210 мм соответственно. Выполнены расчеты гранулометрического состава взорванной горной массы, что позволило количественно оценить эффективность предлагаемого метода. Установлено, что комбинированный подход позволяет достичь более равномерного и контролируемого разрушения массива, уменьшить объем негабаритных кусков и снизить затраты на вторичное дробление.

Результаты исследования подтверждают, что применение комбинированного метода с учетом газодинамики взрыва обеспечивает комплексное повышение качества и безопасности буровзрывных работ. Предложенные технические и технологические решения могут быть рекомендованы для широкого внедрения на месторождениях с аналогичными геологическими условиями.

Полученные материалы могут быть использованы при проектировании БВР, выборе ВВ, а также при разработке инструкций и нормативных документов, регламентирующих ведение взрывных работ в сложных условиях.

ABSTRACT

The master's thesis is dedicated to the investigation and practical substantiation of improving the quality of rock mass fragmentation during the development of structurally complex ore bodies based on the consideration of gas-dynamic processes within the charge cavity, employing a combined blasting method.

The object of study is the Pustynnoe deposit, characterized by a complex geological structure, variable fracturing, and alternating hard and weak rock layers, which significantly complicates the design of effective blasting schemes. The main research objective was to enhance fragmentation efficiency through the combination of various charge types and the rational use of the energetic potential of explosives with differing gas-dynamic characteristics.

In the course of the study, a combined blasting method was selected, which involves the use of multiple types of explosives, such as Ammonite 6JV and emulsion explosive ABB 70/30, as well as diverse charge placement schemes along the bench height, including main, auxiliary, and distributed charges. Additionally, the method accounts for variations in stemming methods and densities.

A comparative analysis of the gas-dynamic characteristics of the explosives was carried out, including detonation pressure, volume of gases released, and temperature of explosion products. The influence of the geomechanical properties of the rock mass on the propagation of explosive energy was taken into account, which is especially important when working under conditions of variable fracturing and alternating lithotypes.

Blasting parameters were developed for ore benches with a height of 5 meters and overburden benches with a height of 10 meters, using boreholes with diameters of 165 mm and 210 mm, respectively. Calculations of the granulometric composition of the blasted rock mass

were performed, allowing a quantitative assessment of the proposed method's effectiveness. It was established that the combined approach enables more uniform and controlled rock mass fragmentation, reduces the volume of oversize fragments, and decreases the costs associated with secondary crushing.

The research results confirm that the application of the combined method, considering the gas-dynamics of the explosion, ensures a comprehensive improvement in the quality and safety of blasting operations. The proposed technical and technological solutions can be recommended for wide implementation in deposits with similar geological conditions.

The obtained materials may be used in the design of blasting operations, the selection of explosives, as well as in the development of guidelines and regulatory documents governing blasting practices in complex conditions.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Общие сведения месторождения «Пустынное»	12
1.1 Геоэкономическая характеристика территории месторождения	12
1.2 Анализ геологического строения района	13
1.2.1 Стратиграфическое строение	13
1.2.2 Характеристика интрузивных пород	16
1.2.3 Тектоническое строение	17
1.2.4 Морфологическая характеристика рудных тел	18
1.3 Геологическое строение месторождения	20
1.3.1 Физико-механические свойства руд: объёмная масса, пористость и влажность	22
1.4 Гидрогеологическая характеристика месторождения	23
1.5 Инженерно-геологическая характеристика месторождения	24
2 Горная часть	26
2.1 Критерии выбора способа разработки	26
2.2 Характеристика границ и параметров карьера	26
2.3 Обоснование потерь и разубоживания полезного ископаемого	27
2.4 Организация рабочего времени предприятия	29
2.5 Выбор системы вскрытия месторождения	30
2.6 Система разработки	30
2.6.1 Выбор и обоснования системы разработки	30
2.7 Технология буровзрывных работ	31
2.7.1 Характеристики буровзрывных работ и параметры скважин	31
2.8 Расчет параметров БВР	33
2.9 Газодинамические процессы в зарядной полости и их влияние на эффективность дробления горной массы	38
2.9.1 Общие положения о газодинамике взрывного процесса	38
2.9.2 Этапы развития газодинамических процессов после детонации	38
2.9.3 Уравнение состояния детонационного газа (уравнение Джонса–Уилкинса–Ли)	39
3 Промышленная безопасность и охрана труда	42
3.1 Общие требования	42
3.2 Промышленная безопасность при открытых горных работах: строительство и эксплуатация объектов	43
3.3 Организация готовности к ликвидации аварийных ситуаций	45
3.4 Технические и организационные меры по обеспечению безопасности при ведении горных работ	46
3.5 Технические и организационные меры по безопасной эксплуатации перегрузочных узлов	48
3.6 Технические и организационные меры по безопасному выполнению буровзрывных работ	49
3.6.1 Специфика организации и выполнения массовых взрывов	51
3.6.2 Технология и безопасность при ликвидации отказавшихся зарядов	52
3.7 Механизация процессов горных работ	53
3.8 Технические и организационные меры безопасности при эксплуатации буровых станков	55
3.9 Технические и организационные мероприятия по безопасности экскаваторных работ	56

3.10	Технические и организационные мероприятия по безопасности эксплуатации бульдозеров	58
3.11	Технические и организационные меры повышения безопасности карьерного автотранспорта	58
4	Экономический часть	61
Заключение		
Список использованной литературы		
Приложение А		

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние горнодобывающей отрасли характеризуется необходимостью повышения эффективности и безопасности всех этапов добычи полезных ископаемых, особенно в условиях разработки сложноструктурных рудных тел. Одним из наиболее ресурсоёмких и технологически значимых этапов является буровзрывная подготовка массива, от качества выполнения которой зависит эффективность последующих технологических операций — транспортировки, дробления и переработки горной массы.

В настоящее время наблюдается недостаточная адаптация традиционных методов проектирования буровзрывных работ (БВР) к условиям разработки нарушенных, неоднородных, трещиноватых и перемежающихся по мощности рудных тел. Применение типовых схем зарядки и расчетов без учета реальных физико-механических свойств пород и внутренней структуры массива приводит к неравномерному дроблению, перерасходу взрывчатых веществ и увеличению удельных затрат на единицу добычи.

Актуальность настоящей работы заключается в необходимости совершенствования методов проектирования и проведения буровзрывных работ на основе учета газодинамических процессов, протекающих в зарядной полости. Эти процессы во многом определяют эффективность передачи энергии взрыва в массив, а, следовательно, и характер разрушения горной массы. Повышение качества дробления позволяет не только снизить затраты на вторичное дробление, но и способствует сокращению общего производственного цикла.

Целью данной работы является повышение качества дробления горной массы при проведении буровзрывных работ за счёт учета газодинамических процессов в зарядной полости в условиях сложноструктурного строения рудных тел.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- анализ современного состояния буровзрывных технологий и их применимости к разработке сложно построенных рудных тел;
- изучение геолого-структурных особенностей исследуемого месторождения;
- выбор и обоснование типов взрывчатых веществ с различными газодинамическими характеристиками;
- расчет параметров буровзрывных работ с учетом моделирования процессов в зарядной полости;
- сравнительная оценка качества дробления горной массы при различных схемах зарядки.

Научная новизна работы заключается в интеграции газодинамического подхода к расчету и оценке эффективности буровзрывных работ с учётом специфики геологического строения массива. Предложены подходы к

оптимизации конструкции зарядов, способствующие повышению качества дробления при разработке неоднородных рудных тел.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых в области взрывного дела, механики разрушения, геомеханики и моделирования газодинамических процессов, а также нормативно-технические документы, регламентирующие проведение БВР.

Практической базой работы послужили материалы по геолого-структурному строению Пустынного месторождения, результаты натурных наблюдений, производственные данные по применению различных схем зарядки, а также результаты моделирования и анализа эффективности взрывных работ при использовании различных типов ВВ.

Необходимость выполнения настоящей работы обусловлена растущими требованиями к рациональному использованию минерально-сырьевых ресурсов, необходимости снижения затрат и повышения эффективности технологических процессов при разработке сложных по строению месторождений.

1 Общие сведения о месторождения «Пустынное»

1.1 Геоэкономическая характеристика территории месторождения

Золоторудное месторождение Пустынное расположено в Актогайском районе Карагандинской области, приблизительно в 100 км восточнее города Балхаш и в 25 км севернее железнодорожной станции Акжайдак, расположенной на линии Балхаш – Актогай. Географически месторождение размещается в пределах планшета L-43-45-A, координаты его центра составляют $46^{\circ}57'40''$ северной широты и $76^{\circ}03'09''$ восточной долготы. Сообщение с Балхашем обеспечивается автотранспортом: около 50 км дороги имеют асфальтовое покрытие, оставшаяся часть – грейдерная. Подъезд к железнодорожной станции осуществляется также по грейдерной (рисунок 1.1) дороге.

Климат территории резко континентальный, с суровой малоснежной зимой и жарким сухим летом. Годовая сумма осадков невелика, наблюдается выраженный дефицит влаги. Среднегодовая температура составляет $+8...+10^{\circ}\text{C}$, при этом в январе фиксируются минимальные температуры до $-40...-45^{\circ}\text{C}$, а в июле максимальные значения могут достигать $+45^{\circ}\text{C}$. Испаряемость с водной поверхности варьируется от 1200 до 1300 мм в год. Глубина сезонного промерзания грунтов составляет 0,9–1,1 м. Снежный покров имеет высоту 15–30 см, водный эквивалент снега – 40–50 мм.

Объем атмосферных осадков в среднем составляет около 121 мм в год, варьируясь от 57 до 219 мм. Эффективные осадки – в пределах 59–65 мм. Основной вклад в формирование поверхностного и подземного стока вносят зимне-весенние осадки.

Регион характеризуется выраженной ветровой активностью. Преобладающими направлениями ветров являются северо-восточные, средняя скорость ветра достигает 5,2 м/с.

Гидрографическая сеть развита слабо и представлена временными водотоками, возникающими в весенний период. Наиболее близким постоянным водным объектом является река Тоқырау, протекающая в 65 км западнее месторождения. Подземные воды аллювиальных отложений её долины являются основным источником водоснабжения Балхашского промышленного узла.

Почвы территории – щебнисто-суглинистые, местами засоленные. Растительность типична для пустынной и полупустынной зоны, представлена низкорослыми кустарниками (баялыч), степной полынью и ковылем. К концу мая растительность практически полностью выгорает.

Энергоснабжение ГМП «Пустынное» обеспечивается от высоковольтной линии электропередачи Балхаш – Саяк, проходящей в 12 км к югу от месторождения.

Месторождение Пустынное служит сырьевой базой одноимённого горно-металлургического предприятия, входящего в состав АО «АК Алтыналмас» и расположенного в непосредственной близости от объекта. В 3 км к востоку расположено месторождение Карьерное с аналогичным типом

руд, рассматриваемое как стратегический резерв сырьевой базы. Также в 12 км к востоку находится месторождение Долинное кварцево-жильного типа.

Обеспечение квалифицированными кадрами возможно за счёт трудовых ресурсов, сосредоточенных в близлежащих промышленных центрах – городах Балхаш и Караганда, где горнорудная промышленность является ведущей отраслью.

Горно-металлургическое предприятие «Пустынное» включает в себя карьер по добыче золосодержащих руд, золотоизвлекательную фабрику, а также объекты производственной и социальной инфраструктуры: вахтовый поселок, ремонтно-механические мастерские, боксы для техники, системы водо- и энергоснабжения и другие вспомогательные сооружения[1].

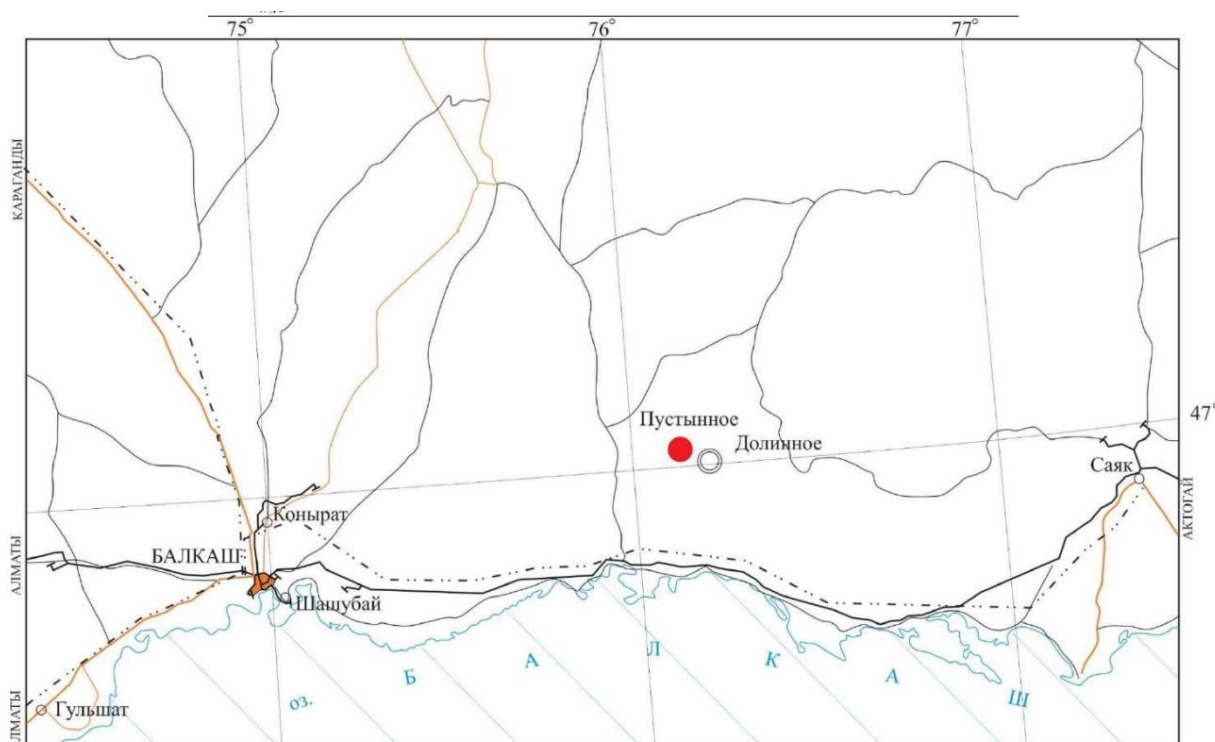


Рисунок 1.1 - Обзорная карта района месторождения «Пустынное»

1.2 Анализ геологического строения района

1.2.1 Стратиграфическое строение

Месторождение Пустынное приурочено к южной части Иткудук-Бактайской зоны смятия и расщеливания, расположенной на стыке двух региональных тектонических структур – Казык-Итмурундинского антиклинория и Котанбулакского синклинория (рисунок 1.2) [1].

Геологическое строение рудного поля характеризуется участием разновозрастных и различно дислоцированных толщ, включающих отложения верхнепротерозойско-кембрийского, силурийского, девонского, пермского

возраста и каменноугольного. Существенную долю площади (около 20 %) занимают рыхлые образования кайнозойского времени.

Верхнепротерозойско-кембрийские образования представлены породами итмурундинской и казыкской свит. Разрез итмурундинской свиты (PR_2-C) включает диабазовые порфириты, спилиты, полимиктовые песчаники, кремнистые породы, гравелиты и яшмы. Предполагаемая мощность данной свиты составляет не менее 1000 м.

Казыкская свита (C_1-2kz) залегает с размывом на породах итмурундинской свиты и распространена локально. Её литологический состав характеризуется преобладанием красноцветных яшм, в нижней части комплекса чередующихся с кремнистыми туффитами, алевролитами, песчаниками и гравелитами. В основании свиты находятся конгломераты и конгломерато-брекчии с включениями габброидов и плагиогранитов. Кроме того, фиксируются тела диабазовых силлов. Общая мощность свиты варьирует в пределах 600–700 м.

Породы силурийского возраста представлены нерасчленёнными отложениями нижнего силура (S_1), однородными в литологическом отношении: зелёновато-серые песчаники с прослоями алевролитов и аргиллитов бордово- и серовато-зелёной окраски. Максимальная мощность данных отложений не превышает 1200 м.

Девонские породы, распространённые в меньшей степени, приурочены к фаменскому ярусу (D_3fm) и представлены морскими терригенными отложениями. Они залегают в форме брахискладок с углами падения крыльев от 30 до 80°. Комплекс включает разнотернистые песчаники, алевролиты, алевропесчаники, известняки, а также прослои туфов смешанного состава. Мощность отдельных пачек и прослоев варьируется от нескольких сантиметров до десятков метров, суммарная мощность фаменского комплекса – от 70 до 300 м.

Отложения каменноугольной и пермской систем представлены осадочными образованиями турнейского яруса, тастыкудукской и кунгисаякской свит, которые слагают серию наложенных брахисинклиналей вдоль зоны глубокого разлома. Углы падения крыльев складок варьируются от 25–40° до 85°.

Внутри турнейского комплекса выделяются два подъяруса – нижний (C_1t_1) и верхний (C_1t_2). Нижнетурнейские породы характеризуются чередующимися слоями разнотернистых песчаников, алевролитов, алевропесчаников, гравелитов и туфов. Верхнетурнейский подъярус залегает согласно, и сложен аналогичными по составу породами. Общая мощность турнейских отложений составляет 250–470 м.

В центральной части исследуемой площади турнейский комплекс с выраженным угловым несогласием перекрывается толщами тастыкудукской свиты (C_2-3tk), включающей мелкогалечные конгломераты, средне- и крупнозернистые песчаники, а также прослои известняков. Мощность свиты достигает 100–300 м.

Кунгисаякская свита (C_3-P_1ks) занимает ограниченную территорию рудного поля. Её отложения залегают несогласно на породах фаменского и турнейского возраста. В её составе преобладают чередующиеся конгломераты, гравелиты и средне- и мелкозернистые песчаники. Мощность свиты может достигать 400 м.

Поверхностную часть рудного поля, в значительной степени, перекрывают рыхлые кайнозойские образования, приуроченные к четвертичной системе (Q_{III-IV}). Они представлены аллювиально-пролювиально-делювиальными отложениями мощностью до 5–10 м[1].

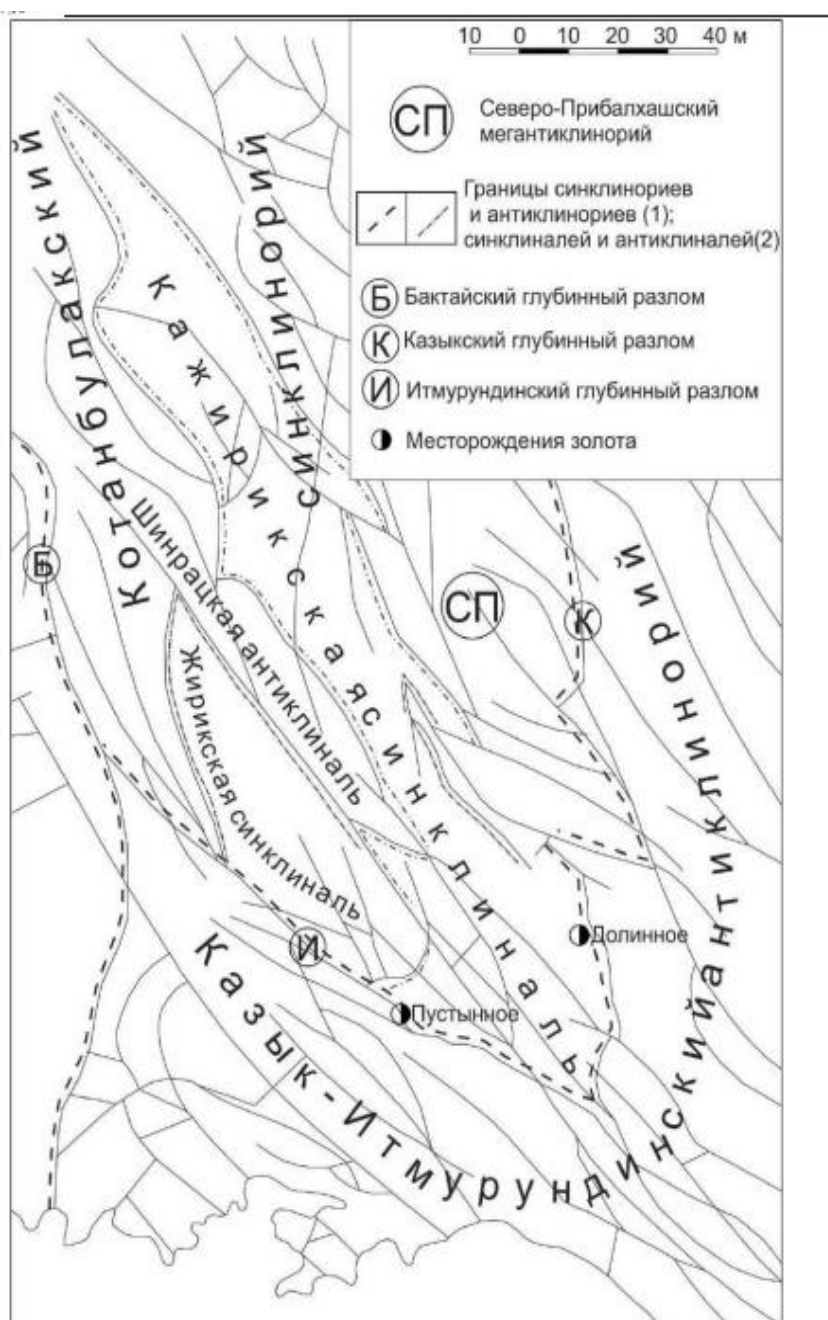


Рисунок 1.2 – Тектоническая схема района работ

1.2.2 Характеристика интрузивных пород

Интрузивные образования в пределах рудного поля месторождения Пустынное подразделяются на две основные группы.

Первая группа представлена наиболее древними по возрасту телами – позднепротерозойским габбро-перидотитовым интрузивным комплексом, занимающим значительную часть территории. В его состав входят массивы, сложенные преимущественно перидотитами, преобразованными в серпентиниты, а также пироксенитами ($v\sigma PR_3$). Развитие габбро (vPR_3) в пределах комплекса выражено в меньшей степени – они формируют сравнительно небольшие тела и массивы. Пространственно данные образования приурочены к центральной части Итмурундинской антиклинали, в пределах Бактай-Иткудукской зоны смятия, и приурочены к областям распространения итмурундинской и казыкской свит. Формирование и размещение интрузивных тел контролируется системой сопряжённых разломов северо-западного простирания. Породы комплекса характеризуются высокой степенью динамометаморфизма, что выражается в интенсивной брекчированности и перемятости. Во многих случаях выходы интрузивов представляют собой серпентинитовый меланж, в пределах которого тектонически внедрены глыбы габбро, базальтов и кремнистых пород, характерных для итмурундинской свиты.

Вторая группа интрузивов включает породы, отнесённые к условному саякскому интрузивному комплексу раннепермского возраста ($\gamma, \gamma\delta, \delta P_1 sk$), среди которых выделяются граниты, гранодиориты, гранит-порфиры, кварцевые диориты, а также дайки керсантитов и микродиорит-порфиров. Основная масса этих интрузивных образований (за исключением даек) формирует небольшие массивы и тела, внедрённые в породы итмурундинской свиты и габбро-перидотитового комплекса. Контактные зоны характеризуются преимущественно тектоническими и извилистыми границами с вмещающими породами. Большинство интрузивных тел подверглось интенсивному гидротермальному воздействию – наблюдаются процессы прокварцевания и пиритизации.

Дайки керсантитов и микродиорит-порфиров получили широкое развитие в пределах палеозойских осадочных толщ, особенно в районе участков Западный и Карьерный. Эти тела ориентированы преимущественно в северном и северо-восточном направлениях, залегают с крутым падением ($70-80^\circ$) на северо-восток и восток, перпендикулярно линии глубинного разлома. Протяжённость даек варьирует от нескольких десятков до 350 метров, а мощность – от 0,2 до 15 метров. Контактные зоны с вмещающими породами чёткие, резкие, сопровождаются зонами осветления и термической закалки. В местах наложения даек на зоны минерализации фиксируются проявления сульфидной минерализации и жильного кварца, что указывает на их пострудное происхождение (например, на участке Западный) [1].

1.2.3 Тектоническое строение

Площадь рудного поля месторождения Пустынное в тектоническом отношении приурочена к зоне сочленения двух крупных структур Северо-Балхашского мегантиклинория — Казык-Итмурундинского антиклинория и Котанбулакского синклинория. Эта зона попадает в сферу влияния Итмурундинского глубинного разлома, являющегося составной частью Иткудук-Бактайской зоны смятия.

Южная и юго-восточная части рудного поля сложены интрузивными образованиями позднепротерозойского габбро-перидотитового и раннепермского саякского комплексов. Эти породы разорваны многочисленными разломами, в результате чего образована серия тектонических блоков, среди которых локализованы вкрапления пород итмурундинской и казыкской свит.

На севере и северо-востоке рудное поле представлено осадочными образованиями палеозойского возраста. Нижнесилурийские отложения образуют интенсивно смятые, нарушенные складки северо-западного простирания с крутым падением крыльев (до $70-80^\circ$), рассечённые многочисленными разломами. В свою очередь, структуры фамен-раннекаменноугольного и среднекаменноугольного-раннепермского возрастов характеризуются формированием брахиформных и приразломных сжатых складок. Форма и характер складчатости обусловлены блоковой структурой фундамента: на относительно устойчивых участках образуются брахиформные складки с углами падения крыльев от 30 до 60° , тогда как в зонах, приуроченных к глубинным разломам, складки переходят в линейные, сжатые, с крутым падением слоёв (до 80°). Разломные нарушения, как сбросового, так и сдвигового характера, дополнительно осложняют складчатые структуры, достигая значительных амплитуд смещения.

Рудное поле характеризуется интенсивной разломной тектоникой. Выделяются три преобладающих направления разрывных нарушений: северо-западное, северное и северо-восточное. Наиболее крупные и древние разломы северо-западного простирания входят в состав глубинной системы Бактай-Иткудукской тектонической зоны. Эти разломы пересекают как протерозойские, так и нижнепалеозойские структуры, сопровождаясь системой мелких, оперяющих нарушений, зонами рассланцевания, милонитизации и брекчирования.

Ключевую структурную роль в пределах месторождения играет Итмурундинский глубинный разлом, прослеживающийся в юго-восточном — северо-западном направлении. Он чётко отделяет интрузивные образования позднепротерозойского возраста от палеозойских осадочных пород. Вдоль всей его протяжённости развита мощная зона тектонической переработки, включающая окварцевание, рассланцевание, повышенную трещиноватость и рассеянную пиритизацию, преимущественно по палеозойским отложениям.

Разломы северного простирания развиты менее интенсивно и представлены сбросо-сдвиговыми нарушениями с амплитудами смещения от

нескольких метров до 1,7 км. В пределах палеозойских осадочных толщ они проявляются как зоны интенсивного дробления, трещиноватости, окварцевания, пиритизации и жильного кварца, часто ассоциирующиеся с промышленной золотой минерализацией (например, участок Западный). В отдельных случаях данные зоны выполняются дайками керсантитов.

Северо-восточные тектонические нарушения получили широкое распространение в пределах рудного поля и совместно с другими разломами формируют сложную блоковую структуру. Эти разломы рассекли как осадочные, так и интрузивные породы, включая дайковые образования. Особенно интенсивно они проявлены в палеозойских толщах, вблизи контакта с Итмурундинским глубинным разломом. Зоны разломов выражены в форме рассланцевания, дробления, сопровождаются окварцеванием, пиритизацией и кварцевыми жилами, несущими непромышленное золото [1].

1.2.4 Морфологическая характеристика рудных тел

Золотое оруденение месторождения Пустынное пространственно приурочено к линейно-вытянутым, субмеридионально ориентированным штокверковым зонам, в пределах которых девонские терригенно-осадочные породы претерпели метасоматические преобразования, выраженные в форме окварцевания, пиритизации, серицитизации, карбонатизации и хлоритизации. Зоны характеризуются крутым падением ($75-90^\circ$), прослеживаются по простиранию до 550 м, при мощности от 130 до 170 м. Основным рудоконтролирующим фактором выступают зоны интенсивного окварцевания и пиритизации. Окварцевание имеет как метасоматический, так и жильный характер, представлено кварцевыми прожилками, жилами (мощностью до 2 м), а также прожилково-гнездовыми образованиями кварц-карбонатного состава.

В пределах штокверковых зон оконтурены промышленные рудные тела, выделенные по бортовому содержанию золота не ниже 0,5 г/т. Границы рудных тел условны и устанавливаются исключительно на основании результатов опробования. С учетом установленных параметров кондиций и данных геологоразведочных работ, на месторождении выделено семь промышленных рудных тел: 1, 1а, 1б, 2, 2а, 3 и 3а.

Рудные тела имеют пласто- и линзообразную морфологию, мощностью от первых метров до 112 м, с крутым падением ($60-90^\circ$) и выраженными раздувами и пережимами. Простирание тел преимущественно субмеридиональное (азимут $315-20^\circ$).

Рудное тело 1 является основным телом месторождения, сосредотачивая 67,1 % всех подсчитанных запасов золота. Характеризуется сложным внутренним строением, наличием прослоев некондиционных и пустых пород, извилистыми, местами флексурообразными контурами с чередующимися раздувами и пережимами. Тело прослежено по простиранию на 440 м (разведочные линии 2–12), по падению до глубины 300 м. Азимут простирания

варьирует от 346° до 0° , угол падения — от 45° до 90° . Мощность изменяется от 3 до 112 м, средняя — 41 м. Содержание золота варьирует от 0,5 до 6,57 г/т, в среднем составляя 1,49 г/т.

Рудное тело 1а представляет собой восточное ответвление рудного тела 1, прослежено между разведочными линиями 8 и 12 на протяжении 208 м, по падению изучено до глубины 280 м. Мощность тела колеблется от 2 до 37 м (в среднем 7,2 м), содержание золота — от 0,53 до 2,14 г/т (в среднем 1,38 г/т). Азимут простирания — $315\text{--}335^\circ$, угол падения — $66\text{--}90^\circ$.

Рудное тело 1б — западное ответвление тела 1, локализованное между разведочными линиями 8 и 12. Мощность тела составляет от 1,5 до 27 м (в среднем 6,9 м), содержание золота — от 0,53 до 2,14 г/т (в среднем 1,46 г/т). Азимут простирания — $330\text{--}18^\circ$, угол падения — $78\text{--}90^\circ$ (восточное направление).

Рудное тело 2, несмотря на меньший объем запасов, относится к числу основных тел месторождения, благодаря устойчивым морфологическим характеристикам и прослеженности. Тело протягивается на 218 м по простиранию (разведочные линии 3–8) и имеет перспективное продолжение в виде тела 2а. Изучено по падению до глубины 107 м. Мощность — от 2 до 20 м (в среднем 6,4 м), содержание золота — от 0,55 до 4,2 г/т (в среднем 1,09 г/т). Азимут простирания — $300\text{--}315^\circ$, угол падения — $60\text{--}83^\circ$.

Рудное тело 2а — северо-западное продолжение тела 2, не объединено с ним вследствие недостаточной разведанности зоны между профилями 8 и 9. Прослежено на 173 м по простиранию (разведочные линии 10–13), изучено по падению до глубины 210 м. Мощность — от 1,5 до 72 м (в среднем 15,2 м), содержание золота — от 0,63 до 2,9 г/т (в среднем 1,23 г/т). Азимут простирания — $315\text{--}330^\circ$, угол падения — $73\text{--}90^\circ$.

Рудное тело 3 занимает второе место по объему запасов золота (18,4 %). С поверхности прослежено в профилях 9, 10 и 11, ниже отметки +450 м тело установлено только в профилях 9 и 10. Морфологически представляет собой рудный столб с размерами 120×100 м. Углы падения — от 68° до 90° . Характеризуется наибольшим средним содержанием золота — 2,08 г/т.

Рудное тело 3а является ответвлением тела 3 и выявлено лишь в пределах разведочной линии 10. Его параметры определены методом интерполяции: протяженность — около 50 м, глубина распространения — от 130 до 200 м. Среднее содержание золота по данным скважины 12 — 4,46 г/т, средняя мощность тела — 7,3 м (рисунок 1.3) [1].



Рисунок 1.3 – Схематичная карта простирания

1.3 Геологическое строение месторождения

В геологическом строении месторождения участвуют отложения девонской и каменноугольной систем, локализованные в пределах тектонического блока размерами 400 на 600 м. Блок расположен в ядре антиклинальной складки, ограниченной с юга Итмурундинским региональным разломом.

Девонская система. Отложения девона представлены терригенными морскими образованиями фаменского яруса (D_3fm). Они сложены чередующимися пачками разнотерригенных песчаников, алевролитов, алевропесчаников и известняков, с редкими прослоями туфопесчаников. Мощность отдельных слоёв варьирует от нескольких сантиметров до десятков метров, общая мощность достигает 300 м. Породы ориентированы субмеридионально, падение субширотное, крутое ($65-90^\circ$).

Песчаники преимущественно мелко- и среднетерригенные, кварц-полевошпатового состава, с глинисто-кремнистым или реже карбонатно-кремнистым цементом. Текстура – от тонко- до грубослоистой. Зернистость — от 0,1 до 0,7 мм (кварц — 40–50 %, плагиоклаз — до 30 %, яшма и карбонаты — 10–15 %). Цемент — порового и базального типов. Песчаники являются наиболее благоприятными коллекторами золото-колчеданного оруденения. Их мощность колеблется от 2 до 140 м.

Алевролиты имеют кремнисто-глинистый состав, характерную тонкополосчатую текстуру, обусловленную чередованием серых аргиллитов и более светлых алевропесчаников мощностью до 2–3 м. Контакты с песчаниками переходные. Пачки алевролитов достигают 2–62 м.

Особо выделяются углисто-кремнистые алевролиты — продукты гидротермальной переработки органонесущих слоёв. Они обладают экранирующей способностью и не содержат золотоносного оруденения. Цвет — тёмно-серый до чёрного, текстура — грубосланцевая. Мощность — от 13 до 72 м.

Алевропесчаники представляют собой переходные разности между песчаниками и алевролитами, часто встречаются в виде чередующихся слоёв. Обычно объединяются с песчаниками, так как также служат зонами концентрации золота.

Туфопесчаники, отличающиеся наличием туфогенного материала, ограниченно распространены в западной части месторождения (в лежащем боку рудных тел). Их мощность — от 2 до 20 м.

Известняки представлены изометричными зернами кальцита (0,05–0,5 мм), реже — обломками кварца. Встречаются в виде линз и горизонтов мощностью от 1,5 до 20 м, преимущественно на западе участка.

Девонские отложения охватывают основную часть месторождения (центральную и западную зоны) и приурочены к зонам золоторудной минерализации.

Каменноугольная система. Отложения турнейского яруса нижнего карбона (C_1t_1) с угловым несогласием перекрывают девонские образования.

Они представлены зелено-серыми разноминеральными песчаниками, алевролитами, алевропесчаниками, гравелитами и туфами. Преобладают терригенные породы кварц-полевошпатового состава, цемент — карбонатный. Мощность — 250–470 м. В пределах месторождения турнейские породы развиты преимущественно в восточной части, а также в виде отдельных мульд (6 на 25 м до 110 на 170 м, мощность — до 15 м) в центральной зоне.

Четвертичные отложения. Современные отложения развиты слабо и ранее включали кору выветривания, ошибочно отнесённую к ним. По результатам бурения, она исключена. Четвертичные отложения представлены суглинками с угловатыми обломками, мощность — 0,2–3,5 м.

Интрузивные образования. В юго-западной части площади развиты породы позднепротерозойского габбро-перидотитового комплекса ($v\sigma PR_3$). Перидотиты интенсивно метаморфизованы, часто серпентинизированы, с порфиоровидной структурой. Основные минералы — оливин, ромбический пироксен; рудные — хромшпинелиды. Контакты с осадочными породами — тектонические.

Также отмечены дайки керсантитов (σpP_1) протяжённостью до нескольких десятков метров, простиранием СЗ–С, падением 70–80° на восток, мощностью от 2 до 20 м. Контакты чёткие, с зонами закалки. В эндоконтактах местами наблюдаются проявления золото-сульфидной минерализации, однако в целом рудное оруденение в них не выявлено.

Тектоника и гидротермальные изменения. Рудовмещающие породы рассечены разломами северо-западного и северо-восточного направлений, с амплитудой смещения до 30 м. Разломы круто падают (65–80°), северо-восточные сопровождаются окварцеванием и карбонатизацией, не вызывают смещения рудных тел, что указывает на их дорудный характер.

Гидротермальные изменения широко развиты. Лиственитизированные породы формируют линзообразные зоны вдоль разрывов (мощность 1–10 м, протяжённость до 50 м). Окварцевание представлено как метасоматической переработкой, так и сетью кварцевых прожилков. В песчаниках наблюдается штокверковое окварцевание (прожилки 0,01–2 мм), в алевролитах — прожилки до 10–15 мм вдоль слоистости. Также встречаются секущие жилы молочно-белого кварца (до 3 м), обычно безрудные.

Золотоносная минерализация носит неравномерный характер: среди слабоминерализованных участков выделяются тела кондиционной руды. По данным фазового анализа, 62,69 % золота связано с сульфидами (46,27 % — с низкотемпературным пиритом, 16,42 % — с высокотемпературным). Ещё 29,85 % распределено в жильном кварце и сериците, 7,46 % — в кварце с полевым шпатом.

Кварцево-жильные зоны имеют сложную структуру, переменное простирание (С–СВ), крутое падение (65–90°) и мощность до 6 м. Минеральный состав — кварц, кварц-карбонат, кварц-полевошпатовые породы.

Литологический контроль играет ключевую роль в формировании рудных тел: песчаники и алевропесчаники, обладающие лучшей

проницаемостью, интенсивно переработаны и обогащены золотом. В отличие от них, углисто-кремнистые алевролиты действуют как экранирующие породы. В совокупности, литологические, тектонические и гидротермальные факторы обуславливают сложное строение рудных тел. Промышленный интерес представляет только золото [16].

1.3.1 Физико-механические свойства руд: объёмная масса, пористость и влажность

Объёмная масса руды месторождения в период работы БГРЭ (до 1995 года) была определена по 104 образцам и двум целикам и составила в среднем 2,67 т/м³. В 1995–1997 годах дополнительно было отобрано 94 образца, по результатам которых среднее значение объёмной массы для рудных интервалов составило 2,70 т/м³.

В 2017 году ТОО «Центргеоланалит» выполнило комплекс физико-механических исследований горных пород месторождения Пустынное. Объектом испытаний стали 155 керновых образцов. Работы проводились в соответствии с требованиями СНиП II-94-80 «Подземные горные выработки».

Результаты исследований показали следующее:

- плотность пород варьирует от 2,38 т/м³ (плотные породы) до 2,81 т/м³ (очень плотные породы), среднее значение — 2,68 т/м³, которое было принято для расчётов в рамках настоящего проекта;
- водопоглощение составляет от 0,17% до 1,99%, в среднем — 0,46%;
- пористость изменяется от 0,4% (слабопористые породы) до 12,5% (среднепористые), среднее значение — 2,37%.

Зависимость физических и механических свойств пород от глубины по данным скважин не выявлена.

При подсчёте запасов использовалась средняя величина объёмной массы 2,68 т/м³. Учитывая незначительное значение влажности, корректировка объёмной массы на её величину не производилась [1].

1.4 Гидрогеологическая характеристика месторождения

Климатические условия района. Рассматриваемая территория расположена в зоне полупустынь и характеризуется резко континентальным, засушливым климатом. Низкая облачность способствует высокой солнечной активности и значительному тепловому притоку.

Температурный режим. По данным метеостанции Балхаш, среднегодовая температура воздуха составляет +8...+10 °С. Летний период длительный, жаркий и знойный, с максимальными температурами, достигающими +45 °С. Самый тёплый месяц — июль, когда средняя температура воздуха составляет около +45 °С. Безморозный период длится 210–240 дней в году.

Зима в регионе малоснежная, холодная и продолжается 90–110 дней. В отдельные годы наблюдаются морозы до $-40...-45^{\circ}\text{C}$, особенно в январе. Средняя декадная максимальная высота снежного покрова за зиму составляет 10–15 см, при этом запасы воды в снеге находятся в пределах 40–50 мм. В отдельные зимы снежный покров может быть крайне незначительным.

Снеготаяние, как правило, начинается в марте. Устойчивая положительная среднесуточная температура устанавливается в конце второй — начале третьей декады марта. Осенью переход через 0°C происходит в конце сентября. Осень обычно сухая, а сентябрь — самый засушливый месяц. Первый снег обычно выпадает в конце октября — начале ноября, однако в отдельные годы он может не наблюдаться до декабря.

Осадки и влажность. Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 126–143 мм. В наиболее влажные годы их количество может достигать 242 мм, а в засушливые — снижаться до 38–59 мм. До 60% осадков выпадает при суточной интенсивности не более 1 мм. Суточные осадки свыше 30 мм случаются примерно один раз в 10 лет.

Снежный покров формируется под действием ветра, что вызывает его снос с открытых участков и накопление в углублениях рельефа, кустарниковых зарослях и других защищённых местах.

Радиация и испарение. Расположение района в низких широтах обеспечивает высокий уровень солнечного излучения — суммарная радиация составляет 130–150 ккал/см², а продолжительность солнечного сияния достигает 2700–3000 часов в год. Это приводит к тому, что большая часть осадков, выпадающих в тёплый период, за исключением ливней, испаряется.

Среднегодовое испарение с водной поверхности составляет около 1013 мм. Осадки распределяются относительно равномерно в течение года, но наибольшее их количество приходится на весну. Весенне-летние осадки, как правило, более интенсивны и носят ливневый характер. Минимальное количество осадков отмечается в августе и сентябре, и в засушливые годы они могут полностью отсутствовать.

Ветровой режим. Ветровая обстановка района характеризуется выраженной сезонной сменой направлений. В холодное время года преобладают ветры северо-восточного направления со средней скоростью 5,1 м/с. В тёплый период господствуют южные и юго-западные ветры, средняя скорость которых достигает 5,2 м/с.

Зимой средняя скорость ветра составляет 5–6 м/с, при этом максимальные месячные значения могут достигать 9–15 м/с. В отдельные периоды фиксируются ураганные ветры со скоростью 20–25 м/с и выше. Число дней в году с ветром скоростью более 4,5 м/с составляет порядка 50–60, что соответствует примерно 18,4% от общего числа дней.

В зимний период преобладают ветры с северо-востока (до 40%) и юго-запада (13%) при средних скоростях 4,2 и 3,7 м/с соответственно. Летом основными направлениями ветра являются южное (30%) и юго-западное (18%), со скоростями в диапазоне 4,5–5,2 м/с. По мере приближения зимнего периода отмечается усиление ветровой активности.

Влажность воздуха. Изменения абсолютной влажности воздуха в районе следуют за сезонной динамикой температур. Территория относится к области с недостаточным увлажнением, что обусловлено резко континентальным и засушливым климатом. Это ведет к значительному дефициту влажности.

Максимальные значения абсолютной влажности наблюдаются в июле и достигают 18,5 мб, способствуя активному испарению с поверхности почвы и водоемов. Минимальные значения зафиксированы в январе — около 1,5 мб. Годовая амплитуда колебаний составляет до 9,0 мб.

Среднегодовой дефицит влажности составляет порядка 9,5 мб. Самая низкая относительная влажность воздуха (от 7 до 50 %) характерна для периода с апреля по сентябрь, а наибольшие значения (в пределах 50–97 %) наблюдаются с октября по апрель [1].

1.5 Инженерно-геологическая характеристика месторождения

Инженерно-геологические исследования на месторождении проводились в основном в 1995–1998 годах на стадии детальной разведки по керну скважин. Всего было отобрано и проанализировано 94 пробы: 29 и 7 проб песчаников, 12 и 8 проб алевропесчаников, 16 и 6 проб алевролитов, 10 и 6 проб углисто-кремнистых алевролитов. В 2017 году дополнительно отобрали и испытали 115 керновых проб, подтвердивших ранее полученные результаты.

Лабораторные исследования показали, что горные породы обладают схожими физическими характеристиками. Объемная масса пород варьирует в пределах от 2,38 до 2,81 г/см³, при средней плотности руд 2,68 т/м³. Водопоглощение составляет от 0,17 до 1,99 %, а пористость изменяется от 0,4 % у слабопористых до 12,5 % у среднепористых пород. Эти параметры стабильны и не зависят от глубины залегания.

Деформационные свойства пород также стабильны. Прочность на одноосное сжатие варьирует от 7,0 МПа у малопрочных пород до 167,1 МПа у очень прочных. Динамический модуль упругости составляет от 21,20 до 91,58 ГПа. Крепость по шкале Протоdjяконова находится в диапазоне от 2,5 (VI категория, довольно мягкие породы) до 19,8 (II категория, очень крепкие породы). Связи между глубиной и физико-механическими характеристиками не выявлено.

Породный массив в пределах карьерного поля характеризуется моноклиналим строением с крутым падением на восток под углами от 65 до 90°, преобладающими в интервале 70–80°. Тектоническая нарушенность участка выражена слабо, присутствуют разломы северо-западного и северо-восточного направлений с крутым падением от 65 до 80°. Эти разломы проявлены в виде зон трещиноватости мощностью до 1 м и редко – зон рассланцевания. Вдоль разломов часто развиты лиственитизированные линзообразные тела длиной 10–50 м и мощностью от 1 до 10 м. Разломы

северо-восточного направления нередко сопровождаются окварцеванием и карбонатизацией, способствующими залечиванию трещиноватости.

На устойчивость уступов и бортов карьера влияет характер трещиноватости скальных пород, определяющий их блочность, а также ориентация основных систем трещин по отношению к направлениям бортов. Наиболее развита система крутопадающих трещин напластования с простиранием 336° , падением 66° и углом 72° , которые в приповерхностной зоне приоткрытые и имеют шероховатые поверхности. Менее выражена вторая система – торцевые крутопадающие трещины с простиранием 16° , падением 288° и тем же углом падения, отличающиеся в основном гладкими скрытыми поверхностями.

Также выявлены две системы пологопадающих трещин: одна с азимутом падения 340° и углом 24° , вторая — с азимутом 130° и углом 14° . Эти трещины, как правило, приоткрытые, имеют шероховатые неровные поверхности и могут рассматриваться как трещины отпора. Согласно данным бурения, такие трещины быстро затухают с глубиной. Количество трещин первой и второй систем также снижается начиная с глубины 40–50 м.

На рассматриваемом месторождении исключена возможность газовыделений при его отработке. Сульфидная минерализация (пирит) не превышает 2,6 %, что исключает склонность пород к самовозгоранию. Содержание свободного кремнезема — 5–18,5 %, что относит месторождение к силиказоопасным. Радиационная опасность отсутствует [1].

2 Горная часть

2.1 Критерии выбора способа разработки

Критерии выбора способа разработки месторождения включают следующие факторы:

- горнотехнические условия эксплуатации месторождения;
- определение предельной глубины открытой разработки на основе граничного коэффициента вскрыши;
- соблюдение требований промышленной безопасности;
- максимально полное извлечение полезного ископаемого.

Обоснование выбора открытого способа отработки для месторождения Пустынное:

Анализ морфологических характеристик, геометрических параметров и условий залегания рудных тел свидетельствует о технико-экономической целесообразности применения открытого способа разработки.

Преимущества открытого способа для верхних горизонтов месторождения обусловлены:

- значительной мощностью рудных тел;
- их выходом на дневную поверхность (включая подошву существующего карьерного пространства);
- сложной внутренней структурой рудных тел;
- пониженной устойчивостью как рудной массы, так и вмещающих пород в приповерхностной зоне.

2.2 Характеристика границ и параметров карьера

Ключевым фактором, определяющим границы карьерного поля, выступает пространственная локализация разведанных запасов руды, относящихся к промышленным категориям.

Геолого-структурные особенности залегания золотосодержащих руд месторождения Пустынное обуславливают техническую возможность их открытой разработки до абсолютной отметки +150 м (330 м относительно условного уровня).

Технологические параметры карьера систематизированы в таблице 2.1. Объемные расчеты горной массы и промышленных запасов золота в пределах проектного контура выполнены с применением:

- нормативных коэффициентов потерь полезного ископаемого;
- стандартных показателей разубоживания руды.

Подсчет эксплуатационных запасов осуществлен в полном соответствии с объемными показателями, регламентированными техническим заданием на проектирование [1].

Таблица 2.1 - Параметры карьера

Показатели	Единиц ы изм.	Значения
Средние размеры по поверхности:		
Длина	м	1086
Ширина	м	992
Нижняя абсолютная отметка	м	50
Верхняя абсолютная отметка	м	480
Глубина карьера	м	440
Высота уступа	м	10
Высота подступа	м	5
Угол откоса рабочих уступов	град.	60
Угол откоса борта карьера в предельном положении	град.	52
Объем вскрыши	тыс.м ³	53 400
Эксплуатационные запасы		
Товарная руда	тыс.т	15 000
Золото	кг.	23 000
Среднее содержание золота	г./т.	1,53
Средний коэффициент вскрыши	м ³ /т	3,56

2.3 Обоснование потерь и разубоживания полезного ископаемого

Нормирование потерь и разубоживания при открытой разработке месторождения "Пустынное"

При эксплуатации месторождения "Пустынное" открытым способом к нормируемым видам потерь и разубоживания относятся:

- потери и разубоживание, возникающие при отработке приконтурных зон;
- разубоживание на контактах рудных тел с породными прослоями, исключенными из подсчета запасов.

Нормативные значения эксплуатационных потерь (при экскавации, транспортировке, взрывных работах и других технологических процессах) принимаются на основе анализа статистических данных производственного мониторинга.

Обоснование параметров эксплуатационного блока. Геологическая изменчивость условий залегания полезного ископаемого как в плане, так и по глубине обусловила принятие следующих параметров эксплуатационного блока:

- мощность: 10,0 м (соответствует высоте подступа);
- ширина: 10,0 м;
- длина по простиранию: 10,0 м.

Данный подход к определению запасов, нормированию потерь и разубоживания обеспечивает:

- требуемую точность расчетных показателей;

– практическую применимость результатов как на стадии проектирования, так и при оперативном планировании горных работ;

Технология ведения горных работ. Проектом предусмотрена цикличная технология ведения горных работ с применением;

- гидравлического экскаватора EX 1200/1900 (ширина ковша 3,5 м);
- автосамосвалов САТ 777 (грузоподъемность 91 т).

Технологическая руда в забоях отличается сложным строением с нечеткими, визуальными неразличимыми контактами, при этом границы рудных тел определяются по данным опробования и геологической документации с учетом особенностей оруденения. Нормативные величины потерь и разубоживания руды при отработке рудных уступов принимаются в виде количества потерянной руды и объема разубоживающих пород, приходящихся на 1 метр протяженности приконтактной зоны.

При разработке крутопадающих залежей потери и разубоживание представляют собой треугольные участки теряемой руды ($S_{\text{т}}$) и примешиваемых пород ($S_{\text{р}}$), которые образуются вследствие несовпадения углов откосов уступов ($\beta=60-75^\circ$) с углами падения рудной залежи ($\alpha=75-85^\circ$). Эти параметры, наряду с экономически обоснованным бортовым содержанием (C_0), используются в расчетных формулах для определения количественных показателей потерь и разубоживания.

Указанная методика расчета учитывает геометрические параметры зон потерь и разубоживания, угловые характеристики залегания рудных тел и технологические параметры отработки уступов. Полученные значения используются для нормирования показателей при проектировании и выполнении горных работ (таблица 2.2) [1].

Уровень потерь Π по горизонту рассчитан по формуле:

$$\Pi = \frac{\Pi_{\text{н}} \cdot L}{Б} \cdot 100\%$$

Уровень разубоживания P по горизонту:

$$P = \frac{P_{\text{н}} \cdot L}{Д} \cdot 100\%$$

где L – протяженность контакта руды и вмещающих пород, м.

Таблица 2.2 – Принятые показатели потерь и разубоживания

Показатели	Единица измерения	Обозначение	Показатели
Потери	%	Π	1.3
Разубоживания	%	P	11.3

Для минимизации потерь полезного ископаемого и снижения степени разубоживания рудной массы на месторождении "Пустынное" реализуется комплекс технологических и организационных мероприятий:

Технология совместной отбойки руды и вмещающих пород предусматривает формирование подпорной стенки из взорванной массы с сохранением естественной геометрии рудных тел. Применение короткозамедленного многорядного взрывания позволяет контролировать параметры развала горной массы, уменьшая высоту и ширину разлета кусков. Ограничение высоты рудного уступа до 10 метров способствует снижению потерь на контактах "руда-порода".

Селективная выемка обеспечивается использованием гидравлических экскаваторов, позволяющих осуществлять послойную разработку смешанных рудо-породных забоев. Система опробования включает обязательный отбор проб как из рудных, так и из породных скважин при приближении к контакту рудного тела (2,0-4,0 м от контакта).

Ключевое значение придается поддержанию технологической дисциплины:

- регулярная зачистка подошвы рабочей площадки от породной мелочи;
- систематический геолого-маркшейдерский контроль;
- содержание карьерных автодорог в исправном состоянии;
- контроль загрузки автотранспорта для предотвращения просыпи;
- исключение перемещения рудной массы бульдозерами по вмещающим породам;
- запрет на перемещение вскрышных пород по рудным телам.

Реализация указанных мероприятий позволяет обеспечить рациональную отработку месторождения с соблюдением установленных нормативов потерь и разубоживания.

2.4 Организация рабочего времени предприятия

Предприятием предусматривается круглогодичная работа по вахтовому методу в две смены. Производственный график включает 355 рабочих дней в году с 15-дневными вахтовыми периодами. Рабочая смена длится 12 часов с обязательным часовым перерывом на обед. Ключевые технологические процессы - бурение, выемка и транспортировка горной массы, а также работы на отвалах - организованы в непрерывном круглосуточном режиме. При этом взрывные работы выполняются только в дневное время с соблюдением всех требований безопасности. Такая организация производственного цикла обеспечивает стабильную работу оборудования, поддерживает плановые объемы добычи и гарантирует соблюдение норм охраны труда при максимальной эффективности использования техники. Особое внимание уделено регламентации взрывных работ, которые проводятся исключительно

в светлое время суток для обеспечения необходимого уровня контроля и безопасности.

2.5 Выбор системы вскрытия месторождения

С учетом пространственного распределения рудных запасов в пределах карьерного контура и принятой схемы комплексной механизации, проектом предусмотрена система внутренних скользящих съездов, расположенных в рабочей зоне карьера. По мере отработки месторождения часть уступов переводится в предельное положение, при этом в нерабочей зоне скользящие съезды трансформируются в постоянные. Округлая форма карьера с относительно небольшими плановыми размерами, но значительной конечной глубиной, обусловила выбор простой спиралевидной трассы для системы внутренних съездов.

Транспортная инфраструктура включает соединение карьерных автотранспортных берм с отвалами, рудными складами и вахтовым поселком посредством сети автодорог. Формирование наклонных транспортных берм осуществляется параллельно с углубкой карьера, при этом руководящий уклон принят равным 100%. При вскрытии новых горизонтов первоначальный угол наклонной траншеи постепенно выполаживается, после чего выработка переоборудуется в разрезную траншею.

Для проходки траншей и съездов используется то же оборудование, что и для основных горных работ - гидравлические экскаваторы типа прямая/обратная лопата с нижним черпанием, осуществляющие погрузку породы в автосамосвалы на уровне подошвы выработки. Минимальная ширина основания траншеи при тупиковой схеме подачи автотранспорта рассчитывается по установленной формуле:

$$B_{\text{тр}} = R_a + 0,5 \cdot (B_a + L_a) + C, \text{ м} \quad (2.1)$$

где $R_a = 14.2$ м - радиус разворота автосамосвала;

$B_a = 6105$ м - ширина кузова автосамосвала;

$L_a = 9780$ - длина автосамосвала;

$C = 1$ м – зазор между автосамосвалом и бортом траншеи.

$$B_{\text{тр}} = 14.2 + 0,5 \cdot (6105 + 9780) + 1 = 23,1 \text{ м.}$$

2.6 Система разработки

2.6.1 Выбор и обоснования системы разработки

Особенности геологического строения месторождения, включая крутое падение рудных тел (до 90°), значительную глубину карьера и наличие рудных

залежей ниже границы подсчета запасов, обусловили выбор системы разработки с транспортировкой вскрышных пород на внешние отвалы (система Б-5 по классификации профессора Е.Ф. Шешко) [9].

Для обеспечения технологического процесса горных работ на карьере "Пустынное" предусмотрено два класса специализированного оборудования:

– экскаваторно-транспортно-отвальные комплексы (ЭТО), предназначенные для выполнения вскрышных операций;

– экскаваторно-транспортно-разгрузочные комплексы (ЭТР), используемые при добычных работах.

Проектные решения предусматривают применение высокопроизводительного горнотранспортного оборудования, соответствующего масштабам и сложности горно-геологических условий месторождения. Выбор конкретных технических средств основан на анализе производственной необходимости и технико-экономических показателей.

Состав технологического оборудования для каждого производственного комплекса детализирован в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Состав технологического оборудования производственного комплекса

Класс комплексов	Комплексы оборудования	Оборудование комплексов для			
		подготовки горных пород к выемке	выемочно-погрузочных работ	транспортировки	отвалообразования
IV	ЭТО	Буровой станок - Atlas Copco DML Гусеничный бульдозер- CAT D9R	Гидравлические экскаваторы HITACHI EX 1900	Автосамосвалы CAT777, Гусеничный бульдозер Cat D9R, Автогрейдер	Гусеничный бульдозер Cat D9R, Автогрейдер SEM 922
VI	ЭТР	Буровой станок - Atlas Copco FLEXIROC Гусеничный бульдозер- Cat D9R	Гидравлические экскаваторы HITACHI EX 1200 / EX 1900 Гусеничный Бульдозер Cat D9R	Автосамосвалы CAT777, Колесный бульдозер Cat 834, Автогрейдер	Гусеничный бульдозер Cat D9R, Автогрейдер Cat 16H Колесный бульдозер

2.7 Технология буровзрывных работ

2.7.1 Характеристики буровзрывных работ и параметры скважин

В ходе разработки карьера месторождения "Пустынное" основная часть горных пород относится к XI-XIII категории по буримости, что указывает на

их среднюю и высокую сложность разрушения взрывным методом. Согласно проекту, для выполнения буровых работ предполагается использование буровых установок Atlas Copco DML и Flexi ROC 65 (Швеция). Эти агрегаты на гусеничном ходу оснащены гидравлическим верхним приводом, обеспечивающим эффективное многозаходное вращательное бурение либо пневмоударное разрушение породы [1, 9].

С учетом оптимизации технологии буровзрывных работ и технических характеристик выбранного оборудования для вскрышных пород применяется буровое долото с диаметром 210 мм, а для бурения в рудных блоках используется инструмент диаметром 165 мм. В целях дробления негабаритных кусков предполагается задействование перфораторов ПП-63 (ПР-30К) с диаметром бурения от 38 до 42 мм. Поддержка работы оборудования обеспечивается подачей сжатого воздуха от компрессоров ПР10, оснащенных дизельным приводом.

При осуществлении буровзрывных работ в сложноструктурных рудных телах карьера "Пустынное" предусмотрены два метода. Первый вариант предполагает одновременную отбойку как рудных, так и вмещающих пород с сохранением естественной формы рудного тела. В данном случае осуществляется подрыв выемочных блоков, образующих подпорную стенку из ранее разрушенной породы. Второй метод основан на раздельной отбойке рудной массы и вмещающих пород, что считается более эффективным. Реализация данной схемы достигается благодаря применению наклонных скважин малого диаметра и формированию защитного экранирующего слоя между висячим и лежащим боками рудного тела.

В последние годы традиционные виды взрывчатых веществ, такие как порошкообразные (аммониты, детониты) и пластичные (динамиты), постепенно вытесняются современными гранулированными и водосодержащими смесями. Эти вещества обладают сниженной чувствительностью, что делает их безопасными в процессе механизированного заряжания, а также выгодными с точки зрения сырьевой базы и себестоимости. Согласно данным 1980 года, в США гранулированные ВВ составляли около 85% от общего объема потребления, водосодержащие — 10%, а доля порошкообразных и пластичных ВВ не превышала 5% [5].

С учетом условий месторождения и необходимости учета газодинамических процессов в зарядной полости, в качестве основных взрывчатых веществ для проведения буровзрывных работ были выбраны: аммиачно-взрывчатая водосодержащая смесь АВВ 70/30, обладающая высокой водоустойчивостью и стабильными энергетическими характеристиками, а также традиционный порошкообразный состав — Аммонит 6ЖВ, широко применяемый в промышленности и выступающий в работе в качестве эталона для сравнения эффективности дробления. Ниже в таблицу 2.4 представлены основные физико-химические и взрывчатые показатели этих взрывчатых веществ (Аммонит 6ЖВ + АВВ 70/30) [2, 12].

Таблица 2.4 – Основные физико-химические и взрывчатые показатели АВВ 70/30 и Аммонит 6ЖВ

Параметр	АВВ 70/30	Аммонит 6ЖВ
Тип ВВ	Водосодержащее	Порошкообразное (гранулированное)
Содержание аммиачной селитры, %	70	94–96
Содержание тротила, %	—	6–4
Содержание водоудерживающей фазы, %	30	—
Плотность, г/см ³	1,15–1,25	0,85–0,95
Скорость детонации, м/с	4000–4500	2500–2800
Критический диаметр, мм	от 50	от 40
Теплота взрыва, кДж/кг	3800–4000	3600–3700
Объем газов, л/кг	800–950	850–900
Температурный диапазон применения, °С	–20 до +50	–30 до +40
Водоустойчивость	Высокая	Средняя
Чувствительность к механическим воздействиям	Пониженная	Средняя
Условия инициирования	Детонатор №8, ДШ	Детонатор №8

Дробление негабаритных кусков предполагается производить шпуровым методом.

2.8 Расчет параметров БВР

Максимально допустимое значение сопротивления по подошве (СПП), оказывающее критическое влияние на эффективность разрушения горной массы при взрыве одиночного заряда (W_{max}), определяется согласно методике, разработанной С.А. Давыдовым (Союзвзрывпром) [2, 4, 5].

$$W_{max} = 53 \cdot K_T \cdot d_{скв} \cdot \sqrt{\rho_{ВВ} \cdot \frac{K_{ВВ}}{\rho_n}}, \text{ м} \quad (2.2)$$

где K_T – коэффициент, учитывающий трещиноватость структуры горного массива;

$d_{скв}$ – диаметр скважины, м;

$\rho_{ВВ}$ – плотность заряда взрывчатого вещества, т/м³;

ρ_n – средняя плотность взрывааемых пород (среднее 2,85) т/м³;

$K_{ВВ}$ – коэффициент, характеризующий работоспособность применяемого ВВ.

Вычисленное значение подвергается проверке на соответствие требованиям безопасного ведения работ на уступе:

$$W_{min} = H_y \cdot ctg\alpha + C, \quad (2.3)$$

где H_y – высота взрывающегося уступа 10 м;
 α - угол откоса уступа, 60°;
 C – минимально допустимое расстояние от скважины до верхней бровки уступа,
 $h_{уст} = 10\text{м} - C = 4\text{ м}$.
 Глубина перебура скважин составляет:

$$L_{пер} = (0,15 \div 0,25) \cdot H_y, \text{ м} \quad (2.4)$$

Меньшее значение коэффициента соответствует легко взрывающимся породам, тогда как большее — породам с высокой степенью взрывной трудности.

Глубина скважин на уступе составляет:

$$L_{скв} = H_y + L_{пер}, \text{ м} \quad (2.5)$$

Длина забойки составляет:

$$L_{заб} = k \cdot W, \text{ м} \quad (2.6)$$

где k – коэффициент, зависящий от коэффициента крепости по шкале профессора М.М. Протодяконова (таблица 2.5).

Таблица 2.5- Коэффициент, зависящий от коэффициента крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова

f	1-4	6-8	8-10	10-15	16-20
k	0,75	0,70	0,65	0,60	0,50

Длина заряда взрывчатого вещества в скважине:

$$L_{зар} = L_{скв} - L_{заб}, \text{ м} \quad (2.7)$$

Вес заряда взрывчатого вещества, размещаемого в 1м скважины (вместимость):

$$P_{зар} = 0,785 \cdot d_{скв}^2 \cdot \rho_{вв}, \text{ кг} \quad (2.8)$$

где $\rho_{вв}$ – плотность заряжения взрывчатого вещества в скважине, кг/м³
 Вес заряда в скважине:

$$Q_{скв} = L_{зар} \cdot P_{зар}, \text{ кг} \quad (2.9)$$

Расчетный удельный расход ВВ, обеспечивающий заданное качество дробления горной массы [15]:

$$q_p = 0,13 \cdot \rho_n \cdot \sqrt[4]{f(0,6 + 3,3 \cdot 10^{-3})} \cdot d_0 \cdot d_{\text{зар}}, \quad (2.10)$$

где ρ_n – плотность взрывааемых пород, т/м³;
 f – коэффициент крепости пород;
 d_0 – средний размер отдельностей в массиве, м;
 $d_{\text{зар}}$ – диаметр скважины, м.

Расстояние между скважинами в ряду:

$$a = m \cdot W, \text{ м} \quad (2.11)$$

где $m = 0,8 \div 1,2$, коэффициент сближения скважин, при этом меньшие значения характерны для крупноблочных и трудно взрывааемых пород.

Расстояние между рядами скважин принимается как $b = a$, для квадратной сетки скважин.

Длина взрываемого блока:

$$L_{\text{бл}} = \frac{Q_{\text{экс}} \cdot N}{(W + b \cdot (n - 1)) \cdot H_y}, \text{ м} \quad (2.12)$$

где $Q_{\text{экс}}$ – суточная производительность экскаватора НІТАСНІ ЕХ 1900, м³/сут;

N – количество рабочих дней между взрывами, 4.

Количество скважин в ряду:

$$n_1 = \frac{L_{\text{бл}}}{a_1} + 1, \text{ шт} \quad (2.13)$$

$$\sum l_{\text{скв}} = n_1 \cdot l_{\text{скв}}, \text{ м} \quad (2.14)$$

Общая масса ВВ для взрывного рыхления обуренного блока:

$$Q_{\text{ВВ}} = Q_{\text{скв}} \cdot \sum n_c, \text{ кг} \quad (2.15)$$

Выход горной массы с 1 м скважины в блоке:

$$V_{\text{ГМ}} = \frac{B_{\text{бл}} \cdot L_{\text{бл}} \cdot H_y}{\sum l_{\text{скв}}}, \frac{\text{м}^3}{\text{м}} \quad (2.16)$$

Исследование проводилось с использованием сводных данных, представленных в таблице 2.6, которые включают параметры горных пород, характеристики взрывчатых веществ и результаты проведённых испытаний. На основе этих данных были выполнены аналитические расчёты и

сравнительный анализ, что позволило выявить ключевые закономерности в поведении массива при взрывных работах и определить оптимальные параметры бурения и зарядки скважин для повышения эффективности дробления и обеспечения безопасности производства [10].

Таблица 2.6 - Сводные данные расчета основных параметров БВР по руде и вскрышным породам

Наименование	Усл. Обозн.	Ед. изм.	Расчетные показатели параметров БВР	
			По руде	По вскрыше
Плотность взрывааемых пород	ρ_n	т/м ³	2,68	2,68
Коэффициент трещиноватости	K_T		0,9	0,9
Высота уступа	H_y	м	5	10
Угол откоса уступа	α	град	60	60
Диаметр скважины	$d_{скв}$	м	0,165	0,210
Плотность заряжения ВВ	$\rho_{ВВ}$	т/м ³	1,15	1,15
Коэффициент работоспособности ВВ	$K_{ВВ}$		1	1
Минимально допустимое расстояние от скважины до верхней бровки уступа	C	м	3	3
Расчетная линия сопротивления по подошве	W_{max}	м	4.5	6.8
Линия сопротивления по подошве по условиям безопасности	W_{min}	м	5.0	5.0
Линия сопротивления по подошве, принятая проектом	$W_{п}$	м	4.5	6.8
Длина перебура скважины	$l_{пер}$	м	0,8	1
Длина скважины с учетом перебура	$l_{скв}$	м	5,8	11
Расстояние между скважинами в ряду	a_1	м	5,2	5,2
Коэффициент сближения скважин в ряду			0,9	0,9
Расчетный удельный расход ВВ	q	кг/м ³	0,95	0,95
Длина забойки	$l_{заб}$	м	1	2
Длина заряда в скважине	$l_{зар}$	м	4.5	9
Вместимость 1 м скважин	P	кг	25,2	43,2
Вес заряда в скважине	$Q_{скв}$	кг	206,3	353,5
Суточная производительность экскаватора		м ³ /сут	6 030	12 623
Ширина взрываемого блока при пяти рядах скважин	$B_{бл}$	м	18.4	18.4
Длина взрываемого блока	$L_{бл}$	м	234	234
Количество скважин в ряду	n_i	шт.	46	46
Количество скважин в блоке	N_c	шт.	230	230
Общая длина скважин на взрываемом блоке	L	м	1380	2530
Общая масса ВВ для взрывного рыхления обуренного блока	$Q_{ВВ}$	кг	20 435	43 056
Выход горной массы с 1 погонного метра скважины в блоке	$V_{гм}$	м ³ /м	15.6	17.01

6)

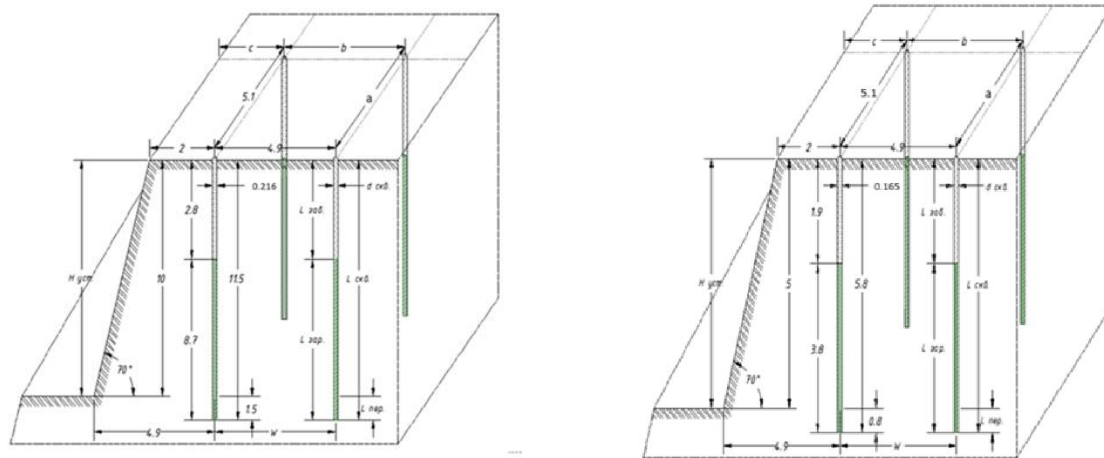


Рисунок 2.1 Параметры конструкции скважинного заряда на вскрыше (а) и рудных уступах (б)

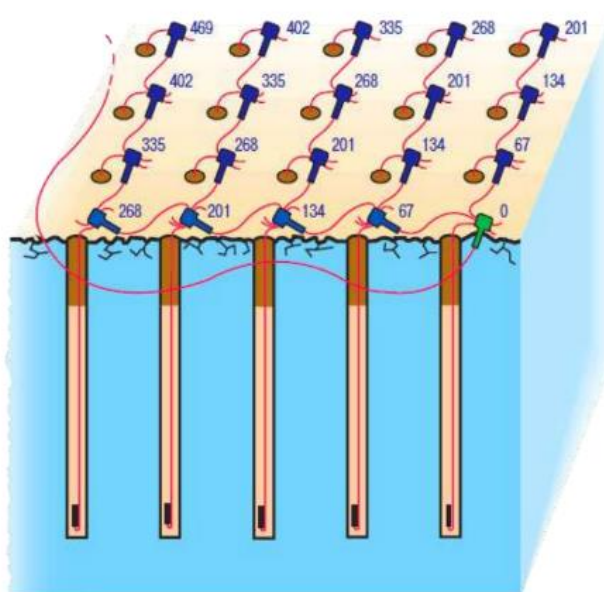


Рисунок 2.2 Схема монтажа взрывной сети при производстве БВР

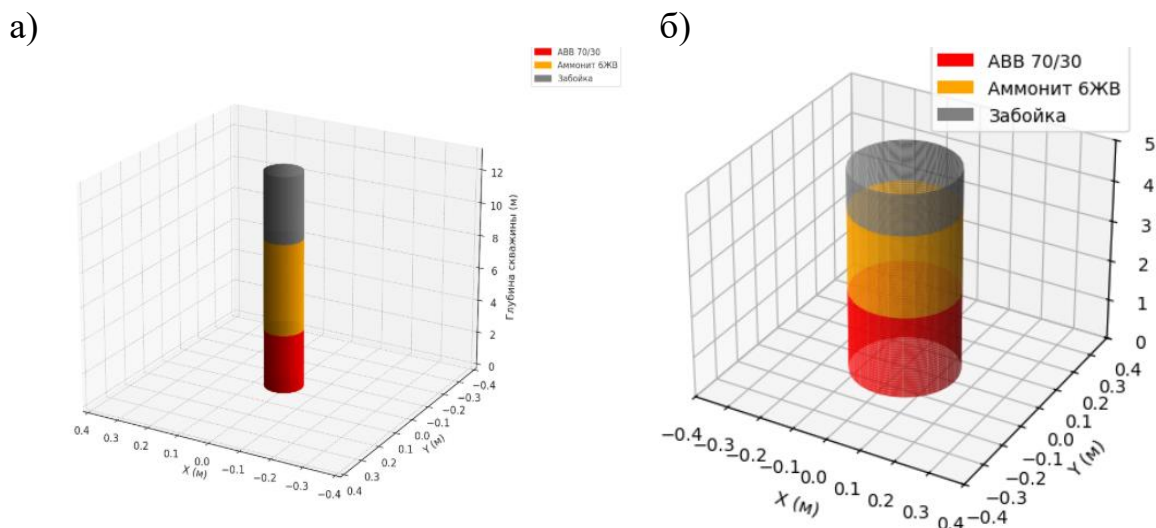


Рисунок 2.3 Конструкция заряда в скважине на вскрышных уступах (а) и рудных уступах (б)

2.9 Газодинамические процессы в зарядной полости и их влияние на эффективность дробления горной массы

2.9.1 Общие положения о газодинамике взрывного процесса

Взрывное разрушение горных пород основано на быстрой передаче энергии, высвобождаемой при детонации взрывчатого вещества (ВВ), на породу. После детонации в зарядной полости развивается высокотемпературная и высокоэнтальпийная газовая среда, образованная продуктами взрыва. Газодинамические процессы в зарядной полости включают в себя распространение ударной волны, динамику расширяющихся газов, взаимодействие с породой и формирование зон трещиноватости [15, 16].

Параметры этих процессов — давление, температура, скорость распространения продуктов взрыва — оказывают критическое влияние на эффективность дробления. Неправильный учет этих параметров может привести к недоразрушению массива, перерасходу ВВ и неравномерному грансоставу полученной массы [2, 13].

2.9.2 Этапы развития газодинамических процессов после детонации

Газодинамические процессы условно делятся на три стадии:

- инициальная стадия (до 0,1 мс): мгновенное повышение давления в зарядной полости до 20–40 ГПа (в зависимости от типа ВВ), формирование фронта ударной волны.

– основная стадия (0,1–1,0 мс): расширение продуктов взрыва, взаимодействие с породой, генерация отражённых волн и трещин.

– затухающая стадия (>1 мс): переход процесса в квазистатическое газовое расширение с остаточным давлением порядка 0,1–0,5 ГПа, сопровождающееся трещинообразованием и сдвигом породы.

Структурно-текстурные особенности массива (слоистость, трещиноватость, наличие включений и тектонических нарушений) существенно влияют на распространение ударной волны и эффективность использования энергии взрыва. При дроблении сложноструктурных рудных тел важным становится учет анизотропии проницаемости и упругих свойств. Например, в зонах тектонической нарушенности энергия частично рассеивается, что требует либо увеличения плотности заряжения, либо применения замедленного взрывания для последовательного разрушения массива [8].

В зонах с повышенной трещиноватостью и тектоническими нарушениями ударная волна частично рассеивается, снижая эффективность взрыва. Для компенсации этих потерь требуется увеличение плотности заряжения или применение замедленного взрывания с учетом направления распространения трещин. Учет анизотропии упругих свойств массива позволяет точнее прогнозировать поведение горных пород при взрыве и оптимизировать параметры буровзрывных работ [3].

2.9.3 Уравнение состояния детонационного газа (уравнение Джонса–Уилкинса–Ли)

Уравнение состояния детонационного газа — ключевой инструмент для описания термодинамических свойств продуктов взрыва в зарядной полости. Оно отражает связь между давлением, объёмом и внутренней энергией газов, образующихся в результате детонации взрывчатого вещества [7].

Физическая суть уравнения JWL. После детонации ВВ образуется смесь горячих продуктов взрыва, обладающих высокой температурой и давлением, которые быстро расширяются, передавая энергию на горную породу. Для адекватного описания этого расширения классические уравнения состояния (идеального газа или ван-дер-Ваальса) оказываются недостаточно точными, так как продукты взрыва — это сложный газовый состав с высокой степенью ионизации и нестандартной зависимостью термодинамических параметров [4].

Уравнение Джонса–Уилкинса–Ли (JWL) [14] вводит эмпирическую формулу давления P в зависимости от относительного объема V и внутренней энергии E :

$$P = A\left(1 - \frac{\omega}{R_1 V}\right)e^{-R_1 V} + B\left(1 - \frac{\omega}{R_2 V}\right)e^{-R_2 V} + \frac{\omega E}{V} \quad (2.17)$$

где P — давление продуктов взрыва, Па,

$V = \frac{v}{v_0}$ — относительный удельный объём (отношение текущего объёма к начальному объёму зарядной полости),

E — внутренняя энергия на единицу объёма, Дж/м³,

A, B, R_1, R_2, ω — эмпирические константы, зависящие от типа и состава взрывчатого вещества (таблица 2.7),

v, v_0 — текущий и исходный удельные объёмы.

Физический смысл составляющих уравнения:

– первый и второй члены с экспонентами отражают быстро затухающие силы межмолекулярного отталкивания и притяжения в горячем газе;

– третий член $\frac{\omega E}{v}$ учитывает давление, обусловленное внутренней энергией и температурой газа.

Особенности и применение:

– уравнение JWL адекватно описывает давление в диапазоне от сверхвысоких (в момент детонации) до низких (расширение газа в породе);

– значения коэффициентов подбираются экспериментально для конкретного ВВ (например, аммониты, АВВ, пластические взрывчатки);

– в численных моделях газодинамики (гидрокодах) уравнение JWL используется для расчёта давления и температуры продуктов взрыва при каждом шаге моделирования расширения.

Важность для горного дела. В моделировании буровзрывных работ точный расчёт давления и температуры продуктов взрыва позволяет:

– определить максимальное давление, воздействующее на породу;

– оценить эффективность передачи энергии от ВВ к массиву;

– прогнозировать образование и распространение трещин;

– минимизировать образование крупных неразрушенных блоков;

– оптимизировать параметры заряда и схемы взрывания.

Знаете ли вы, что скорость детонации современных взрывчатых веществ может превышать 8000 м/с — быстрее, чем скорость звука в стали? Именно эта энергия и формирует газодинамическое давление, разрушающее породу [3].

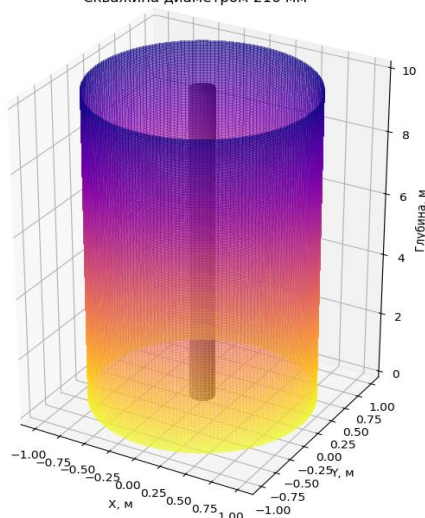
В рисунке 2.4 и в рисунке 2.5 представлены распределение газодинамического давления для скважин с диаметром 216 мм и для скважин с диаметрами 165 мм. А на рисунке 2.6 представлены сечение по горизонтали а) для скважин с глубиной 5.8 метров и б) для скважин глубиной 11 метров

Таблица 2.7 - Ориентировочные коэффициенты JWL для Аммонита 6ЖВ и АBB 70/30

Коэффициент	Аммонит 6ЖВ	АВВ 70/30	Ед. изм.	Примечание
A	3.712×10^9	6.000×10^9	Па	Давление от быстрого расширения
B	3.230×10^8	1.200×10^9	Па	Давление от медленного расширения
R ₁	4.2	4.5	—	Безразмерный
R ₂	0.9	1.1	—	Безразмерный
ω	0.30	0.25	—	Доля энергии газа
ρ_0	900 кг/м ³	1150 кг/м ³	кг/м ³	Начальная плотность
E ₀	$\sim 5.5 \times 10^6$	$\sim 6.5 \times 10^6$	Дж/кг	Удельная энергия

а)

Прозрачная 3D-модель газодинамического давления
Скважина диаметром 216 мм



б)

3D-модель распределения газодинамического давления
Скважина диаметром 216 мм

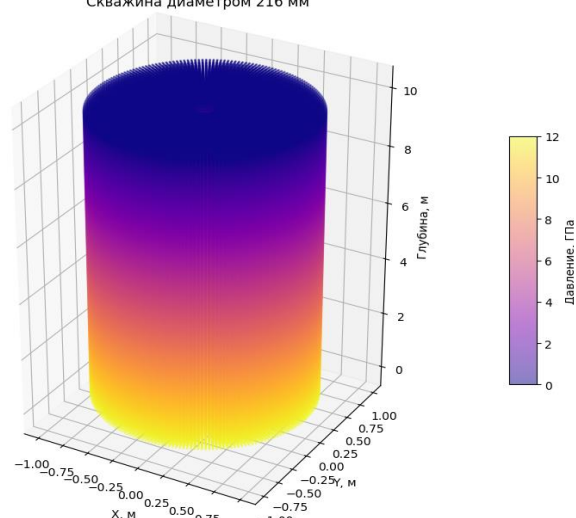
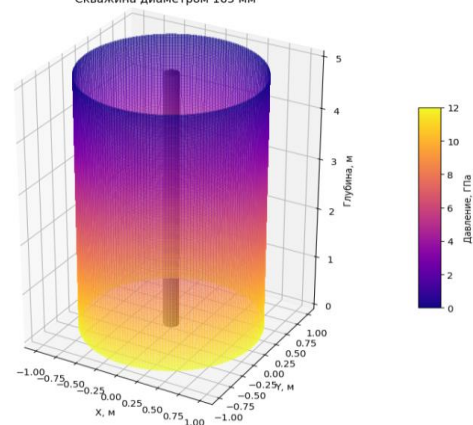


Рисунок 2.4 – Распределение газодинамического давления для скважин с диаметром 216 мм

а)

Прозрачная 3D-модель газодинамического давления
Скважина диаметром 165 мм



б)

3D-модель распределения газодинамического давления
Скважина диаметром 165 мм

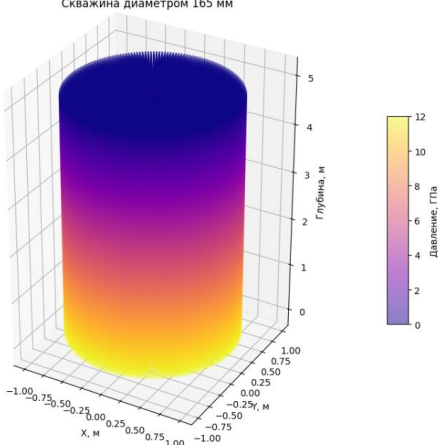


Рисунок 2.5 – Распределение газодинамического давления для скважин с диаметром 165 мм

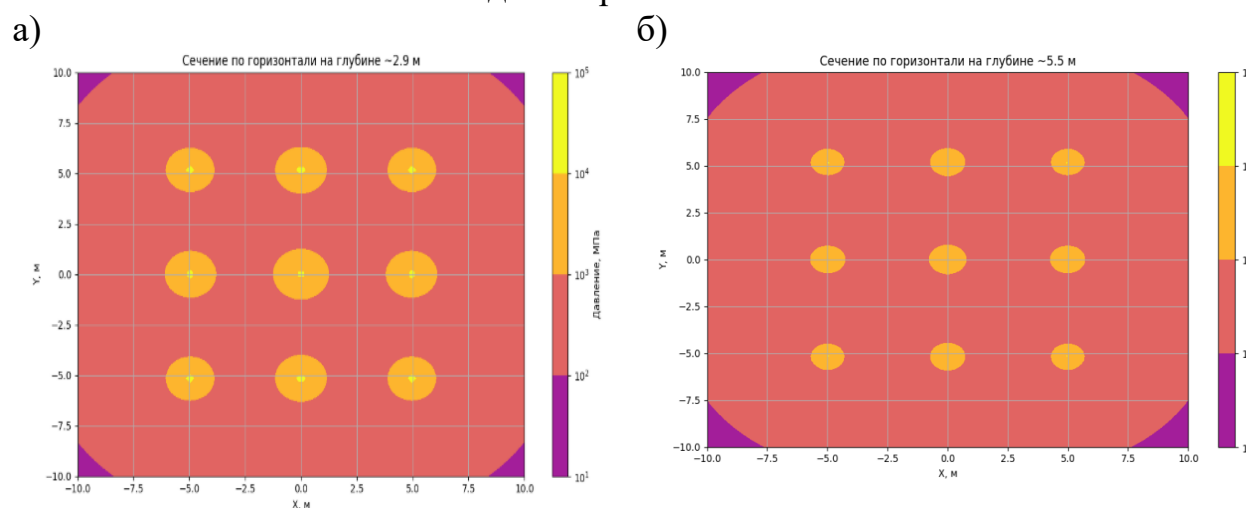


Рисунок 2.6 – Сечение по горизонтали а) для скважин с глубиной 5.8 метров и б) для скважин глубиной 11 метров

3 Промышленная безопасность и охрана труда

3.1 Общие требования

В целях обеспечения безопасных условий труда при проведении горных работ, транспортировке горной массы и формировании отвалов требуется строгое соблюдение проектных решений, параметров системы разработки и технологических регламентов.

Настоящим проектом предусматривается выполнение следующих мероприятий:

- разработка планов и продольных профилей въездных траншей с установлением нормативной ширины и поперечного профиля транспортных берм;
- регламентирование высоты и углов откосов рабочих и нерабочих уступов, а также углов откосов в отвалах;
- определение нормативных размеров берм безопасности;
- устройство предохранительных валов вдоль транспортных берм и на рабочих площадках;
- установление минимально допустимых размеров рабочих площадок, обеспечивающих безопасное размещение экскаваторной техники и маневрирование автотранспорта;
- организация регулярной оборки уступов от нависающих элементов с целью предотвращения их внезапного обрушения.

В процессе строительства и эксплуатации объектов отклонения от утверждённой проектной документации не допускаются.

Передвижение работников по взорванной горной массе между уступами допускается исключительно при наличии острой производственной необходимости и только с разрешения уполномоченного лица, ответственного за безопасность.

В целях автоматизации контроля и повышения эффективности управления горными работами объекты разрабатываемого карьера оснащаются системами позиционирования, автоматизированными комплексами диспетчеризации, средствами мониторинга фронта работ карьерных экскаваторов и управления буровыми станками с использованием спутниковой навигации, радиоэлектронных и высокочастотных устройств.

При расстоянии до рабочего места свыше 2,5 км либо глубине работ более 100 м организация доставки работников осуществляется с применением специализированного транспорта. Маршруты движения и скоростной режим утверждаются техническим руководителем предприятия, а при использовании транспорта подрядных организаций дополнительно согласовываются с их руководством. Посадочные площадки должны быть горизонтальными и расположены вне зоны проезжей части.

Перевозка работников в автосамосвалах, саморазгружающихся вагонах, грузовых вагонетках канатных дорог и иных транспортных средствах, не предназначенных для перевозки людей, категорически запрещена.

Для сообщения между уступами предусматривается устройство лестниц с двусторонними поручнями и углом наклона не более 60° , а также съездов с уклоном не более 20° . Лестничные марши высотой более 10 м должны иметь ширину не менее 0,8 м с промежуточными горизонтальными площадками через каждые 15 м по высоте. Положение и количество лестниц по длине уступа определяются планом развития горных работ при соблюдении интервала не более 500 м.

В зимний и осенне-весенний периоды необходимо систематически очищать ступени и площадки лестниц от снега, льда и грязи, а также обрабатывать их песком для предупреждения скольжения.

В случае необходимости допускается использование механизированных средств, сертифицированных на территории Республики Казахстан, для перевозки работников между уступами.

Во избежание несчастных случаев категорически запрещается:

- пребывание работников в зоне действия работающих механизмов, в пределах призмы возможного обрушения на уступах, а также вблизи нижней бровки откоса уступов;

- выполнение горных работ при наличии нависающих козырьков, крупных глыб, ледяных или снежных навесов. В случае невозможности оперативного устранения указанных опасностей работы в соответствующей зоне должны быть немедленно прекращены, персонал эвакуирован, а опасный участок ограждён с установкой предупреждающих знаков [17].

3.2 Промышленная безопасность при открытых горных работах: строительство и эксплуатация объектов

Горные работы, связанные с проведением траншей, разработкой уступов, созданием дражных полигонов и формированием отвалов, должны осуществляться в строгом соответствии с утвержденными техническим руководителем организации локальными проектами (паспортами).

В паспорте на каждый забой устанавливаются допустимые параметры: размеры рабочих площадок, ширина берм, углы откоса, высота уступов, параметры призмы возможного обрушения, а также минимально допустимые расстояния между установками горнотранспортного оборудования и бровками уступов или отвалов.

Срок действия паспорта определяется в зависимости от конкретных условий ведения горных работ. При изменении горно-геологических условий производство работ приостанавливается до пересмотра паспорта. Ознакомление с паспортом под роспись является обязательным для лиц технического контроля и персонала, выполняющего работы,

регламентированные данным документом. Копии паспортов должны находиться на всех горных машинах, задействованных в процессе.

Ведение горных работ без утверждённого паспорта либо с отступлением от его требований запрещается.

Работы на открытых горных объектах осуществляются на основании письменного либо электронного наряда-допуска.

Высота уступов определяется проектной документацией с учетом физико-механических свойств горных пород и полезного ископаемого, а также горнотехнических условий залегания. Разработка уступов высотой до 30 м допускается послойно, при этом высота забоя не должна превышать максимальную высоту черпания экскаватора. При послойной разработке обязательным является выполнение комплекса мер, направленных на предотвращение обрушений и вывалов породного материала, включая наклонное бурение, контурное взрывание и формирование заоткоски откосов.

Параметры высоты уступов должны соответствовать следующим требованиям:

- при работе одноковшовыми экскаваторами типа механической лопаты без применения взрывных работ высота уступа не должна превышать высоты черпания;

- при использовании драглайнов, многоковшовых и роторных экскаваторов — высоты и глубины черпания;

- при ручной разработке рыхлых и сыпучих пород — не более 3 м, а мягких устойчивых или крепких монолитных пород — не более 6 м.

При ведении буровзрывных работ допускается увеличение высоты уступов до полуторной высоты черпания экскаватора при условии послойной отработки либо разработки специальных мероприятий по безопасному обрушению козырьков и навесей.

Высота уступов или подступов должна обеспечивать достаточную видимость транспортных средств из кабины машиниста экскаватора.

Формирование временно нерабочих бортов карьера и возобновление горных работ осуществляются в соответствии с локальными проектами, в которых предусматриваются необходимые меры безопасности.

Параметры уступов и предохранительных берм, а также порядок их обслуживания уточняются в процессе эксплуатации на основании результатов исследований физико-механических свойств горных пород.

При погашении уступов и постановке их в предельное положение необходимо соблюдать общий угол откоса бортов карьера, установленный проектом. Во всех случаях ширина предохранительной бермы должна быть достаточной для обеспечения возможности её механизированной очистки. Поперечный профиль бермы должен быть горизонтальным либо иметь уклон в сторону борта карьера. Бермы, по которым осуществляется регулярное передвижение персонала, оборудуются ограждениями и систематически очищаются от обломков и осыпей.

В случае необходимости проектами допускается устройство наклонных берм с продольным уклоном, в том числе совмещенных с транспортными путями.

В процессе проведения горных работ осуществляется постоянный контроль за состоянием бортов карьера, траншей, уступов, откосов и отвалов.

При разработке твердых полезных ископаемых контроль состояния производится посредством непрерывного автоматизированного мониторинга с использованием современных радиоэлектронных и высокочастотных средств, выполняющих функции оперативного наблюдения и раннего оповещения о возможных сдвигениях пород.

При выявлении признаков деформаций работы незамедлительно приостанавливаются, и принимаются меры по стабилизации бортов. Возобновление работ допускается только после утверждения соответствующего проекта организации работ техническим руководителем организации.

Периодичность проведения осмотров и инструментальных наблюдений за деформациями определяется технологическим регламентом.

На уступах регулярно проводится оборка откосов от навесей и козырьков, а также ликвидация заколов. Оборка откосов выполняется преимущественно механизированным способом. Ручная оборка допускается по наряду-допуску и под непосредственным контролем ответственного лица. Персонал, не занятый в данных работах, отводится в безопасное место.

Работы на откосах с углом более 35° выполняются по отдельному проекту организации работ, в присутствии ответственного лица, с обязательным использованием предохранительных поясов и страховочных канатов, прошедших проверку и имеющих соответствующие отметки о дате последнего испытания.

Расстояние по горизонтали между рабочими местами или механизмами, расположенными на двух смежных по высоте уступах, должно составлять не менее 10 м при ручной разработке и не менее полуторакратной суммы максимальных радиусов черпания при механизированной разработке экскаваторами.

При проведении работ в районах, где возможно возникновение обвалов или провалов вследствие наличия подземных выработок либо карстовых процессов, принимаются дополнительные меры безопасности. В таких зонах организуется маркшейдерское и геотехническое наблюдение за состоянием бортов и рабочих площадок [18].

3.3 Организация готовности к ликвидации аварийных ситуаций

Для обеспечения системной готовности к локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах организации обязаны реализовывать комплекс управленческих и технических мероприятий, включающий в себя следующие положения:

– разработка, регулярное обновление и практическая реализация планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий, адаптированных к специфике горнотехнических условий эксплуатации карьера;

– организация профилактических работ по предупреждению аварий с обязательным привлечением специализированных военизированных аварийно-спасательных служб и формирований, обладающих необходимыми компетенциями и техническими средствами для проведения аварийно-спасательных работ;

– формирование резервов материальных ресурсов и финансовых средств, обеспечивающих оперативное реагирование и эффективное выполнение мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварийных ситуаций;

– систематическая подготовка и обучение работников методам индивидуальной и коллективной защиты, алгоритмам действий в условиях возникновения аварий, с проведением практических тренировок и инструктажей;

– создание и поддержание в постоянной готовности комплексных систем мониторинга, оповещения, связи и управления действиями в чрезвычайных ситуациях, обеспечивающих устойчивость функционирования даже в условиях дестабилизации производственной среды.

В рамках реализации данных мероприятий организации должны выстраивать интегрированную систему управления аварийными рисками, основанную на принципах превентивности, оперативности реагирования и минимизации последствий возможных происшествий [18].

3.4 Технические и организационные меры по обеспечению безопасности при ведении горных работ

Для обеспечения безопасного ведения горных работ на карьере требуется выполнение комплекса мероприятий.

На предприятии должен быть утвержден в установленном порядке технический проект, включающий раздел по технике безопасности. В проекте должны быть приведены границы карьера на конец отработки на основе балансовых запасов месторождения, расчетная производительность карьера по полезному ископаемому, график развития производительности по полезному ископаемому и вскрыше на весь срок существования предприятия с указанием годовых объемов горных работ. Также должны быть представлены технологическая схема и параметры системы разработки, ориентировочные сроки перехода на новые технологические схемы в зависимости от глубины горных работ, а также схема вскрытия месторождения в технической увязке с выбранными технологическими решениями.

К техническому руководству горными работами допускаются лица, имеющие высшее или среднее горнотехническое образование по разработке полезных ископаемых либо обладающие правом ведения горных работ. В соответствии с законодательством Республики Казахстан в области гражданской защиты, все технические руководители, специалисты и работники, участвующие в технологическом процессе на опасных производственных объектах, обязаны проходить подготовку и переподготовку. Должностные лица и работники, выполняющие работы на опасных объектах, должны ежегодно проходить обучение по десятичасовой программе. Технические руководители, специалисты и инженерно-технические работники проходят переподготовку один раз в три года с предварительным обучением по сорокачасовой программе. Дополнительная переподготовка предусмотрена при изменении законодательства, при переводе на новые должности, при нарушении требований промышленной безопасности, при вводе в эксплуатацию нового оборудования или технологических процессов, а также по предписанию уполномоченного органа.

При выборе основных параметров карьера должны учитываться требования Правил обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы, утвержденных приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 352.

Высота рабочих уступов не должна превышать более чем в 1,5 раза высоту черпания экскаватора либо должна предусматриваться послойная отработка. Протяженность временно нерабочих площадок определяется проектом в зависимости от требуемой интенсивности разработки, высоты рабочих уступов и применяемого оборудования, но не должна превышать 20% активного фронта работ. Такие площадки должны обеспечивать безопасные условия для разноса вышележащего уступа и быть не менее ширины транспортной бермы. Суммарная протяженность активного фронта должна обеспечивать длину рабочего участка экскаватора до 300 метров в зависимости от вместимости ковша и вида применяемого транспорта. Ширина рабочих площадок на протяжении активного фронта должна составлять от 14 до 35 метров. Минимальная ширина разрезных и въездных траншей должна учитывать параметры применяемого оборудования, транспортные схемы и наличие дополнительного свободного прохода шириной не менее 1,5 метра.

Рабочие площадки должны рассчитываться в соответствии с нормами технологического проектирования. При погашении уступов должны оставляться предохранительные бермы шириной не менее одной трети расстояния по вертикали между смежными бермами. Такие бермы должны устраиваться не реже чем через три уступа. Бермы, по которым осуществляется передвижение рабочих, должны быть оборудованы ограждениями.

Углы наклона бортов карьера устанавливаются на основании анализа геологических, гидрогеологических, сейсмических и горнотехнических

условий месторождения с учетом устойчивости горных пород. Коэффициент запаса устойчивости бортов карьера должен составлять не менее 1,2.

Обеспеченность карьера готовыми к выемке запасами при круглогодичном режиме работы должна составлять не менее одного месяца в соответствии с Нормами технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с открытым способом разработки (ВНТП 35-86). Размещение готовых к выемке запасов по высоте рабочей зоны должно соответствовать намеченному направлению развития горных работ и обеспечивать возможность восстановления запасов полезного ископаемого и вскрышных пород по мере их отработки.

Содержание вредных веществ в воздухе и уровень запыленности на рабочих местах должны соответствовать санитарным нормам. Горные выработки карьера, а также провалы, оползневые участки и воронки, представляющие опасность для людей и животных, должны быть ограждены и обозначены предупреждающими знаками, видимыми в темное время суток.

Управление горной и транспортной техникой разрешается только лицам, прошедшим специальное обучение, сдавшим экзамены и получившим удостоверение на право управления соответствующими машинами. Проведение взрывных работ допускается лицами, имеющими удостоверение установленного образца — Единую книжку взрывника [18].

3.5 Технические и организационные меры по безопасной эксплуатации перегрузочных узлов

Основные мероприятия по безопасной эксплуатации перегрузочных пунктов предусматривают ряд требований.

Месторасположение перегрузочного пункта, его основные параметры, а также порядок создания должны определяться паспортом пункта. В данном документе предусматривается необходимое количество секторов, пути подъезда и разворота транспорта, места установки оборудования, схемы передвижения людей, а также принятая система сигнализации и освещения.

Перегрузочные пункты, на которых в качестве промежуточного звена используются колесные погрузчики, должны соответствовать установленным требованиям. Высота яруса должна определяться в зависимости от физико-механических свойств горной массы, при этом она не должна превышать высоту черпания погрузчика. Автомобили и иные транспортные средства должны разгружаться только в специально предусмотренных для этого местах, указанных в паспорте пункта. Погрузочно-разгрузочные площадки должны обеспечивать необходимый фронт для выполнения маневров автомобилей, бульдозеров и автопоездов. Площадки для погрузки автомобилей должны быть горизонтальными, при этом допускается уклон не более 0,01.

Длина фронта разгрузки и ширина разгрузочной площадки определяются с учетом габаритов используемых транспортных средств,

принятых схем маневра и радиуса поворота, а также с учетом обеспечения безопасного расстояния между стоящими на погрузке и проезжающими транспортными средствами. Во всех случаях ширина площадки должна составлять не менее пяти метров.

На разгрузочной площадке запрещается нахождение людей и проведение каких-либо работ в рабочей зоне автосамосвала и бульдозера. Люди должны находиться на расстоянии не менее пяти метров от работающих механизмов [18].

3.6 Технические и организационные меры по безопасному выполнению буровзрывных работ

При эксплуатации месторождения «Пустынное» параметры буровзрывных работ должны быть уточнены, скорректированы и отражены в «Положении о буровзрывных работах».

При проведении взрывных работ на карьерах необходимо руководствоваться "Правилами обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов №343". Взрывание зарядов взрывчатых веществ должно проводиться по технической документации, включающей проекты, паспорта и аналогичные документы. Персонал, осуществляющий буровзрывные работы, должен быть ознакомлен с ними под роспись.

Проекты необходимо составлять для взрывания скважинных, камерных и котловых зарядов, а также при выполнении взрывных работ на строительных объектах, при валке зданий и сооружений, простреливании скважин, проведении дноуглубительных и ледоходных работ, работ на болотах, подводных взрывных работ, взрывании горячих массивов, выполнении прострелочно-взрывных и сейсморазведочных работ, а также других специальных работ. Остальные взрывные работы, за исключением специально оговоренных случаев, могут выполняться по паспортам.

Каждое предприятие, ведущее взрывные работы с применением массовых взрывов, должно иметь типовой проект производства буровзрывных работ, который является базовым документом для разработки паспортов и проектов, включая проекты массовых взрывов в конкретных условиях. На объектах строительства массовые взрывы необходимо проводить в соответствии с проектами производства буровзрывных работ и рабочими чертежами. Типовой проект должен утверждаться приказом руководителя предприятия или строительства. В случае выполнения взрывных работ подрядным способом типовой проект составляется и утверждается предприятием-подрядчиком и также подлежит утверждению заказчиком.

Проекты буровзрывных работ утверждаются руководителем предприятия (шахты, рудника, карьера) и должны содержать решения по безопасной организации работ с указанием основных параметров буровзрывных работ, способов инициирования зарядов, расчетов взрывных сетей, конструкций зарядов и боевиков, предлагаемому расходу взрывчатых

материалов, определению опасной зоны и ее охране с учетом расположенных в ней объектов, а также мерам по проветриванию района взрывных работ и другим требованиям безопасности. При наличии в опасной зоне объектов другого предприятия их руководитель должен быть письменно уведомлен о месте и времени производства взрывных работ не менее чем за сутки.

Паспорта на буровзрывные работы утверждаются руководителем предприятия, ведущего эти работы, и составляются с учетом результатов не менее трех опытных взрываний. При разрешении руководителя взрывных работ допускается использовать результаты взрывов, проведенных в аналогичных условиях, вместо опытных взрываний.

Перед началом заряжения на границах опасной зоны должны выставляться посты для охраны зоны, а все лица, не занятые заряжением, должны быть удалены в безопасные места под руководством лица технического надзора или по его поручению бригадиром. Постовым запрещается поручать выполнение работы, не связанной с их прямыми обязанностями. Проход в опасную зону разрешается только для представителей технического надзора и работников контролирующих органов.

При подготовке массовых взрывов на открытых горных работах в случае применения взрывчатых веществ группы (за исключением дымного пороха) в период заряжения устанавливаются запретные зоны, размеры которых определяются проектом. При длительном заряжении запретная зона должна быть не менее двадцати метров от ближайшего заряда и распространяться на соответствующие уступы. Опасная зона вводится при взрывании с применением электродетонаторов с начала укладки боевиков, либо при взрывании с использованием ДШ — с начала монтажа взрывной сети. Посты выставляются на границах опасной зоны при наличии в подземных выработках людей, не занятых подготовкой массового взрыва.

Производство взрывных работ обязательно сопровождается подачей звуковых, а в темное время — также световых сигналов. Запрещается использование голосовых команд и взрывчатых материалов для подачи сигналов. Первый сигнал, один продолжительный, является предупредительным и подается перед началом заряжения. Второй сигнал, два продолжительных, является боевым и сопровождает непосредственно процесс взрыва. Третий сигнал, три коротких, сообщает об окончании взрывных работ. Сигналы подаются взрывником или специально назначенным работником предприятия, а порядок подачи сигналов и время производства взрывных работ должны быть доведены до сведения работников предприятия и, при необходимости, местного населения.

Допуск людей к месту взрыва после его проведения разрешается лицом технического надзора только после осмотра места взрыва совместно с взрывником и подтверждения его безопасности. Мастер-взрывник также может разрешить допуск работников для продолжения последующих работ.

Число зарядов, взрывааемых взрывником за отведенное время, должно соответствовать требованиям правил и устанавливаться по результатам

хронометражных наблюдений, с утверждением руководителем предприятия. Все подготовленные заряды должны быть взорваны за один прием.

Поверхность устья шпуров и скважин, предназначенных для заряжания, должна быть очищена от породы, буровой мелочи и посторонних предметов. Шпуры и скважины очищаются перед началом заряжания. Забойники для зарядки могут изготавливаться только из материалов, не образующих искр, и должны иметь длину, превышающую длину шпура.

При взрывании нескольких скважинных зарядов должно применяться электродетонаторное или электрическое инициирование с обязательным дублированием сети при глубине скважин более пятнадцати метров. При взрывании группы зарядов, прикрытых защитными приспособлениями, заряды должны взрываться одновременно.

Взрывные работы запрещено проводить во время грозы при использовании электровзрывания как на земной поверхности, так и под землей. Если электровзрывная сеть уже была смонтирована до начала грозы, необходимо немедленно провести взрывание или отсоединить участковые провода, тщательно их заизолировать и вывести людей за пределы опасной зоны или в укрытие.

Работы с взрывчатыми материалами запрещается проводить при недостаточном освещении. При взрывании шпуровых и наружных зарядов на развалах заряжание и монтаж взрывной сети разрешены только сверху вниз.

Разбуривание "стаканов" запрещается при любых условиях, вне зависимости от наличия остатков взрывчатых материалов. После произведенного прострела скважины или шпура новое заряжание разрешается не ранее чем через тридцать минут.

Взрывание камерных зарядов допускается только с применением ДШ и электродетонаторов, при этом в каждую зарядную камеру помещаются два боевика. Взрывная сеть должна быть задублирована, а боевики размещаются в жестких прочных оболочках, таких как ящики или коробки [18].

3.6.1 Специфика организации и выполнения массовых взрывов

Массовые взрывы должны проводиться в соответствии с Правилами обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов от 30 декабря 2014 года № 343.

Лица, участвующие в подготовке массовых взрывов и находящиеся в подземных выработках, должны быть обеспечены изолирующими самоспасателями.

Опасные зоны, а также места нахождения людей и размещения взрывчатых материалов при подготовке и проведении массовых взрывов должны определяться проектом.

Массовые взрывы на земной поверхности, которые могут представлять угрозу безопасности воздушного движения, допускается проводить только после согласования их выполнения в установленном порядке.

3.6.2 Технология и безопасность при ликвидации отказавшихся зарядов

В случае, если заряды не могут быть взорваны по техническим причинам (неустранимые нарушения взрывной сети и т.п.), такие ситуации рассматриваются как отказы. Каждый отказ должен быть зафиксирован в Журнале регистрации отказов при взрывных работах.

При обнаружении отказа (или подозрении на него) на земной поверхности взрывник обязан выставить отличительный знак у невзорвавшегося заряда, а в подземных условиях — закрестить забой выработки. В любом случае, необходимо уведомить лицо технического надзора.

Работы по ликвидации отказов, в том числе на земной поверхности, должны выполняться под руководством лица технического надзора в соответствии с инструкцией, утвержденной руководителем предприятия по согласованию с МЧС РК.

В местах отказов запрещается проведение любых производственных процессов, не связанных с их ликвидацией.

Ликвидацию отказавших скважинных зарядов можно проводить следующими способами:

- взрыванием отказавшегося заряда, если отказ был вызван нарушением целостности внешней взрывной сети (если ЛНС отказавшего заряда не уменьшилась). Если при проверке выявлена угроза опасного разлета кусков горной массы или воздействия ударной воздушной волны, взрывание заряда запрещается;

- разборкой породы в месте нахождения скважины с извлечением заряда вручную. При использовании ДШ в скважинах с взрывчатым веществом на основе аммиачной селитры без содержания порохов, нитроэфиров или гексогена разборку породы можно проводить экскаватором с исключением непосредственного воздействия ковша на ВМ;

- в случае невозможности разборки породы — вскрытием скважины обуриванием и взрыванием шпуровых зарядов, размещаемых не ближе 1 м от стенки скважины. Параметры и количество шпуров определяются проектом или руководителем взрывных работ;

- взрыванием заряда в скважине, пробуренной параллельно на расстоянии не менее 3 м от скважины с отказавшим зарядом;

- при взрывании ВВ группы совместимости (кроме дымного пороха) с использованием детонирующего шнура — вымыванием заряда из скважины;

- при невозможности ликвидации отказа указанными способами — по проекту, утвержденному руководителем предприятия.

Ликвидация отказавших зарядов в рукавах должна проводиться взрыванием заряда во вспомогательном рукаве, пройденном на расстоянии не

менее $1/3$ длины рукава с отказавшим зарядом, а также другими методами, описанными в п. 268 ПОПБ при ВР.

Ликвидация отказавших камерных зарядов должна проводиться разборкой забойки с последующим вводом нового боевика, забойки и взрыванием в обычном порядке. Если при проверке ЛНС выявится возможность опасного разлета кусков горной массы или воздействия ударной воздушной волны при взрыве, взрывание отказавшего заряда запрещается. В таком случае следует проводить разборку забойки с извлечением ВМ. До ликвидации отказа такие заряды должны охраняться. При необходимости проведения дополнительных выработок для ликвидации отказавшего заряда, эти работы должны выполняться по проекту, утвержденному руководителем предприятия.

После взрыва заряда, предназначенного для ликвидации отказа, необходимо тщательно осмотреть взорванную массу и собрать ВМ. Рабочие могут быть допущены к дальнейшей работе только после выполнения необходимых мер предосторожности, установленных лицом технического надзора. Все обнаруженные ВМ должны быть уничтожены в установленном порядке.

Ликвидация зарядов, отказавших при массовых взрывах, должна проводиться согласно проектам, утвержденным руководителем предприятия [18].

3.7 Механизация процессов горных работ

Горные, транспортные и строительно-дорожные машины, находящиеся в эксплуатации, обязаны быть оснащены сигнальными устройствами, тормозами, защитными ограждениями для движущихся частей механизмов и рабочих площадок, средствами для предотвращения пожаров, а также системами освещения. Кроме того, такие машины должны быть оборудованы исправными инструментами, средствами защиты от электрических ударов, контрольно-измерительными приборами и механизмами для защиты от перегрузок и переподъема.

После монтажа или капитального ремонта горных, транспортных и строительно-дорожных машин, а также технологического оборудования, прием в эксплуатацию осуществляется комиссией с составлением соответствующего акта.

Кабины экскаваторов, буровых установок и других механизмов, находящихся в эксплуатации, должны быть утеплены и оснащены безопасными отопительными устройствами.

На каждой единице горнотранспортного оборудования должен вестись журнал приема и сдачи смен, ведение которого проверяется контролирующими лицами.

Процесс эксплуатации, обслуживания, монтажа и демонтажа технологического оборудования должен соответствовать инструкциям,

предоставленным заводами-изготовителями. Все технические характеристики, установленные производителями, должны соблюдаться на протяжении всего срока эксплуатации оборудования.

Перед началом работы или движением машин машинист должен удостовериться в безопасности как своих сотрудников, так и окружающих лиц. Перед пуском механизмов или началом движения транспортных средств должны подаваться установленные звуковые или световые сигналы. Работники, находящиеся в зоне действия этих машин, обязаны быть ознакомлены с данными сигналами под роспись, и эти сигналы должны быть хорошо слышны или видны всем в зоне работы.

Таблица с сигналами должна быть размещена на механизме или в его близи. Если сигнал подан неверно или его не поняли, это расценивается как сигнал «Стоп».

Обучение и аттестация машинистов и их помощников, которые управляют горными и транспортными машинами, включая оперативное включение и отключение электроустановок, должны проводиться с присвоением квалификационных групп по электробезопасности. Наличие таких квалификаций дает право машинистам и помощникам выполнять оперативные переключения кабелей, что фиксируется в оперативном журнале.

При временном переводе машинистов на другое оборудование, им нужно пройти обучение по системе электроснабжения данного оборудования, чтобы иметь возможность производить переключения.

В нерабочее время горные, транспортные и строительные машины должны быть переведены в безопасное положение, рабочие органы опускаются на землю, а кабины запираются. Напряжение с питающих кабелей снимается.

Перегон машин и их перевозка на транспортных средствах должны осуществляться в строгом соответствии с технологическим регламентом.

Для транспортировки (буксировки) самоходных машин и вспомогательного оборудования на открытых горных работах необходимо использовать жесткие сцепки и следовать правилам, указанным в регламенте безопасности. Когда используется другое оборудование, сцепки или несколько тягачей, необходимо разработать проект, утвержденный техническим руководителем организации, и оформить наряд-допуск.

Если подача электроэнергии внезапно прекращается, обслуживающий персонал обязан перевести пусковые устройства и рычаги управления в положение «Стоп» (нулевое).

Запрещается находиться посторонним лицам в кабине или на наружных площадках экскаваторов и буровых установок во время их работы, кроме лиц, выполняющих свои прямые обязанности, наладочного персонала, технического руководителя смены и лиц с разрешением на доступ.

Смазка машин и оборудования должна производиться в строгом соответствии с техническими требованиями, установленными изготовителями. Все компоненты смазочных систем должны быть

исправными, чистыми и безопасными в обслуживании. Система смазки должна предотвращать разбрызгивание и разлив масла.

Использование открытого огня или паяльных ламп для разогрева масел и воды строго запрещено. Смазочные и обтирочные материалы должны храниться в закрытых металлических контейнерах. Запрещается хранить горючие жидкости, такие как бензин, на горных и транспортных машинах [18].

3.8 Технические и организационные меры безопасности при эксплуатации буровых станков

Рабочие условия для проведения буровых работ должны включать:

- подготовленную площадку, очищенную и спланированную для безопасной работы;
- исправный комплект бурового оборудования;
- наличие документации, в том числе паспорта на бурение.

Установка бурового станка проводится на спланированной и подготовленной площадке, расположенной на безопасном расстоянии от края уступа, которое рассчитывается на основе проектных данных, но не менее 2 метров от бровки уступа до опорных точек станка. В момент бурения первого ряда скважин ось станка должна быть перпендикулярна кромке уступа.

При установке буровых станков для шарошечного бурения на первом ряду скважин, расположенном в непосредственной близости от откоса, управление станками должно осуществляться дистанционно.

Перемещение бурового станка по уступу с поднятой мачтой возможно только по горизонтальной спланированной площадке. При необходимости транспортировки станка между уступами или под высоковольтными линиями мачта должна быть уложена в транспортное положение, а буровой инструмент либо снят, либо надежно зафиксирован.

Процесс бурения скважин должен строго соответствовать паспорту на бурение и технологическому регламенту, который разрабатывается для каждого конкретного метода бурения.

Перед началом бурения необходимо провести осмотр участка, чтобы выявить возможные невзорвавшиеся заряды взрывчатых материалов и средства их инициирования.

После завершения бурения скважины с диаметром более 250 мм должна быть выполнена ее герметизация, а участок с пробуренными скважинами должен быть огражден предупреждающими знаками. Порядок ограждения и перекрытия скважин должен быть регламентирован технологической инструкцией.

Разведочные скважины, которые не предполагаются для дальнейшего использования, подлежат ликвидации.

Работа на буровых станках запрещена, если не функционируют ограничители подъема бурового инструмента, тормоза лебедки или система пылеподавления [18].

Лица, работающие на мачте бурового станка, обязаны использовать предохранительные пояса, прикрепленные к мачте. Запрещается нахождение людей на мачте во время работы станка или при его перемещении.

При бурении с использованием перфораторов и электросверлов ширина рабочей бермы должна составлять не менее 4 метров. Необходимые для бурения крупногабаритные элементы укладываются в один слой, устойчиво, в пределах безопасной зоны, исключая вероятность обрушения уступа [18].

3.9 Технические и организационные мероприятия по безопасности экскаваторных работ

Экскаваторы, находящиеся в эксплуатации, должны находиться в технически исправном состоянии и быть оснащены рабочими сигнальными устройствами, тормозами, средствами освещения, противопожарным оборудованием и исправной системой защиты от переподъема. Все движущиеся части механизмов, доступные для обслуживания, должны быть закрыты защитными ограждениями. Внесение изменений в конструкции ограждений, рабочих площадок и трапов без согласования с заводом-изготовителем запрещено, особенно если такие изменения могут повлиять на безопасность персонала.

Техническое состояние экскаваторов проверяется ежедневно машинистом, еженедельно механиком участка и ежемесячно — главным механиком или его заместителем. Все результаты осмотров фиксируются в специальном журнале. Эксплуатация неисправных экскаваторов строго запрещена.

Работы экскаваторами должны выполняться в соответствии с утвержденным главным инженером паспортом забоя, где прописаны допустимые параметры рабочих площадок, берм, углов откоса, высоты уступов, минимальные расстояния между оборудованием и краями уступов, а также порядок заезда транспортных средств к экскаватору.

Экскаваторы устанавливаются на твердом и выровненном основании уступа или отвала с уклоном, не превышающим норм, установленных техническим паспортом машины. При этом минимальное расстояние между контргрузом экскаватора и бортом уступа, отвалом или транспортным средством должно составлять не менее одного метра.

Кабина экскаватора при выполнении работ должна находиться на стороне, противоположной забою. В случаях, когда это невозможно (например, при сооружении съездов или нарезке уступов), работы допускаются только при согласовании с органами горного надзора. Для экскаваторов с ковшем объемом 8 м³ и более, ввиду особенностей конструкции и высокой посадки кабины, допускается работа при любом расположении относительно забоя.

Запрещено проводить работы под нависающими частями уступов или под "козырьками" [18].

При перемещении гусеничного экскаватора по ровной поверхности или на подъем, его ведущая ось должна находиться сзади. При движении на спуск ведущая ось располагается спереди. В процессе движения ковш должен быть опорожнен, находиться на высоте не более одного метра от земли, а стрела экскаватора — направлена по ходу движения. На участках с подъемами и спусками должны приниматься меры, предотвращающие самопроизвольное скольжение машины.

При погрузке материалов в транспортные средства машинист экскаватора обязан подавать звуковые сигналы:

- один короткий сигнал — «Стоп»;
- два коротких сигнала — разрешение на подъезд под погрузку;
- три коротких сигнала — начало погрузки;
- один длинный сигнал — окончание погрузки и разрешение на отъезд.

Информация о сигналах должна быть размещена на кузове экскаватора на видном месте. Все водители транспортных средств и машинисты локомотивов должны быть ознакомлены с сигналами.

Находиться в зоне действия ковша экскаватора посторонним лицам и обслуживающему персоналу во время работы категорически запрещается.

Применяемые на экскаваторах тросы и канаты должны соответствовать установленным паспортным требованиям. Стрелковые канаты необходимо осматривать участковым механиком не реже одного раза в неделю. При этом количество оборванных проволок на длине шага свивки не должно превышать 15% от общего числа проволок в канате, а торчащие концы оборванных проволок должны быть удалены. Все результаты осмотров и данные о замене канатов фиксируются в журнале учета, который хранится на экскаваторе. Подъемные и тяговые канаты осматриваются согласно графику, установленному главным механиком.

При угрозе обрушения уступов, оползней, а также при обнаружении неразорвавшихся зарядов взрывчатых веществ, работы на экскаваторе должны быть немедленно прекращены, а машина — отведена в безопасное место.

На случай экстренной эвакуации экскаватора из забоя должен быть заранее предусмотрен свободный выезд.

Если работы ведутся на неустойчивых или слабых грунтах, необходимо заранее предусмотреть меры по обеспечению устойчивости экскаватора. Перемещение машины по таким участкам должно проходить под контролем специалистов надзора.

Для перемещения экскаватора на большие расстояния (например, между карьерами или с карьера на отвал) необходимо составить диспозицию, в которой детально описываются меры по обеспечению безопасности перевозки.

При выполнении ремонтных и наладочных работ должно быть предусмотрено ручное управление отдельными механизмами. Также рабочие площадки экскаваторов должны быть оснащены средствами для оперативного вызова машиниста [18].

3.10 Технические и организационные мероприятия по безопасности эксплуатации бульдозеров

Оставлять бульдозер без присмотра с работающим двигателем и поднятым отвалом строго запрещено. Также недопустимо направлять трос вручную, становиться на подвесную раму или нож во время работы машины.

Работа на бульдозере без установленной блокировки, препятствующей запуску двигателя при включенной передаче, или без штатного устройства запуска из кабины, не допускается. Кроме того, запрещено перемещение машины поперек крутых склонов.

Для выполнения ремонтных, смазочных и регулировочных операций бульдозер необходимо поставить на ровную горизонтальную поверхность, заглушить двигатель и полностью опустить нож на землю.

При необходимости осмотра ножа с нижней стороны он должен быть установлен на прочные подпорки, а двигатель бульдозера выключен. Нахождение под поднятым ножом категорически запрещено.

Безопасное расстояние между гусеницей бульдозера и краем откоса должно определяться на основании горно-геологических условий местности и фиксироваться в паспорте ведения работ на участке (или отвале).

При проведении работ с использованием бульдозера максимальные допустимые углы откоса составляют: не более 25° при подъеме и не более 30° при спуске с грузом.

При планировке поверхности отвала подъезд бульдозера к краю должен осуществляться только с ножом, направленным вперед. Подъезжать к бровке задним ходом категорически запрещено [18].

3.11 Технические и организационные меры повышения безопасности карьерного автотранспорта

В соответствии с требованиями «Правил обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, осуществляющих горные и геологоразведочные работы», утверждённых приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 352, эксплуатация автомобильного транспорта в карьерах должна осуществляться на основании положений "Правил дорожного движения" и "Правил техники безопасности для предприятий автомобильного транспорта", в части, не противоречащей вышеуказанным требованиям.

Скоростной режим и организация движения на карьерных дорогах устанавливаются администрацией предприятия с учётом состояния дорог, местных условий и технических характеристик транспорта. Движение должно регулироваться стандартными дорожными знаками согласно ПДД, и осуществляться без обгона. В исключительных случаях при наличии автомобилей с различной технической скоростью допускается обгон при

обеспечении полной безопасности и согласовании с органами государственного горного надзора.

На участках с затяжными уклонами свыше 60 ‰ устраиваются специальные площадки длиной не менее 50 метров с уклоном до 20 ‰, размещаемые через каждые 600 метров.

Проектирование радиусов поворотов и поперечных уклонов автодорог осуществляется в соответствии с действующими строительными нормами. В стеснённых условиях радиусы кривых могут составлять не менее двух радиусов разворота по наружному переднему колесу для одиночных автомобилей и не менее трёх радиусов для автопоездов с полуприцепами.

Проезжая часть внутрикарьерных дорог должна быть защищена породными валами или специальными стенками от возможных обрушений. Высота вала определяется как минимум половиной диаметра колеса самого тяжёлого автомобиля. При этом вал располагается вне призмы возможного обрушения.

Минимальное расстояние между проезжей частью и внутренним краем защитного вала должно быть не меньше половины диаметра колеса наиболее грузоподъемного автотранспорта.

Зимой дороги очищаются от снега и наледи, а покрытие посыпается песком, шлаком, мелким щебнем либо обрабатывается противогололёдными составами.

Каждый автомобиль обязан иметь технический паспорт с основными характеристиками. Карьерные автомобили обязательно оснащаются:

- средствами пожаротушения;
- аварийными знаками остановки;
- медицинскими аптечками;
- противооткатными упорами;
- звуковыми сигналами при движении назад;
- устройствами блокировки подъёма кузова для автомобилей грузоподъёмностью 30 тонн и более;
- двумя зеркалами заднего вида;
- средствами связи.

Выход автотранспорта на линию допускается только при технической исправности всех узлов и агрегатов, наличии необходимого количества топлива и штатного комплекта инструментов.

Использование открытого огня для разогрева масел и охлаждающей жидкости запрещено. Для этих целей организуются стационарные пароподогревательные пункты.

Водители обязаны иметь при себе удостоверение на право управления автомобилем.

В процессе эксплуатации и при капитальном ремонте проводится обязательная дефектоскопия критически важных элементов автосамосвалов в сроки, установленные заводом-изготовителем.

Буксировка самосвалов грузоподъёмностью 27 тонн и более осуществляется только тягачами. Неисправные автомобили не должны оставаться на проезжей части. В случае аварийной остановки допускается кратковременное пребывание автомобиля на проезжей части при условии его ограждения предупредительными знаками с обеих сторон.

Движение на технологических дорогах организуется без обгонов. Обгон возможен только при наличии безопасных условий.

Перед загрузкой горной массы экскаватором автомобили должны находиться за пределами зоны действия ковша. Заезд под погрузку осуществляется только по сигналу машиниста. Под погрузкой автомобиль должен быть заторможен, находиться в пределах видимости машиниста, а ковш не должен перемещаться над кабиной автомобиля.

Высота падения материала не должна превышать 3 метров.

После загрузки автомобиль может отправляться к месту разгрузки только после разрешающего сигнала машиниста. Перегрузка и неправильное распределение груза (односторонняя погрузка) запрещены.

Автосамосвалы, используемые на открытых горных работах, должны быть оборудованы защитными козырьками. При их отсутствии водитель обязан покинуть кабину на время загрузки и находиться вне радиуса действия ковша.

Запрещено:

- движение с поднятым кузовом;
- любые манёвры под экскаватором без команды машиниста;
- остановка, ремонт и разгрузка под линиями электропередачи;
- движение задним ходом более чем на 30 метров, кроме работ в траншеях;
- перегруз автомобилей более чем на 10 %;
- переезд через незащищённые кабели;
- перевозка посторонних лиц в кабине;
- выход из кабины до завершения подъёма или опускания кузова;
- остановка на подъёмах и уклонах без принятия мер против самопроизвольного движения;
- движение вдоль железнодорожных путей ближе чем на 5 метров;
- эксплуатация автомобилей с неисправными стартерами.

При движении задним ходом обязательно используется звуковой сигнал.

Очистка кузова от налипшей массы производится с применением механизированных средств в специально отведённых местах.

Шиномонтажные работы выполняются на специализированных участках с оборудованием и ограждением. Персонал должен быть обучен и проинструктирован.

Погрузочно-разгрузочные участки обеспечиваются необходимым пространством для маневров всех видов техники, используемой в технологическом процессе [18].

4 Экономическая часть

С целью обоснования выбора оптимального типа взрывчатого вещества (ВВ) для буровзрывных работ на месторождении произведено сравнение двух вариантов:

- традиционно применяемого эмульсионного ВВ Fortis Extra 70;
- комбинированной системы Аммонит 6ЖВ + АВВ 70/30, предложенной в рамках исследования.

В сравнении учитывались следующие статьи затрат: стоимость самих ВВ, их доставка, хранение, зарядка, а также наличие или отсутствие потребности в специализированном оборудовании (смесительно-зарядные машины, насосы и т. д.).

Удельный расход ВВ составил 0,65 кг/м³ для Аммонита + АВВ и 0,80 кг/м³ для Fortis Extra 70. Стоимость компонентов системы Аммонит + АВВ рассчитывалась исходя из соотношения 70/30, при этом цена за 1 кг Аммонита составляла 3000 тг, АВВ — 3300 тг. Для Fortis Extra 70 принята средняя рыночная стоимость — 4100 тг/кг.

Также были учтены затраты на транспортировку, хранение, услуги по заряданию и амортизацию оборудования. В случае Fortis эти статьи затрат выше из-за специфики приготовления и применения эмульсионных ВВ.

По результатам расчётов, итоговые затраты на 1000 м³ породы составили:

- для Аммонита 6ЖВ + АВВ 70/30 — 2 428 500 тг;
- для Fortis Extra 70 — 4 160 000 тг.

Таким образом, экономия при применении комбинированной системы составляет 1 731 500 тг на 1000 м³ породы, что даёт экономический эффект более (таблицу 4.1).

Кроме экономических преимуществ, использование Аммонита с добавкой АВВ позволяет компенсировать недостаточную влагостойкость и улучшить газодинамические характеристики заряда за счёт сочетания детонационных и монетных ВВ.

Помимо экономии, важным преимуществом является повышение универсальности применения комбинированной системы в условиях сложных гидрогеологических разрезов. АВВ 70/30, обладая хорошей влагостойкостью и высокой скоростью детонации, способствует более полному вовлечению энерговыделения в разрушение породы, особенно при наличии водонасыщенных зон, где традиционные аммониты теряют эффективность.

Дополнительно стоит отметить, что комбинированная система не требует дорогостоящего оборудования, необходимого для приготовления и закачки эмульсионных ВВ (например, смесительно-зарядных машин и насосов высокого давления). Это снижает не только капитальные, но и эксплуатационные затраты, особенно в случае отдалённых или маломощных карьеров.

Таким образом, на основе технико-экономического анализа можно сделать вывод, что комбинированная система Аммонит 6ЖВ + АВВ 70/30 обеспечивает оптимальное соотношение "стоимость–эффективность" и может быть рекомендована к широкому внедрению в условиях месторождения, особенно с учётом особенностей геологического строения и задач повышения качества дробления горной массы.

Таблица 4.1 Техничко-экономические показатели

Статья расходов	Ед. изм.	Аммонит 6ЖВ + АВВ 70/30	Fortis Extra 70
Объём породы	м ³	1 000	1 000
Удельный расход ВВ	кг/м ³	0,65	0,80
Масса ВВ на 1 000 м ³	кг	650	800
Стоимость Аммонита 6ЖВ (70%)	тг	455 × 3000 = 1 365 000	—
Стоимость АВВ 70/30 (30%)	тг	195 × 3300 = 643 500	—
Стоимость Fortis Extra 70	тг	—	800 × 4100 = 3 280 000
Транспортировка ВВ	тг	25 000	30 000
Хранение ВВ (временное, склад)	тг	5 000	10 000
Заряжание (ручное/механическое)	тг	12 000	18 000
Услуги по приготовлению (смесительная установка)	тг	—	20 000
Амортизация оборудования	тг	—	10 000
Итого затраты на 1000 м ³	тг	2 050 500	3 378 000
Стоимость на 1 м ³ породы	тг/м ³	2050,5	3378
Экономия на 1 000 м ³	тг	1 327 500	—

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

В ходе выполнения магистерской диссертации была рассмотрена и обоснована необходимость повышения качества дробления горной массы при разработке сложноструктурных рудных тел на основе учета газодинамических процессов, протекающих в зарядной полости в момент взрыва.

Проведён анализ геолого-структурных особенностей месторождения Пустынное, включая характеристики рудного тела, литологический состав, трещиноватость и физико-механические свойства пород. Это позволило обоснованно подойти к проектированию параметров буровзрывных работ и выбору средств механизации, отвечающих требованиям технологической схемы.

На основе сопоставления различных типов взрывчатых веществ, в частности, аммонита 6ЖВ и эмульсионного ВВ АВВ 70/30, были проанализированы особенности их газодинамического воздействия на породу. Выполнены расчёты параметров БВР для рудных и вскрышных уступов с учётом реальных геомеханических условий, типов зарядов, диаметров скважин и схем расположения зарядов.

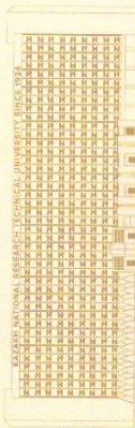
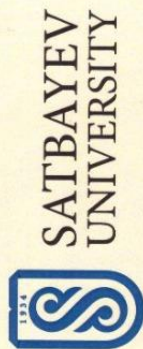
В результате работы установлено, что использование ВВ с более стабильными газодинамическими характеристиками (АВВ 70/30+Аммонит 6ЖВ) способствует улучшению качества дробления горной массы, снижению крупности кусков на забое и более равномерному распределению энергии взрыва в массе. Это подтверждается расчётными данными по ожидаемому гранулометрическому составу и снижением объема недодробленной крупнокусовой массы.

Полученные результаты могут быть рекомендованы к внедрению при проектировании и оптимизации буровзрывных работ на аналогичных по геологическим условиям месторождениях. Это позволит повысить эффективность вскрышных и добычных операций, сократить затраты на последующие стадии переработки, а также обеспечить стабильную работу технологических звеньев горного предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР

- 1 АО «АК Алтыналмас» План горных работ, 2023
- 2 Айнбиндер И. И. Совершенствование технологии буровзрывных работ при разработке рудных месторождений в сложных горно-геологических условиях : дис. ... д-ра техн. наук : 25.00.20 / Айнбиндер Илья Исаевич. – Магнитогорск, 2017. – 343 с.
- 3 Баловцев С. В. Оценка эффективности использования энергии взрыва с учетом газодинамических процессов в скважине / С. В. Баловцев, В. В. Морозов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 1. – С. 21-32.
- 4 Богатов Б. А. Повышение эффективности взрывной отбойки руды в глубоких карьерах на основе совершенствования параметров скважинных зарядов : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.20 / Богатов Борис Александрович. – Магнитогорск, 2018. – 154 с.
- 5 Васильев А. В. Геомеханическое обоснование параметров буровзрывных работ при разработке рудных месторождений в сложных условиях / А. В. Васильев, Д. Н. Дьяченко // Горный журнал. – 2020. – № 7. – С. 45-49.
- 6 Еременко В. А. Оптимизация параметров взрывной отбойки руды с учетом газодинамических явлений в скважине / В. А. Еременко, А. И. Петров // Взрывное дело. – 2016. – № 116/93. – С. 56-65.
- 7 Захаров Д. С. Моделирование газодинамических процессов в зарядной камере при взрыве скважинных зарядов ВВ / Д. С. Захаров, П. В. Петров // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 6. – С. 32-38.
- 8 Иванов А. В. Влияние газодинамических процессов на эффективность дробления горной массы при взрывных работах / А. В. Иванов, С. С. Кузнецов // Горное оборудование и электромеханика. – 2018. – № 4. – С. 12-17.
- 9 Каплунов Д. Р. Геомеханическое обеспечение эффективного управления массивом горных пород при разработке рудных месторождений / Д. Р. Каплунов, М. В. Рыбин, Е. А. Осьмаков // Горный журнал. – 2015. – № 12. – С. 16-23.
- 10 Козырев А. А. Совершенствование технологии взрывной подготовки руды к переработке на основе учета геомеханических свойств массива : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.20 / Козырев Андрей Александрович. – Санкт-Петербург, 2019. – 148 с.
- 11 Кутузов Б. Н. Взрывное разрушение горных пород / Б. Н. Кутузов. – Москва : Издательство «Недра», 2017. – 528 с.
- 12 Лель Ю. И. Повышение эффективности взрывных работ на карьерах с использованием современных технологий и оборудования / Ю. И. Лель, А. В. Сидоров // Горный журнал. – 2016. – № 3. – С. 67-72.

- 13 Морозов В. В. Влияние газодинамических параметров взрыва на степень дробления горной массы / В. В. Морозов, С. В. Баловцев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. – № 6. – С. 33-39.
- 14 Петров П. В. Численное моделирование газодинамических процессов при взрыве скважинных зарядов / П. В. Петров, Д. С. Захаров // Горное дело. – 2019. – № 2. – С. 45-50.
- 15 Сидоров А. В. Оптимизация параметров буровзрывных работ с учетом трещиноватости массива горных пород / А. В. Сидоров, Ю. И. Лель // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 9. – С. 123-131.
- 16 Шахов В. А. Совершенствование технологии взрывной отбойки руды на основе учета влияния геологических факторов : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.20 / Шахов Василий Александрович. – Екатеринбург, 2020. – 165 с.
- 17 Трудовой Кодекс РК от 23.11.2015г. № 414-V
- 18 Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов от 30 декабря 2014 года № 343;
- 19 Тұрсынхан Б.А. «Анализ параметров БВР для повышение качества дробления» «Сатпаевское чтение», 2025 г.



Polytech is the best!

СЕРТИФИКАТ

Certificate

«SABAYEV INTERNATIONAL CONFERENCE - 2025. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENGINEERING AND PRODUCTION SYSTEMS: SOLUTIONS FOR OPTIMIZATION AND AUTOMATION OF PROCESSES»

жоғарғы деңгейлі
on the topic

«Кенді ұсақтау сапасын арттыру үшін бұрғылау-жару жұмыстарының параметрлерін талдау»
«Analysis of drilling and blasting parameters to improve ore crushing quality»
(Б. А. Тұрсынхан, Қ. Е. Асқар, М. М. Сержанов, Т. Алим)

атты мазмұнды баяндама ұсынғаны үшін беріледі
for providing a high-level semantic report



М. Бегентаев

2025