

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно – металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Горное дело»

Абдыльда Аблайхана Адлетович

Установление безопасных параметров открыто-подземного способа разработки
золоторудного месторождения «Жолымбет»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

7М07203 – «Горная инженерия»

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Институт Горно-металлургический имени О. А. Байконурова

Кафедра «Горное дело»

УДК 622.271:622.83/86:622.1 (574)

На правах рукописи

Абдыльда Аблайхан Адлетович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

Установление безопасных параметров
открыто-подземного способа разработки
золоторудного месторождения
«Жолымбет»

Направление подготовки

7M07203 – Горная инженерия

Научный руководитель
д-р техн. наук, профессор
Молдабаев С.К.
« 10 » 06 2025 г.

Рецензент
канд. техн. наук кафедры «Физики»,
Институт физики, математики и циф-
ровых технологий, КазНПУ
Заурбекова Н.Д.
« 12 » 06 2025 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНПУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

Норм контроль

Ведущий инженер
Мендекинова Д.С.
« 13 » 06 2025 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующей кафедрой ГД
д-р техн. наук, профессор
Молдабаев С.К.
« 13 » 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Институт Горно-металлургический имени О.А. Байконурова

Кафедра «Горное дело»

7M07203 – «Горная инженерия»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ГД
д-р. техн. наук, профессор
Молдабаев С.К.
«23» 01 2025г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Магистранту Абдыльда Аблайхан Адлетович

Тема: «Установление безопасных параметров открыто-подземного способа разработки
золоторудного месторождения Жолымбет»

Утверждена приказом Ректора Университета № 548-П/Ө от 04.12.2023 г

Срок сдачи законченного проекта: "16" июня 2025г.

Исходные данные к магистерской диссертации: геомеханические характеристики массива
горных пород между контуром карьера и выработанным пространством зоны
«Октябрьская» месторождения Жолымбет.

Перечень подлежащих разработке вопросов:

а) исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород между
контуром карьера и выработанного пространства зоны «октябрьская»

б) численное моделирование НДС массива между контуром карьера и выработанного
пространства зоны «Октябрьская»

в) заполнение пустот зоны «Октябрьская»

Перечень графического материала: демонстрационный материал с результатами иссле-
дований не менее чем на 12 слайдах.

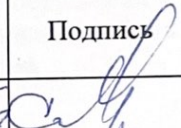
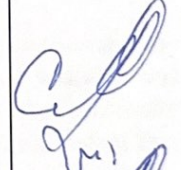
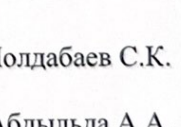
Рекомендуемая основная литература: из 8 наименований

ГРАФИК
Подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представлению научному руководителю и консультантом	Примечание
Общие сведения об объекте исследования. Краткая характеристика месторождения	03.05.2024г.	
Анализ данных. Численное моделирование НДС массива между контуром карьера и выработанного пространства зоны «Октябрьская»	14.01.2025 г.	
Установление безопасных параметров открыто-подземного способа разработки золоторудного месторождения Жолымбет	10.04.2025 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименование разделов	Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Геологическая часть	Молдабаев С.К. д-р.техн. наук, профессор.	12.06.25г.	
Численное моделирование НДС массива между контуром карьера и выработанного пространства зоны «Октябрьская»	Молдабаев С.К. д-р.техн. наук, профессор.	12.06.25г.	
Закладка пустоты зоны «Октябрьская»	Молдабаев С.К. д-р.техн. наук, профессор.	12.06.25г.	
Нормаконтролер	Ведущий инженер Мендекинова Д.С.	12.06.25г.	

Научный руководитель

Задание принял к исполнению

Дата

Молдабаев С.К.

Абдыльда А.А.

«03» 01 2025г.

АНДАТПА

Бұл жұмыста Жолымбет кен орнының "Қазан" аймағындағы карьер контуры мен өңделген кеңістігі арасындағы тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу қарастырылады. Соңғы элементтер әдісімен сандық талдау жүргізілді, бұл жыныс массивінің тұрақтылығын қамтамасыз ететін кен денесінің минималды рұқсат етілген қуатын анықтауға мүмкіндік берді. Қауіпсіз тау-кен жұмыстарын жүргізу үшін кен денесінің минималды қуаты 73,5 метр болуы керек екендігі анықталды. "Қазан" аймағындағы бос орындарды 650 мм диаметрлі бұрғылау ұңғымалары мен қалдық тау жыныстарынан жасалған төсемдік материалды қолдану арқылы толтыру технологиясы қарастырылды. Ұсынылған әдістер құлау қаупін азайтуға және кен орнын игеру қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері ұқсас тау-кен нысандарын жобалау және пайдалану кезінде қолданылуы мүмкін.

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается исследование напряжённо-деформированного состояния массива горных пород между контуром карьера и выработанным пространством зоны "Октябрьская" месторождения Жолымбет. Проведен численный анализ методом конечных элементов, что позволило определить минимально допустимую мощность рудного целика, обеспечивающего устойчивость массива. Установлено, что для безопасного ведения горных работ минимальная мощность рудного целика должна составлять 73,5 метра. Рассмотрена технология закладки пустот зоны "Октябрьская" с использованием буровых скважин диаметром 650 мм и закладочного материала из породного отвала. Предложенные методы позволят минимизировать риски обрушений и повысить безопасность разработки месторождения. Результаты исследования могут быть применены при проектировании и эксплуатации аналогичных горных объектов.

ABSTRACT

This study examines the stress-strain state of the rock mass between the pit contour and the mined-out space of the "Oktabrskaya" zone of the Zholymbet deposit. A numerical analysis was carried out using the finite element method, which made it possible to determine the minimally permissible thickness of the ore pillar ensuring the stability of the massif. It was established that for the safe conduct of mining operations, the minimum ore pillar thickness should be 73.5 meters. The technology of backfilling the voids in the "Oktabrskaya" zone using boreholes with a diameter of 650 mm and backfill material from waste rock was considered. The proposed methods will help minimize the risk of collapses and improve the safety of mining operations. The results of the study can be applied in the design and operation of similar mining sites.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение		
1	Общие сведения о районе	9
1.1	Стратиграфия	9
2	Геологическая часть	11
2.1	Геологическое строение месторождения	11
2.2	Геологическое строение рудного поля и Центрального участка	13
2.3	Зона окисления	15
2.4	Морфорлогия и параметры рудных тел штокверкового типа	15
2.5	Инженерно-геологические условия разработки месторождения	17
2.6	Гидрогеологические условия разработки месторождения	20
2.7	Запасы месторождения	23
3	Горная часть	25
3.1	Рельеф	25
3.2	Гидрография	28
3.3	Обводненность месторождения	31
3.4	Химический состав карьерных вод	36
4	Источники водоснабжения	39
4.1	Инженерно-геологические условия месторождения	39
4.2	Технология укрепления откосов	39
4.2.1	Анализ современных подходов к стабилизации откосов	39
4.2.2	Выбор метода и обоснование технологии укрепления	40
4.2.3	Исследование физико-механических характеристик горных пород	40
4.3	Моделирование устойчивости откосов до укрепления	41
Заключение		
Список использованной литературы		
Приложения А		

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Актуальность темы обусловлена необходимостью безопасной и эффективной отработки запасов Центрального участка месторождения Жолымбет, часть которых ранее была подработана подземным способом. Использование комбинированного открыто-подземного способа разработки требует точного определения устойчивости массива горных пород, особенно в зоне между карьером и выработанным пространством зоны «Октябрьская». Нарушение стабильности может привести к аварийным ситуациям, обрушениям, и значительным экономическим и экологическим потерям. В условиях сложных геологических и тектонических особенностей установление минимально допустимой мощности рудного целика на основе численного моделирования является необходимым этапом для обеспечения безопасности горных работ.

Цель магистерской диссертации. Разработка научно обоснованных параметров безопасной отработки Центрального участка месторождения Жолымбет при комбинированной (открыто-подземной) системе, с использованием численного моделирования напряжённо-деформированного состояния массива горных пород.

Основные задачи работы

- а) изучение геолого-технических и физико-механических свойств массива горных пород Центрального участка;
- б) проведение геотехнического картирования и расчет геологических индексов (GSI, RMR, Q и др.);
- в) моделирование напряжённо-деформированного состояния массива с использованием метода конечных элементов (ПО RS2);
- г) определение минимально допустимой мощности рудного целика, обеспечивающей устойчивость массива между карьером и выработанным пространством;
- д) разработка рекомендаций по технологии закладки пустот зоны «Октябрьская» и обеспечению устойчивости массива при отработке.

Научная новизна работы:

1. Проведён детализированный численный анализ напряжённо-деформированного состояния массива между открытым карьером и подземной выработкой зоны «Октябрьская» с учётом конкретных геомеханических условий месторождения Жолымбет и параметров ранее отработанных участков.
2. Определена минимально безопасная мощность рудного целика — 73,5 метра, при которой обеспечивается устойчивость массива, соответствующая нормативным требованиям (коэффициент устойчивости ≥ 1.2 по стандартам ISRM).
3. Разработаны технические рекомендации по использованию буровых скважин диаметром 650 мм и закладочного материала из породного отвала для эффективной и безопасной ликвидации пустот подземных выработок.

4. Полученные результаты могут быть использованы для проектирования аналогичных комбинированных горных работ на других месторождениях со схожими горно-геологическими условиями.

1 Общие сведения о районе

1.1 Стратиграфия

Золоторудное месторождение Жолымбет и одноимённый рудник расположены в Акмолинской области Республики Казахстан, в 50 км от районного центра и железнодорожной станции Шортанды, в 310 км от областного центра – города Кокшетау и в 125 км от столицы — города Астана. Сообщение с данными пунктами осуществляется как автомобильным, так и железнодорожным транспортом, что обеспечивает логистическую доступность и удобство доставки грузов и персонала (рисунок 1.1). До железнодорожной станции Аксу и материально-технической базы АО «ГМК Казахалтын», куда вывозится товарная продукция рудника, расстояние составляет 90 км.

Рудник «Жолымбет» расположен в степной зоне, характеризующейся слабо расчленённым, равнинным рельефом. Абсолютные отметки высот местности варьируются от 280 до 380 м над уровнем моря при незначительных относительных превышениях рельефа – 5–10 м, что способствует удобству организации открытых горных работ и прокладки инженерной инфраструктуры. Преобладают открытые пространства с минимальной природной преградой для размещения производственных объектов.

Климат района – резко континентальный, с выраженными сезонными перепадами температур. Зимний период характеризуется длительными морозами: абсолютный минимум температуры воздуха достигает -43°C (в январе), в то время как летом (в июле) температура может подниматься до $+40^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура составляет около $+0,7^{\circ}\text{C}$. Уровень атмосферных осадков невысокий – в среднем 250–300 мм в год, из которых 140–160 мм выпадает в тёплое время года. Снежный покров обычно незначителен, а глубина промерзания почвы колеблется от 2 до 2,2 м, в снежные зимы – до 1,6 м. Район подвержен сильным ветровым нагрузкам: преобладают ветры юго-западного и северо-восточного направлений со скоростью 8–10 м/с, в штормовых условиях – до 30–40 м/с, что необходимо учитывать при проектировании открытых горных выработок и размещении строительных конструкций.

Гидрографическая сеть развита слабо. Основным водотоком является речка Ацилы-Айрык – левый приток реки Селета. Река имеет сезонный, неустойчивый характер течения и солоноватую воду, непригодную для питьевых нужд. Пресное водоснабжение рудника обеспечивается из Селетинского водохранилища по магистральному водоводу протяжённостью 45 км, что требует постоянного контроля состояния инфраструктуры и качества подаваемой воды.

Район месторождения достаточно освоен и характеризуется устойчивым промышленно-аграрным профилем. Основу экономики составляют горнодобывающая промышленность и сельское хозяйство зернового

направления. Населённые пункты и производственные объекты полностью электрифицированы; электроснабжение осуществляется от централизованной системы «Целинэнерго». Теплоснабжение рудника и прилегающего жилого посёлка обеспечивается от центральной котельной.

В пределах района имеются разведанные запасы полезных ископаемых, в том числе угля, кирпичных глин и подземных вод, что подтверждает высокую природно-ресурсную обеспеченность территории. В непосредственной близости от месторождения располагаются и другие перспективные участки: золото-полиметаллическое месторождение Степок и кварцево-жильное месторождение Теллур, что открывает возможности для расширения горнодобывающей деятельности в будущем.

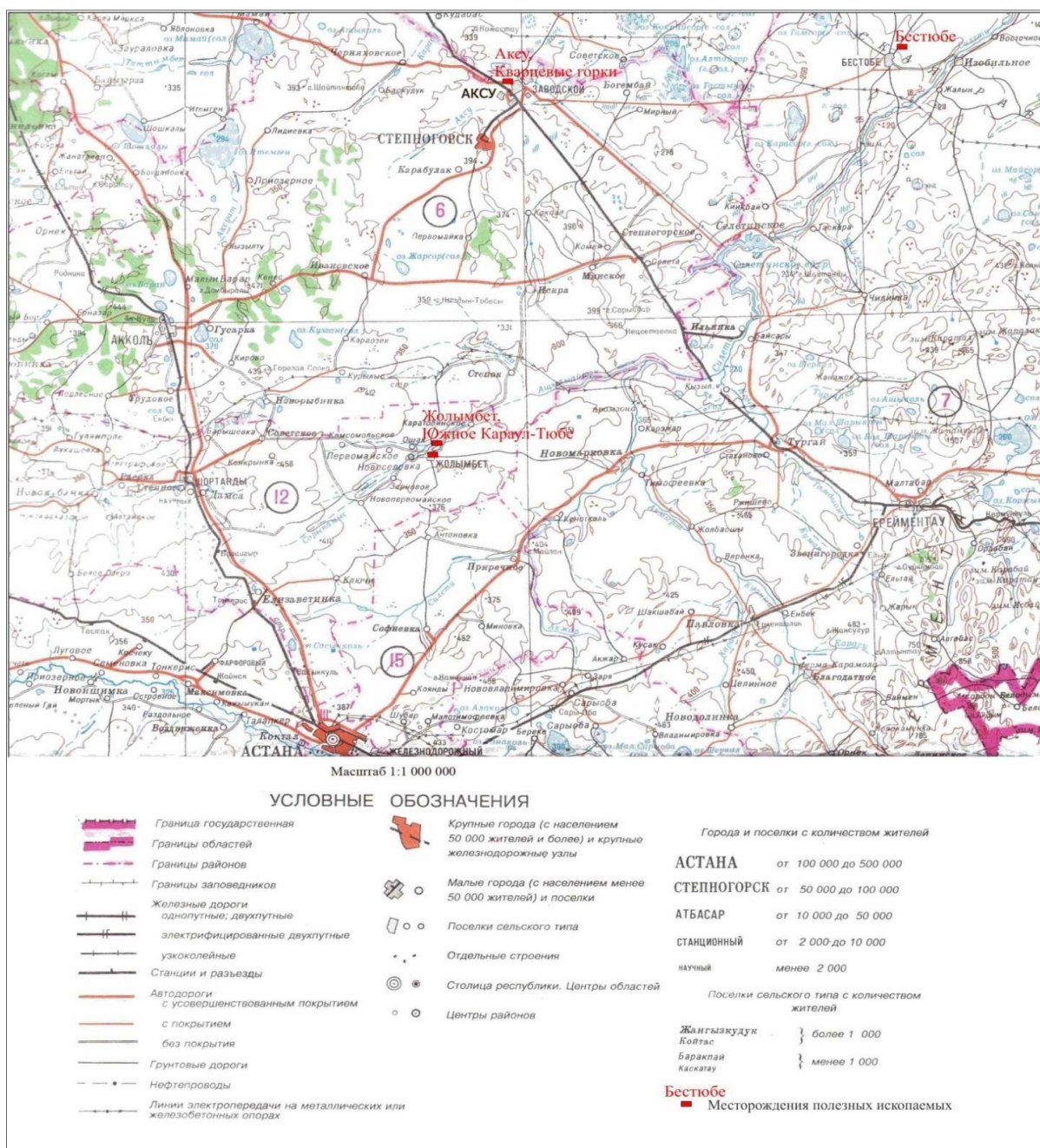


Рисунок 1.1 – Обзорная карта района месторождения

2 Геологическая часть

2.1 Геологическое строение месторождения

Месторождение Жолымбет расположено на юго-восточном замыкании Селеты-Степнякского мегасинклинория, в пределах южной части Аксу-Жолымбетской структурно-металлогенической зоны – одного из перспективнейших рудоносных районов Центрального Казахстана.

Территория района геологически сложна и на 80% перекрыта кайнозойскими суглинками и глинами мощностью от 1–3 м до 10–40 м. В пределах погребённой древней речной сети мощность рыхлых отложений может достигать 70–80 м, что создаёт определённые трудности при разведке и бурении. Тем не менее, в пределах самого рудного поля месторождения Жолымбет выходы коренных пород обнажены достаточно хорошо, что благоприятствует геологическим наблюдениям, отбору образцов и инженерно-геологическим изысканиям.

Геологическое строение района контролируется Омск-Целиноградским глубинным разломом субмеридионального простирания, который играет ключевую роль в формировании структур и размещении золоторудных тел. В пределах месторождения разрез сложен стратифицированными отложениями нижнего и среднего ордовика (рисунок 2.1), представленных преимущественно терригенными и вулканогенно-осадочными образованиями.

В редакции Центрально-Казахстанской серии Геологической карты Казахской ССР масштаба 1:500 000 (1981 г.) в пределах Степнякского синклинория, включающего рассматриваемый участок, выделены: вулканогенная аксуская свита (O_{1as}), терригенная уштоганская свита (O_{1-2u}) и вулканогенная сагская свита (O_{2sq}). Ранее в пределах района и непосредственно на рудном поле использовались другие наименования – найманская (O_{1-2nm}) и сарыбидаикская (O_{2sb}) свиты соответственно. На прилагаемых к отчёту геологических картах рудного поля в масштабе 1:10 000 и 1:2 000 (участок Центральный) сохранились именно эти, ранее применявшиеся названия.

Породы уштоганской (найманской) свиты представлены переслаиванием разномеристых песчаников, алевролитов, реже – аргиллитов и известняков, что указывает на чередование морских и континентальных условий осадконакопления. Сагская (сарыбидаикская) вулканогенная свита сложена преимущественно базальтами, андезитами, дацитами и их туфами, а также туфогенными песчаниками, алевролитами и кремнистыми породами, что свидетельствует о вулканической активности в ордовикский период.

Осадочные и вулканогенные породы ордовика в пределах рудного поля смяты в линейные, изоклиналильные складки с крутым ($65-90^\circ$) западным падением пластов. Оси складок ориентированы в субмеридиональном и северо-восточном направлениях, что отражает региональные тектонические

тренды и указывает на интенсивную деформацию пород в процессе формирования структур.

На западе ордовикские образования перекрываются осадочными толщами Первомайской девон-карбоновой мульды, а на севере обрываются у контакта с Кыркудукским батолитом – крупным массивом гранитоидов позднеордовикского интрузивного комплекса, играющим роль тектонического и литологического экрана.

Стратифицированные породы ордовика дополнительно пронизаны малыми интрузивными телами, которые относятся к т.н. интрузивам степнякского типа (ИСТ). Эти многофазные и многофациальные образования представлены габбро, габбро-диоритами и диоритами. Они залегают в виде штоков, линз и дайкообразных тел, сопровождаясь системами дайкообразных внедрений двух этапов. Присутствие таких тел указывает на длительную магматическую активность и, как правило, коррелирует с минерализацией, играя важную роль в рудообразовании.

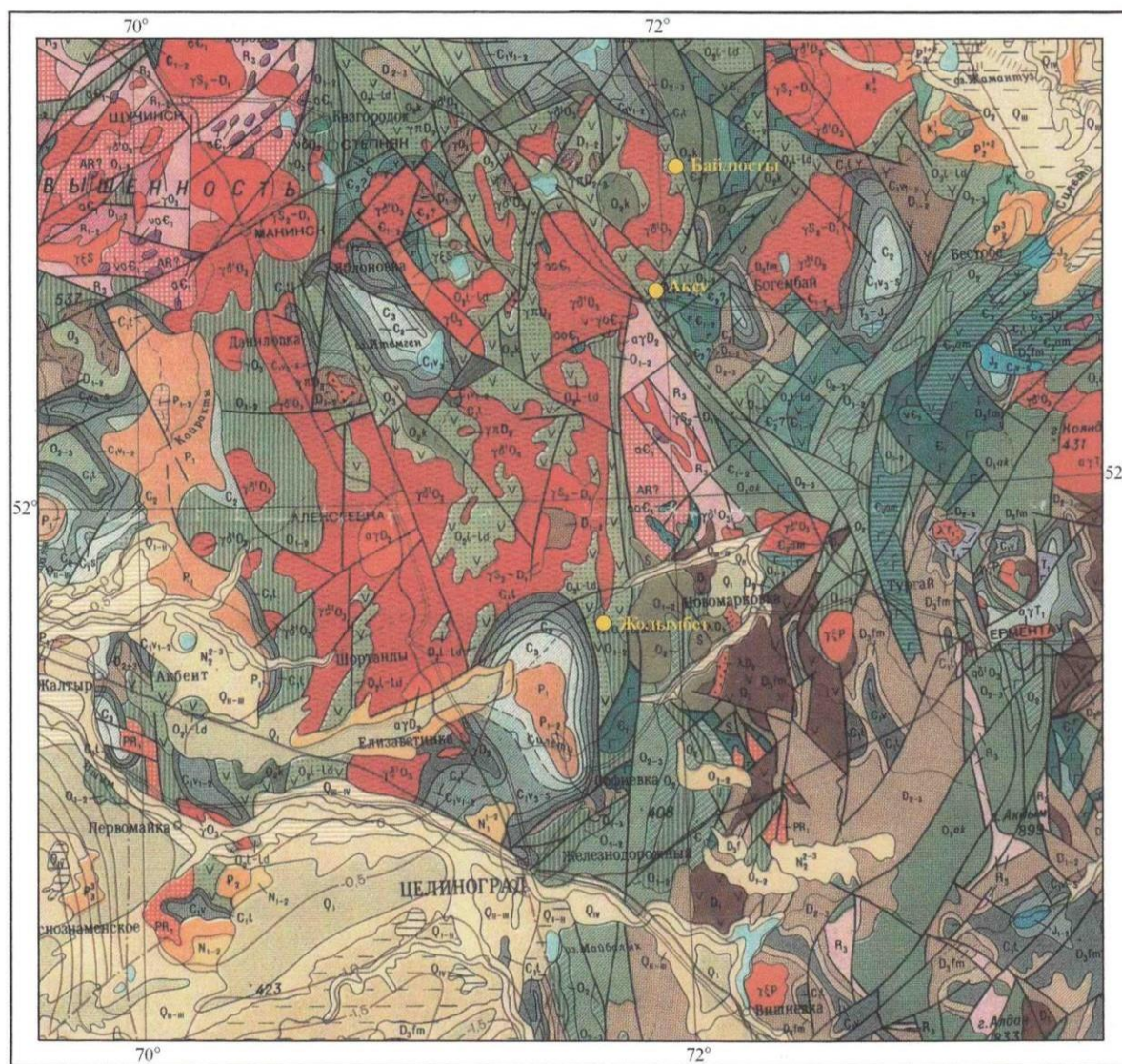


Рисунок 2.1 – Обзорная геологическая карта района (М 1:1500000)

2.2 Геологическое строение рудного поля и Центрального участка

Рудное поле месторождения Жолымбет включает 3 участка и ряд проявлений золотокварцевой умеренно сульфидной формации. Рудные тела залегают в эндо-экзоконтактовых частях ИСТ и в самих интрузивах. Описание геологического строения месторождения приводится согласно

«Подсчету запасов штокверковых руд Центрального участка месторождения золота Жолымбет по состоянию на 01.01.2013 г» [1].

Учтены и новые данные, полученные в результате буровой разведки глубоких (1200–1400м) горизонтов Центрального участка (1981–1988гг.), а также разведки и эксплуатации штокверкового оруденения в пределах тектонического блока шахты №5 (2008–2012гг.).

Рудное поле месторождения тяготеет к области контакта терригенной (О1-2) и вулканогенной (О2) свит, которые в плане образуют изгиб, обращенный выпуклой стороной на запад, в сторону общего падения слоистых толщ, крупных разломов и магматических тел. Характерной особенностью отложений является их резкая фациальная изменчивость.

Ордовикские отложения рудного поля прорваны ИСТ и сопровождающими их дайками аплитов, мелкозернистых гранитов и диоритовых порфиров.

Комплекс пород ордовика, включая интрузии и рудные тела, трансгрессивно перекрывается силурийскими вулканогенными образованиями, выполняющими мелкие грабены в южной части рудного поля. Они представлены долеритами, миндалекаменными диабазами, агломератами, брекчиями. Выделяются эффузивные и субвулканические фации пород.

Из сказанного видно, что рудное поле сложено породами, контрастными по физическим свойствам, что является важнейшей характеристикой среды, в которой формировались рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры и рудные тела. Наиболее благоприятными для образования трещинного каркаса, заполняющегося рудными жилами и прожилками кварца, были хрупкие породы интрузивных тел и ороговикованных песчаников. При этом, как показал в своей работе В.И. Данилов, основное значение имеют неабсолютные показатели хрупкости, а соотношение хрупкости-пластичности пород, находящихся в непосредственном контакте. При этом контраст в физических свойствах пород способствовал локализации напряжений и формированию зон трещиноватости, благоприятных для рудонакопления.

Выделяются долгоживущие разломы и разрывные нарушения периода тектонической активизации.

Представителем долгоживущих разломов является разлом Окварцованная зона, протягивающийся в СВ – направлении в центральной части рудного поля. Большинство локальных разрывных тектонических нарушений участка Центральный сопряжено со складками, они отнесены к

группе складчатых. С наибольшей интенсивностью нарушения проявлены вдоль контакта осадочной и эффузивной толщ. На Центральном участке

породы вдоль контакта двух свит интенсивно рассланцованы, перемяты. Эта полоса сланцев названа «Восточной» зоной смятия, к которой приурочен Центральный интрузив габбро-диоритов.

Разрывы, продольные к складчатым структурам в плане, секут напластование пород в разрезе. Изменение простираний и углов падений нарушений этой системы подчиняются изменению простирания и падения слоистых толщ. Эта система разрывов на участке Центральный представлена Меридианальными нарушениями №1 и №2. Оба нарушения являются рудоконтролирующими как для кварцевых жил, так и для минерализованных штокверковых зон.

Поперечные к простиранию пород разрывы северо-западного направления (азимут 300–320 градусов), иногда широтные, получили наибольшее развитие на рудном поле. Являясь параллельными в плане, разрывы имеют встречное падение. Ими рудное поле в целом и Центральный участок в частности разбиты на серию клиновидных тектонических блоков разного порядка. На Центральном участке прослежено 8 поперечных разломов – №№ 1–8.

Горизонтальные амплитуды смещения по ним Центрального ИСТ и пачек осадочных пород обычно не превышают 10–20м и лишь нарушениями Центральное №3 и №4 тектонический блок смещен к западу на 120-180м, образуя, так называемый Карьерный тектонический блок, заключающий рудную зону «Диоритовая дайка». Вертикальная составляющая смещения блока достигает 400м, в нем на поверхность выведены штокверковые руды, развитые в самом ИСТ. Кроме Карьерного блока на Центральном участке выделены тектонические блоки шахты № 5 (южнее нарушения Центральное № 3), шахты №6 (между тектоническими нарушениями Центральное № 4 и № 7) и Мариновский, самый северный тектонический блок, примыкающий к тектоническому блоку шахты № 6 и протягивающийся до северо-западного разлома № 8. Тектонический блок шахты № 6 включает основные разведанные, а также и отработанные запасы не только Центрального участка, но и месторождения Жолымбет в целом.

Оруденение представлено тремя морфологическими типами рудных тел: кварцевыми жилами, минерализованными сульфидными зонами и штокверковыми телами.

Наиболее выдержанными по простиранию, падению, мощности и простыми по морфологии являются одиночные («стволовые») жилы в интрузивах. Более сложные по морфологии жилы и штокверковые зоны, залегают в толще осадочных пород. Элементы залегания их изменчивы, они часто линзуются, сопровождаются апофизами или переходят в системы сближенных прожилков. Соотношение размеров жил по простиранию и падению различны и варьируют от 2:1 до 1:4. Всего на месторождении отработаны порядка 100 жил и 7 штокверковых зон.

Мощность жил варьирует от 0.07м до 0.2÷0.5м, в раздувах достигает 0.8÷1.0м, редко 1.5÷2.0 м. Мощность минерализованных зон изменяется от 3- 5м до 20-25м, иногда достигает 40÷45м. Они короткие по простиранию (до 60–80м) и более протяженные по падению.

Содержания золота в жилах – неравномерные, изменяются от первых г/т до сотен г/т, в минерализованных зонах «Диоритовая дайка» – в среднем порядка 5–6 г/т. Коэффициенты вариации содержаний золота в тектоническом блоке шахты 5 – высокие и колеблются в пределах 194%–266%. В разведанных штокверковых зонах Центрального участка, включающих фрагменты кварцевых жил, распределение золота весьма неравномерное. Коэффициенты вариации содержаний для всех руд (окисленных и сульфидных) составляют 530%, а для руд зоны окисления – 825%.

Единственным попутным металлом в месторождении является серебро. Его концентрации во всех типах руд соотносятся к золоту в среднем как 1:1 или близко к этому.

2.3 Зона окисления

В приповерхностной части участка развиты окисленные руды. Нижняя граница окисленных руд в юго-западной части участка (от разведочного профиля 8 и до профиля 12а) проходит на глубинах от 30м до 50м, иногда и более – 65–70 м. В эксплуатационном карьере тектонического блока шахты 5, глубина которого достигла 70м, вскрыта глинисто-щебнистая кора по габбро- диоритам и глинистая – по осадочным породам.

В северо-восточной половине участка, начиная от разведочного профиля 13а, верхняя часть коры выветривания с эродирована, и граница ее выходит к дневной поверхности примерно в средней части по мощности интрузива габбро-диоритов и протягивается в СВ направлении до границы участка. Здесь на съэродированной поверхности коры выветривания залегают мезозойские красные глины (павлодарская свита палеогена), как бы компенсируя по мощности смытую часть коры.

Кора выветривания по диоритам до глубины 15–20 м – существенно глинистая. Глубже глинистая кора сменяется сыпучей песчанистой с участками (блоками) пород повышенной крепости. С глубины порядка 55–65 м начинается зона дезинтеграции, где рыхлый материал перемежается с полускальным.

По осадочным породам структурная глинистая кора выветривания развита слабее, её консистенция в основном глинисто-комковатая.

2.4 Морфология и параметры рудных тел штокверкового типа

Штокверковые зоны наследуют стержневые кварцевые жилы и окаймляют их с обоих боков, образуя плотный и разветвлённый рудный

каркас. При их моделировании (окопировании) в основном использовались жилы, вынесенные с погоризонтных планов верхних 3–4 горизонтов, где сохранилась наиболее детальная информация по литологической и минералогической характеристике. Рудные штокверки получили развитие преимущественно в лежащем боку интрузива, в осадочной толще ордовика, а также частично – в самом интрузиве, что свидетельствует о сложной и многостадийной тектоно-магматической истории их формирования. Всего по результатам геологоразведочных работ выделено 23 крупных штокверка и около 50 рудных линз небольших размеров, локализованных вблизи контактов пород с контрастными физико-механическими свойствами.

Следует отметить, что видимых различий в морфологии штокверков, залегающих в песчано-сланцевых породах и в интрузивных телах, не наблюдается. Их пространственная конфигурация и внутренняя структура в целом сохраняют устойчивый характер. Штокверки отображены на погоризонтных планах, построенных по каждому эксплуатационному горизонту с шагом в среднем 40 м, а также на геолого-подсчётных разрезах, что обеспечивает высокую степень достоверности пространственной интерпретации рудных тел.

Нумерация рудных тел проведена в стандартной последовательности – с юга (от профиля 8) на север (до профиля 17), а на самих профилях – с востока на запад, что позволяет избежать дублирования и упрощает навигацию при сопоставлении данных между уровнями. При наличии чёткой пространственной и структурной увязки с наиболее протяжёнными и детально изученными жилами, отдельным штокверковым зонам присвоены номера соответствующих жил: например, рз Ж₄₃ – рудная зона жилы № 43, рз Ж_{апр.} – рудная зона жилы Апрельской и др. Это обеспечивает преемственность в геологоразведочной документации и упрощает дальнейшее моделирование рудных тел.

Параметры основных рудных зон, включая протяжённость, среднюю мощность, глубину распространения и характер рудной минерализации, приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. - Параметры основных штокверковых зон Центрального участка месторождения Жолымбет

ПР от- до	РТ	Азимут простира- ния	Протяжённость РТ (м)		Углы падени- я	Средняя видимая мощност- ь от-до; ср	Общие запасы		
			по прости- ранию	по падени- ю от- до, ср			Руда , тыс. т	Сре- д сод. , г/т	Золот о, кг
8- 10	Рз 1	42,00	150	150	60-75	3,0-29,3; 10,1	160	1,53	244,9
11- 12а	Рз 1а	19,00	185	185	40-60	4,0-8,0; 4,8	46,6	1,07	49,7

Продолжение таблицы 2.1

ПР от- до	РТ	Азимут простира- ния	Протяженность РТ (м)		Углы паде- ния	Средняя видимая мощност ь от-до; ср Руда, тыс. т	Общие запасы		
			по прости- ранию	по падению от-до, ср			Сре- д сод., г/т	Зол ото, кг	
8- 10а	Рз 2	40,00	198	198	65-76	1-16,0; 4,0	79,1	1,84	145,9
8- 14а	Рз 3	53 до пр10 21 до пр13 далее 34	600	600	65-80	0,5-32,0; 7,0	641	1,97	1265,7
8- 14а	Рз 3а	42 до пр10а далее 21	400	400	76-80	1,5-11,2; 4,5	272, 7	2,48	675,4
8- 11а	Рз 4	52 до пр10а далее 35 и 17	294	294	75-83	1,0-48,2; 9,2	683, 2	1,82	1242,3
8- 12а	Рз 5	45 до пр12 далее 8	415	415	70-85	1,0-54,0; 6,7	662, 2	2,10	1391,8
8- 10	Рз 6	49,00	175	175	63-76	2,0-11,8; 6,0	199, 4	1,82	397
11- 12а	Рз 7	14,00	180	180	70-85	1,0-12,0; 5,5	180, 5	2,18	394,1
11- 12а	Рз 8	18,00	185	185	76-86	3,0-19,3; 10,3	420, 4	1,75	735,7
11- 12а	Рз 9	15,00	115	115	80-88	1,0- 11,85; 5,8	149, 7	2,39	358,3
12- 15а	Рз ж ₄₃	12 до пр12а далее 37	390	390	70-80, 30-54	2,8-17,8; 6,8	904, 5	2,39	3164,2
12- 15а	Рз 11	14 до пр12а далее 36	360,00	360	65-75, 40-55	1,0-6,4; 3,85	391, 9	1,99	778,30
11а -15	Рз ж_А пр	40 (гор. 50м); 10 до пр13, далее 38 (гор 135м)	155(гор. 50м) и 370(гор. 135)	155(гор. 50м) и 370(гор. 135м)	70-80, 40-50	0,6-9,0; 4,3	457, 1	2,50	1144,2
11а -15	Рз 10	5 до пр13 далее 27 и 41	90 (гор 75м),39 0	90 (гор. 75м), 390	60- 80, 40	0,85- 7,85; 3,8	282, 7	1,90	535,8

2.5 Инженерно-геологические условия разработки месторождения

Отметим, что изучение физико-механических свойств горных пород в последний период разведки не проводилось, приводимые здесь краткие сведения взяты из отчетных материалов. Центральный участок месторождения приурочен к телу интрузива габбро-диоритового состава,

вытянутому в северо-восточном направлении на расстояние около 1350 м. Интрузив характеризуется крутым падением на северо-запад под углом до 75° , в отдельных местах – практически вертикальным. Его тело нарушено серией тектонических разломов северо-западного направления, которые расчленяют массив на отдельные блоки. При этом часто фиксируются встречные направления падения разломов, что усложняет тектоническую схему района и влияет на пространственное размещение рудных тел.

Например, рудоносный тектонический блок со штокверковыми рудами «Диоритовая дайка» по простиранию ограничен двумя активными сместителями — разломами № 3 и № 4, имеющими встречное падение. В результате их действия блок был приподнят относительно соседних участков на 400 м, а его горизонтальное смещение составило от 140 до 180 м в западном направлении. Подобные тектонические перемещения играют ключевую роль при моделировании рудных тел, выборе систем разработки и оценке устойчивости массива.

В пределах участка также выявлены локальные смещения по другим разломам, амплитуда которых составляет от 10 до 20 м. Несмотря на их меньший масштаб, такие нарушения следует учитывать при проектировании горных работ, особенно вблизи границ устойчиво-неустойчивых блоков массива.

Особое внимание следует уделить тому, что в прежние годы в пределах Центрального участка была практически полностью отработана зона кварцево-жильных руд, залегающих внутри штокверковых образований. При бурении разведочных скважин в последние годы неоднократно наблюдались провалы бурового снаряда на глубину до 2 м, что указывает на наличие пустот – остатков отработанных жил. Эти техногенные полости представляют потенциальную угрозу при ведении карьерных работ, поскольку могут стать причиной провалов, просадок и нарушений устойчивости уступов. Данные геотехнические особенности необходимо обязательно учитывать при разработке технического проекта открытой отработки штокверковых рудных зон, а также при планировании мер по обеспечению безопасности производства.

Кроме того, важно учитывать физико-механические свойства руд и вмещающих пород в зоне окисления, так как в результате выветривания их прочностные характеристики значительно снижаются, что увеличивает риск потери устойчивости бортов и откосов в процессе эксплуатации.

Коэффициенты крепости для окисленных руд: в интервале глубин 0-5 м – $f = 0,8-1,0$; 5-40 м – $f = 1,5-2,5$; 40-70 м – $f = 3-5$.

В Астанинском филиале КазГИИЗа были исследованы 4 образца глинистых грунтов, отобранных с глубин 5–15 м в пределах карьера № 5, с целью определения их физико-механических характеристик. Образцы представлены структурной корой выветривания, характерной для верхней части разреза зоны окисления. Проведённые лабораторные испытания включали определение предела прочности при сжатии, коэффициента

пористости, угла внутреннего трения, сцепления и других параметров, необходимых для оценки устойчивости откосов и расчётов при проектировании вскрышных и эксплуатационных работ. Результаты исследований приведены в таблицах 2.2 и 2.3 и служат основой для инженерно-геологической характеристики пород, участвующих в формировании уступов и бортов карьера.

Таблица 2.2 – Физико-механическая характеристика глинистых грунтов (структурная кора выветривания)

Пористость %			Коэффициент водопоглощения			Коэффициент пористости			Число пластичности			Набухание, %			Объёмная усадка, %		
от	до	ср.	от	до	ср.	от	до	ср.	от	до	ср.	от	до	ср.	от	до	ср.
23.1	31.6	27.8	0.8	1.0	0.9	0.7	0.9	0.8	4.9	8.0	6.9	2.9	11.9	7.4	3.9	14.8	9.3

Таблица 2.3 – Гранулометрический состав грунтов

Размеры фракций, в мм									
10-5	5-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	<0.005
Проценты, %									
14.5	8.2	3.0	4.5	2.3	4.8	7.0	16.3	22.7	16.7

Насыпной вес и коэффициент разрыхления окисленных руд непосредственно в карьере определен по трем пробам. Результаты определений приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Определения насыпного веса и коэффициента разрыхления окисленных руд

Номер пробы	Глубина отбора, м	Объем целлика, м ³	Масса, т	Объем разрыхл. массы, м ³	Насыпной вес, т/м ³	Коэфф. разрых.	Окисленная руда
НВ-1	21	22,318	49,1	37,5	1,31	1,68	диоритовая
НВ-2	5,5	47,06	107,3	77,5	1,38	1,65	песчаниковая
НВ-3	21	26,608	61,2	42,5	1,44	1,6	диоритовая
Среднее		95,986	217,6	157,5	1,38	1,64	

Физико-механические свойства руд и пород в первичном залегании. Коэффициенты крепости пород и руд в первичном залегании:

- для интрузивных (габбро-диоритов, диоритов, гранитоидов и плагиогранитов) – $f = 12-14$;
- для осадочных (алевролиты, песчаники) – $f = 10-12$, для метаморфических пород (роговики, скарны) – $f = 14-16$;

– для кварцевых жил и штокверковых рудных зон – $f = 14-16$.

Категория пород по буримости составляет: для интрузивных пород (габбро, диориты, плагиограниты) – XIV-XVIII, для осадочных (алевролиты, песчаники) – XII-XV, для метаморфических пород (роговики, скарны) – XV-XVIII. кварцевых жил и штокверковых руд – XIV-XVII.

Породы и руды по степени устойчивости делятся на: интрузивные породы - устойчивые, средней устойчивости; осадочные породы (алевролиты, песчаники) – устойчивые; метаморфические породы (роговики, скарны) – средней устойчивости и устойчивые; кварцевые жилы - средней устойчивости; штокверковые рудные зоны - средней устойчивости и устойчивые.

Устойчивость пород и руд снижается на 1–2 порядка (до неустойчивых) при развитии по ним трещиноватости, связанной с разрывными тектоническими нарушениями. Зоны трещиноватости имеют мощность от 1–2 м до 20–40 м и при пересечении их выработками требуют обязательного крепления. С зонами трещиноватости также связан водоприток в горные выработки в виде капежа и струй.

2.6 Гидрогеологические условия разработки месторождения

Гидрогеологические исследования в районе месторождения Жолымбет начались в 1938 г. поисками источников водоснабжения рудника. В 1940–1941 гг. на месторождении работала гидрогеологическая изыскательная партия института Гипрозолото, которая составила гидрогеологическую карту в масштабе 1:25000 северо-восточной части карбоновой мульды.

В 1947 году партией института «Гипрозолото» под руководством А. Р. Гангнуса были продолжены поисковые работы, направленные на выявление устойчивых источников водоснабжения для нужд рудника. В рамках этих изысканий была произведена предварительная оценка запасов водоносного горизонта, приуроченного к кремнистым известнякам нижнего карбона, залегающим в пределах Первомайской мульды. Эти работы заложили основу для дальнейших гидрогеологических исследований.

В период 1950–1951 гг. под руководством А. Д. Абрамкина велись более детальные гидрогеологические изыскания, в ходе которых удалось подтвердить возможность устойчивого водоснабжения рудника за счёт использования запасов подземных вод карбоновой мульды. Это позволило обеспечить стабильную подачу воды для технологических и бытовых нужд производственного комплекса.

В 1963 году гидрогеологической партией Жолымбетской геологоразведочной экспедиции было проведено детальное изучение обводнённости месторождения, в том числе зон повышенной фильтрации и потенциальных водоприток в горные выработки. Полученные данные легли в основу дальнейшего проектирования дренажных и водозащитных мероприятий, необходимых для безопасной эксплуатации рудника в условиях сложной гидрогеологической обстановки. На Центральном участке

преимущественным развитием пользуются трещинно-грунтовые воды, циркулирующие в породах нижнего-среднего ордовика и в интрузивных телах габбро-диоритов, а также трещинно-жильные воды тектонических зон.

В целом экзогенная трещиноватость пород развита слабо и распространяется на глубину 40–75м, поэтому породы имеют незначительную обводненность. Дебит скважин, вскрывающих трещинно-грунтовые воды, колеблется от 0.11 до 0.18 л/с при понижениях 14.7–27.7м. Водопроводящая способность пород – низкая: коэффициенты фильтрации, оцененные по формуле Дюпюи, находятся в пределах 0.016–0.08 м/сут.

Воды со свободной поверхностью залегают на глубинах 5–35м в зависимости от рельефа местности, в скважинах, приближающихся к подземным выработкам, достигают 42–73 м, что связано с общим депрессионным понижением уровня вод в районе шахт. Питание трещинно-грунтовых вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, область питания совпадает с площадью распространения водоносного горизонта.

Трещинно-жильные воды приурочены преимущественно к зонам тектонических нарушений северо-восточного и северо-западного направлений, которые выполняют роль естественных путей фильтрации и аккумуляции подземных вод. Скважины, вскрывшие эти зоны, характеризуются достаточно высокими дебитами – до 1,4 л/с, что свидетельствует о хорошей водопроницаемости и развитой трещиноватости пород в пределах тектонических разломов. Установлено, что водообильность возрастает с глубиной до отметки порядка 130 м, после чего наблюдается её постепенное снижение, что может быть связано с уменьшением степени трещиноватости и более плотной структурой пород в нижележащих горизонтах.

Подземные воды, приуроченные к интрузивам габбро-диоритового состава, по своим физико-химическим и гидрогеологическим характеристикам аналогичны водам, циркулирующим в терригенных толщах ордовика. Это свидетельствует о наличии единого, хорошо связанного в гидравлическом отношении подземного водоносного горизонта, охватывающего как интрузивные, так и осадочные породы. Такое единство водоносной системы требует комплексного подхода к прогнозу и контролю водопритоков при ведении горных работ. В настоящее время на Центральном участке сформировалась депрессионная воронка диаметром 1300 м и глубиной 430м, до этой глубины подземные выработки сухие. Вода из более глубоких подземных выработок поступает по квершлагам из шахт № 2, 11 и 8 в водосборник шахты

«Центральная» на горизонте 640м, где производится водоотлив. Ранее пройденный карьер для отработки штокверка «Диоритовая дайка» глубиной 115м, а также действующий карьер участка шахты № 5 глубиной порядка 70м являются сухими. Величина водоотлива из шахты «Центральная» не превышает 80-90 кубометров в час или порядка 2000 м³/сутки. Она идет на

Жолымбетскую золотоизвлекательную фабрику, излишки сбрасываются в водохранилище.

В целом обводненность пород, слагающих Центральный участок месторождения, незначительная, а учитывая то, что он находится в зоне создавшейся депрессионной воронки, в проектируемый карьер водопритока не ожидается.

Объемы водоотлива из подземных горных выработок за период 2002-2008 годы совершенно очевидно показывают, что водоприток будет на таком же уровне (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Изменения объема водоотлива по руднику «Жолымбет»

Рудник «Жолымбет»	По годам						
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Участок осушения	Шх. «Центральная»				Шх. «Центральная»		
	Шх. «Южная»						
Объем водоотлива, м³/сут. млн., м³/т*руды	<u>2880</u>	<u>2880</u>	<u>2880</u>	<u>2400</u>	<u>1890</u>	<u>1864</u>	<u>1772</u>
	1,05	1,05	1,05	0,876	0,7	0,68	0,64 7
Глубина	460	460	460	460	640	640	640
Радиус депрессионной воронки, м	-	-	-	-	650	650	650
Объем добычи по руде, тыс. т	67,3	62,5	37	300	252,84	254,24	228, 42
Коэффициент водообильности, м3/т руды.	22,1	23,8	40,3	3,7	2,8	2,7	2,8

Водоприток может быть значительным в периоды весеннего паводка, вызванного быстрым таянием зимних осадков, а также в сезоны интенсивных летних дождей. В такие периоды возрастает фильтрационное насыщение пород, особенно в зонах тектонических нарушений и в зоне аэрации, что приводит к повышению уровня грунтовых вод и увеличению притоков в горные выработки. Для инженерного расчёта притока подземных и поверхностно-инфильтрационных вод могут использоваться следующие уравнения, позволяющие количественно оценить поступление воды в карьер или подземные сооружения:

$$Q = S \cdot N / T, \quad (2.1)$$

где S – площадь карьера по поверхности, S = 366156 м²; N – максимальное количество твердых осадков с ноября по март месяцы по данным метеостанции Шортанды, N = 171 мм; T – время таяния снега, принимается 15 суток. Максимальный водоприток в период снеготаяния составит:

$$Q = 366156 \text{ м}^2 * 0.171 \text{ м} / 15 = 4175 \text{ м}^3 / \text{сут} = 174 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Аналогичным способом оценивается водоприток за счет летних ливневых дождей. Наибольший объем дождя за 37 лет наблюдений на метеостанции Шортанды был в 1990 году, когда выпало 30.6 мм за 12 часов. Подставляя эти данные получим:

$$Q = 366156 \text{ м}^2 * 0.0306 \text{ м} / 12 = 46 \text{ м}^3 / \text{час}.$$

2.7 Запасы месторождения

Месторождение Жолымбет было открыто в 1932 году, и уже с 1933 года началась его активная разведка, которая ведётся по настоящее время параллельно с эксплуатацией. Основным способ добычи на протяжении десятилетий остаётся подземным, что обусловлено геолого-структурными особенностями месторождения. Переработка добытой руды осуществляется на золотоизвлекательной фабрике, которая функционирует в составе производственной инфраструктуры рудника.

В 1950 году были произведены подсчёты запасов руд по объекту, получившему наименование «Диоритовая дайка», и 23 апреля 1951 года они были официально утверждены Специальным Главным Управлением МВД СССР. Разработка данных запасов велась в течение последующих лет, и к 1960 году они были полностью отработаны. Этот участок стал одним из первых целенаправленно освоенных блоков месторождения, положивших начало систематической промышленной добыче золота на Жолымбете.

Последний отчет по месторождению с подсчетом запасов был утвержден 31 марта 1967г протоколом № 5129. Для подсчета использованы кондиции для подземной отработки 1964г. (протокол от 17.01.1964г) с параметрами: бортовое содержание золота – 3.0 г/т, минимальное промышленное содержание – 5.0 г/т, минимальная мощность рудного тела – 1.0 м.

Запасы месторождения Жолымбет были подсчитаны в период разведки с 1951 по 1966 гг. и утверждены в количестве 2859 тыс. тонн руды с общим содержанием 20244 кг золота при среднем содержании 7,1 г/т. Эти данные легли в основу промышленной разработки месторождения в последующие десятилетия. По данным инвентаризации, остаточные запасы золота на 2013 год составили 3261 кг при сохранении того же среднего содержания в руде, что свидетельствует о стабильности геолого-промышленных параметров.

В 2010–2012 гг. на Центральном участке месторождения были проведены дополнительные геологоразведочные работы, направленные на уточнение строения штокверковых зон и выявление остаточных и ранее неучтённых запасов. По итогам этих исследований в 2014 году ТОО «Казахстан Минерал Компани» выполнен официальный документ «Подсчет запасов штокверковых руд Центрального участка месторождения золота Жолымбет по состоянию на 01.01.2013 г.», в рамках которого была построена

трёхмерная блочная модель минерального тела, отражающая распределение содержания золота, плотности и геометрии рудных тел в объёме. Модель легла в основу последующих проектных решений по отработке остаточных запасов. Промышленные запасы Центрального участка месторождения Жолымбет приведены в таблице 2.6

Таблица 2.6 – Промышленные запасы Центрального участка по состоянию на 02.01.2024г

Промышленные запасы Центрального участка месторождения Жолымбет, утвержденные ГКЗ РК						В том числе, по зонам							
Показатели	Ед. изм.	Балансовые			Забал.	Шахта № 6 (Южный карьер)				Мариновская (Северный карьер)			
		C1	C2	C1+C2		C1	C2	C1+C2	Забал.	C1	C2	C1+C2	Забал.
Руда	тыс. т	3079.7	363.8	3443.5	3970.9	3079.7	-	3079.7	3606.3	-	363.8	363.8	364.4
Золото	г/т	1.95	3.40	2.11	2.14	1.95	-	1.95	2.11	-	3.40	3.40	2.44
	кг	6015.5	1237.4	7252.9	8509.3	6015.5	-	6015.5	7618.4	-	1237.4	1237.4	890.9
Серебро	г/т	-	2.11	2.11	2.14	-	1.95	1.95	2.11	-	3.40	3.40	2.44
	кг	-	7253	7253	8509	-	6016	6016	7618	-	1237	1237	891
в том числе: 1. Окисленные руды													
Руда	тыс. т	1025.1	-	1025.1	77.9	1025.1	-	1025.1	77.9	-	-	-	-
Золото	г/т	1.98	-	1.98	1.19	1.98	-	1.98	1.19	-	-	-	-
	кг	2025.8	-	2025.8	92.5	2025.8	-	2025.8	92.5	-	-	-	-
Серебро	г/т	-	1.98	1.98	1.19	-	1.98	1.98	1.19	-	-	-	-
	кг	-	2026	2026	92	-	2026	2026	92	-	-	-	-
2. Сульфидные руды													
Руда	тыс. т	2054.6	363.8	2418.4	3893	2054.6	-	2054.6	3528.4	-	363.8	363.8	364.4
Золото	г/т	1.94	3.40	2.16	2.16	1.94	-	1.94	2.13	-	3.40	3.40	2.44
	кг	3989.7	1237.4	5227.1	8416.8	3989.7	-	3989.7	7525.9	-	1237.4	1237.4	890.9
Серебро	г/т		2.16	2.16	2.16		1.98	1.64	2.13	-	2.16	3.40	2.44
	кг		5227	5227	8417		2026	3990	7526	-	5227	1237	891

3 Горная часть

3.1 Рельеф

Месторождение Жолымбет открыто в 1932 году. С 1933 года и по настоящее время оно разведывается и одновременно эксплуатируется открытыми (карьеры №5 и №6) и подземными горными работами.

Подземные горные работы

Вскрытие и отработка месторождения осуществляются на основе следующих проектных решений:

1. «Поддержание действующих мощностей рудника Жолымбет», ВНИПИГорцвет, Новосибирский филиал, 1989 г [2];
2. «Вскрытие и отработка глубоких горизонтов месторождения Жолымбет с использованием стволов шахт «Глубокая» и «Вентиляционная», ИГД им.Д.А.Кунаева, 2011 г [3].

Подготовка и отработка выемочных единиц (блоков) осуществляется по локальным проектам рудника.

Вскрытие месторождения произведено тремя вертикальными стволами – шахты «Центральная», «Глубокая» и «Вентиляционная».

Ствол шах. «Центральная» - круглого сечения, диаметр в свету – 6,0 м, с бетонным креплением, грузо-людской (клеть – противовес, скип) с подъемной машиной, пройден до горизонта 465м. По стволу подается свежий воздух.

Ствол шах. «Глубокая» - круглого сечения, диаметр в свету – 6,5 м, с бетонным креплением, пройден до горизонта 1000м. Кроме армировки ствола ничего нет. Планируется полное оснащение ствола (конкретный график отсутствует).

Ствол шах. «Вентиляционная» - круглого сечения, диаметр в свету – 5,5 м с бетонным креплением, грузо-людской, пройден до горизонта 1000м, действует до горизонта 720м. Планируется полное оснащение ствола с установкой ГВУ (конкретный график отсутствует).

Кроме того, для выдачи отработанного воздуха и обеспечения запасного выхода пройдены вентиляционный шурф с ГВУ ВОД-21 с серией каскадных вентиляционных восстающих с горизонтов и ствол шахты № 6 (подъемная машина, клеть-клеть до горизонта 205м).

Проветривание подземных выработок I очереди осуществляется всасывающим способом с использованием главного вентиляторного устройства (ГВУ), установленного на вентиляционном шурфе. Такая схема обеспечивает направленный воздушный поток, способствующий эффективному удалению вредных газов и пыли из зоны ведения горных работ, а также поддержанию нормативных параметров микроклимата на рабочих участках.

В рамках I очереди отрабатываются запасы верхних горизонтов: 430 м, 480 м, 520 м, 560 м и 600 м. Применяются две системы разработки: с использованием шпуровой отбойки и распорной крепи для обеспечения

устойчивости выработанного пространства, а также система поэтажного обрушения, позволяющая эффективно извлекать запасы с минимальными затратами на подготовку.

Добытая горная масса с указанных горизонтов транспортируется через шахтные стволы «Слепая-3» и «Слепая-4» на горизонт 430 м, а далее по временной схеме — к стволу шахты «Центральная». Указанные стволы выполняют функции как грузо-людских (клеть-клеть), так и аварийных (запасных) выходов, что соответствует требованиям промышленной безопасности и обеспечивает надёжную организацию транспортно-вентиляционного сообщения между уровнями шахтного поля.

Горизонты 520 м и 560 м пройдены со стволов шахт «Слепая-3», «Слепая-4» и не сбиты со стволами шахт «Глубокая» и «Вентиляционная». Горизонты 600 м и 640 м имеют сбойку со стволами шахт «Слепая-3», «Слепая-4» и стволом шахты «Вентиляционная». Горизонт 680 м имеет сбойку со стволами шахты «Глубокая» и «Вентиляционная».

Для ускорения вскрытия нижних горизонтов производится проходка наклонного съезда с горизонта 640 м. В настоящее время частично вскрыты горизонты 680 м и 720 м.

В рассматриваемом участке Центральный существует ранее отработанная камера (пустота) зоны «Октябрьская».

Зона «Октябрьская» – это массивный штокверк эллиптической формы с изменяющимся размером от наибольшего в нижней части до наименьшего в верхней. Отработка велась системой поэтажного обрушения со скважинной отбойкой руды до 1989 г. В результате на месте рудной зоны образовалась, значительна пустота.

В 2022 году рабочей группой, созданной, совместно со специалистами и АО «Алтыналмас», было проведено сканирование пустоты зоны «Октябрьская» между горизонтами 170 м–420 м. горным сканером CMS V400 рудника «Жолымбет».

По результатам сканирования получены следующие данные по геометрическим параметрам пустоты зоны «Октябрьская»:

- объем пустоты – 358656.4 м³; ширина – 98,9 м;
- толщина – 84,2 м; максимальная отметка – 176.9 м;
- минимальная отметка – 51.951 м.

Стоит отметить, что при сканировании пустоты имела место значительная недостоверность съемки в связи с большим расстоянием сканирования, большой запыленностью, а также с отсутствием подходящих выработок, находящихся напротив друг друга.

Существующее положение ранее отработанной камеры (пустоты) зоны «Октябрьская» приведено на рисунке 3.1.

Горные работы в карьере ведутся с 2009 года.

В 2014 году ведение горных работ на карьере №5 остановлено в связи с оползнем западного борта карьера и трещиной, проходящей вдоль проезжей части транспортного съезда горизонта +275 м. Горные работы достигли

отметки +272м, глубина карьера составила 68м. Проектная отметка нижнего горизонта карьера – + 268м.

Карьер № 6. В 2014 году проектно-конструкторским отделом (ПК О) АО «ГМК Казахалтын» был разработан и утверждён «Проект разведки и вскрытия запасов Центрального участка месторождения Жолымбет открытым способом (карьер № 6)» [5]. Согласно проектной документации, предполагалась начальная отработка запасов до глубины 15 метров – до отметки +320 м. Этот этап являлся подготовительным и направленным на уточнение условий залегания рудных тел, их мощности, содержания полезного компонента, а также оценку целесообразности дальнейшего развития открытых работ.

В последующем, в рамках расширения и перевода проекта в стадию промышленной эксплуатации, тем же проектно-конструкторским отделом был выполнен «Проект промышленной отработки запасов участка Центральный карьера № 6 месторождения Жолымбет» [6]. Новый проект предусматривает двухочередную схему освоения участка:

- I очередь – отработка запасов до отметки +275 м в период с 2015 по 2026 годы;

- II очередь – отработка до отметки +190 м, ориентировочно в период 2027–2034 гг.

Важным этапом между двумя очередями является проведение работ по ликвидации пустот, ранее образовавшихся в результате подземной отработки зоны «Октябрьская». Эти работы будут выполнены по отдельному проекту с применением закладочных материалов, обеспечивающих устойчивость массива и безопасность дальнейшего освоения открытым способом. Только после завершения закладочных мероприятий предусмотрено начало II очереди разработки.

Годовая производительность карьера по руде была рассчитана с учетом проектной мощности обогатительной фабрики и составляет 250 тыс. тонн в год, что позволяет обеспечить устойчивый производственный цикл и рациональное использование минеральных ресурсов участка.

В данном проекте приняты следующие параметры:

- ширина транспортных берм: при однополосной дороге – 15,2 м; при двухполосной дороге – 25,2 м;

- продольный уклон транспортных берм - 0,08;

- ширина предохранительных берм: на конечном контуре – 8 м в верхних уступах (с гор. 290 до поверхности); 7 м – в нижних уступах (с гор. 190 до гор. 290 м);

- высота уступа – 15 м;

- углы откосов рабочих уступов – 70°, углы откосов уступов на конечном контуре – 60° в верхних уступах (с гор. 290 до поверхности), 70° – в нижних уступах (с гор. 190 до гор. 290 м);

- углы откосов бортов карьера – 43÷45°.

Для достижения принятой производительности по руде, максимальная производительность карьера по горной массе определена 2380 тыс.м³/год.

Отработка карьера №6 начата с 08.04.2014 года.

Переработка руды осуществляется на золотоизвлекательной фабрике (ЖЗИФ), входящей в состав рудника.

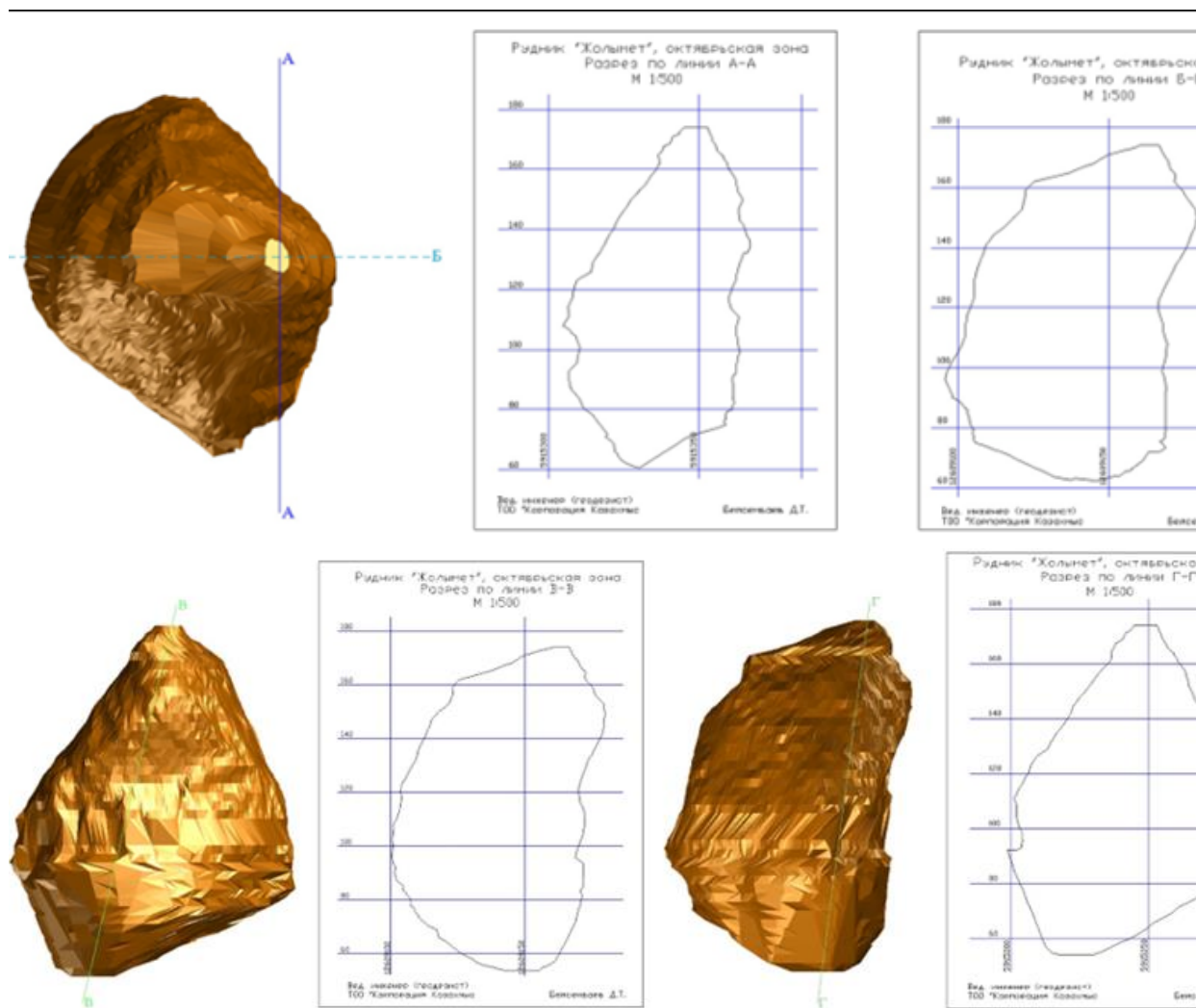


Рисунок 3.1 - Существующее положение ранее отработанной камеры (пустоты) зоны «Октябрьская»

3.2 Гидрография

Эффективность и безопасность ведения открытых горных работ в районах, ранее подвергшихся подземной отработке, в значительной степени зависят от способности обеспечить устойчивость бортов карьеров в условиях нарушенного геомеханического равновесия. Породный массив в таких условиях уже частично деформирован, ослаблен системой трещин, нарушен выработками и зонами сдвига, что повышает вероятность формирования неустойчивых блоков, обрушений и оползневых процессов. Особенно это актуально при наличии пустот, образовавшихся в результате подземных горных работ, которые могут стать очагами деформации и локальных

провалов. Кроме того, важным фактором является успешная локализация и минимизация вредного влияния процессов сдвижения и перераспределения напряжений, вызванных подземной добычей, на контуры и параметры открытых горных работ. Это требует комплексного инженерного подхода, включающего геомеханическое моделирование, закладку выработанных пространств, постоянный мониторинг устойчивости откосов, а также адаптацию проектных решений с учётом фактических условий.

Таким образом, ключевым условием эффективной и безопасной разработки становится грамотное сочетание методов инженерной геомеханики, применения стабилизирующих мероприятий и оперативного управления рисками на всех стадиях открытых горных работ. При ведении открытых горных работ в зонах старых подземных разработок должно быть исключено наличие более или менее значительных подземных пустот, т. е. подземная разработка должна, как правило, завершиться сдвижением горных пород, распространяющимся до земной поверхности. В противном случае оставляется так называемый «мост», т. е. рудный целик между открытыми и подземными работами. Мощность моста зависит от множества факторов главными из которых является структурные особенности и прочностные свойства горных пород.

Свойства массивов горных пород отличаются значительным разнообразием, обусловленным их генезисом, структурой, трещиноватостью, водонасыщенностью и другими природными факторами. Для надёжной оценки их инженерно-геологических характеристик необходим систематический мониторинг, позволяющий отслеживать изменения состояния массива по мере развития горных работ. Такой подход обеспечивает получение достоверных и актуальных данных, необходимых для своевременного принятия решений по обеспечению устойчивости откосов, уступов и выработанных пространств.

На руднике Жолымбет оценка состояния массива осуществляется на постоянной основе с применением рейтинговых геомеханических классификаций, что позволяет поддерживать высокий уровень контроля за устойчивостью пород в зонах активных работ. Используемая система оценки включает такие классификации, как RQD (Rock Quality Designation), RMR (Rock Mass Rating), Q (Tunneling Quality Index) и GSI (Geological Strength Index), которые являются международно признанными и получили широкое применение в инженерной практике.

Геотехническое картирование, проводимое на открытых горных работах, позволяет определить структурные особенности массива, такие как ориентация, протяжённость и частота трещин, степень выветрелости, типы контактов, а также механические параметры пород. На основе этих данных выполняется ранжирование массива по стабильности и подбираются соответствующие меры по его укреплению.

Следует отметить, что приведённые системы классификаций лежат в основе эмпирического подхода к проектированию инженерных сооружений в

скальных массивах. Они успешно применялись в различных странах и регионах, включая Австрию, Южную Африку, США, Индию и страны Европы, где доказали свою эффективность при проектировании шахт, тоннелей, карьеров и других объектов горной инфраструктуры. [5]

Прочность пород на сжатие для определения рейтинга MRMR принята из [4, 6] 47,5 МПа. Этот показатель соответствует наименьшему пределу прочности вмещающих пород.

Таким образом, $IRS = 47,5$ МПа – прочность нетронутого массива.

На месторождении на постоянной основе проводится геотехническое картирование массива горных пород по рейтинговым классификациям. В таблице 3.1 приведена база данных по определению рейтинга устойчивости массива горных пород на основе геотехнического картирования борта карьера.[6]

Таблица 3.1 – База данных по рейтинговым классификациям массива

Date/Дата	ID/Участок	GSI/Геологический индекс прочности	GSI RQD	Q/Критерия Бартона	SCHMIDT UCS/Расчет Шмидта	RMR
19.05.2022	305_ZH_KAR_1	40	40	2,5	64,6	45
19.05.2022	305_ZH_KAR_2	37	45	1,9	65,8	42
19.05.2022	305_ZH_KAR_3	37	35	1,2	68,7	42
19.05.2022	305_ZH_KAR_4	39	40	1,3	63,9	44
19.05.2022	305_ZH_KAR_5	47	36	0,9	83,2	52
19.05.2022	305_ZH_KAR_6	37	40	1,1	90,9	42
19.05.2022	305_ZH_KAR_7	55	41	10,3	78,5	60
19.05.2022	305_ZH_KAR_8	39	38	1,8	86,2	44
19.05.2022	305_ZH_KAR_9	37	30	1,3	91,1	42
19.05.2022	305_ZH_KAR_10	44	39	1,6	91,1	49
20.05.2022	305_ZH_KAR_11	54	32	2,0	72,3	59
20.05.2022	305_ZH_KAR_12	44	46	2,2	69,5	49
20.05.2022	305_ZH_KAR_13	42	41	1,7	76,8	47
20.05.2022	305_ZH_KAR_14	44	42	2,6	90,4	49
20.05.2022	305_ZH_KAR_15	42	30	0,8	57,0	47
20.05.2022	305_ZH_KAR_16	47	48	2,7	90,6	52
20.05.2022	305_ZH_KAR_17	47	38	2,4	92,4	52
20.05.2022	305_ZH_KAR_18	47	40	2,5	97,2	52
20.05.2022	305_ZH_KAR_19	46	43	7,2	91,3	51
20.05.2022	305_ZH_KAR_20	46	40	6,7	90,8	51

Анализ результатов картирования показал, что породы месторождения относятся к неустойчивым и среднеустойчивым категориям устойчивости.

Показатель GSI является основополагающим показателем для проведения численного анализа напряженно-деформационного состояния массива горных пород. Среднее значение геологического индекса прочности по данным геотехнического картирования равен GSI – 39.

В таблице 3.2 приведены исходные данные для проведения численного анализа массива горных пород.

Таблица 3.2 – Исходные данные для численного анализа массива горных пород

Тип горной породы	Sigci, МПа	GSI	mi	D	Ei (MR)	Глубина, м	Объемный вес, МН/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
порода	47,5	39	25	0	325	330	0,0276
руда	47,5	39	25	1	325	330	0,0276

3.3 Численное моделирование НДС массива между контуром карьера и выработанного пространства зоны «Октябрьская»

При проектировании подземных горных работ напряженно-деформированное состояние породного массива является вопросом первостепенной важности для обеспечения безопасности и прогноза устойчивости горных выработок. Существует ряд методов, позволяющих провести натурные измерения геомеханических параметров горного массива. При этом во многих случаях остается открытым вопрос о достоверности полученных значений напряжений вследствие некорректности постановки обратной задачи, в которой тот или иной метод находит теоретическое обоснование.

Анализ литературных источников показал, что наиболее эффективным является метод гидравлического разрыва скважин для определения величин действующих в массиве главных напряжений.[7] Однако, метод гидроразрыва сложно осуществить на практике и требует большие трудовые и финансовые затраты.

С развитием вычислительной техники в математическом моделировании для решения тех или иных инженерных задач горного дела, наряду с традиционными аналитическими и натурными методами, все шире применяются численные методы.

Более точное решение поставленной задачи можно получить, если расчетная схема и метод решения позволяют изначально учесть интересующие исследователя факторы. Широкие возможности открывают в этом плане так называемые численные методы решения, заимствованные из механики деформируемого твердого тела. Наиболее эффективные из них – метод конечных элементов (МКЭ) и метод граничных элементов (МГЭ). Интенсивное их развитие и применение в практике инженерных расчетов

стало возможным с развитием и доступностью вычислительной техники. Одним из широко используемых в решении задач горного дела методами конечных элементов является программа RS-2, разработанный компанией Rocscience. Программное обеспечение RS-2 предназначена для двумерного анализа НДС массива горных пород методом конечных элементов. Программа позволяет моделировать и анализировать сложные геотехнические задачи.

Решение задач механики деформируемого твердого тела методом конечных элементов основывается на применении приближенных методов вычислений, методов матричной и линейной алгебры.

Численное моделирование напряжённо-деформированного состояния массива горных пород методом конечных элементов в программном обеспечении RS2 (ранее Rocscience Phase2) представляет собой мощный инструмент для инженерно-геомеханического анализа. Этот подход позволяет детально оценивать поведение массива вокруг выработанного пространства как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации.

С помощью моделирования в RS2 можно определить важнейшие характеристики массива: зоны разгрузки и концентрации напряжений, направления и величины перемещений (смещений) пород, распределение главных нормальных и касательных напряжений, а также зонирование области по типам деформаций – упругим и неупругим (пластическим). Одним из ключевых параметров, рассчитываемых в рамках модели, является коэффициент запаса прочности, позволяющий выявить участки, близкие к разрушению.

Кроме того, численная модель даёт возможность оптимизировать конструктивные параметры крепи, оценить её эффективность в различных сценариях нагружения, смоделировать влияние ранее отработанных пространств или соседних выработок, а также спрогнозировать возможные зоны обрушений, ослаблений или трещинообразования. Таким образом, численное моделирование в RS2 обеспечивает всестороннюю оценку горнотехнической ситуации и способствует принятию обоснованных проектных решений, направленных на повышение безопасности и эффективности горных работ.

Моделирование проведено при условии полной отработки карьера до проектного контура и существующими параметрами пустоты зоны Октябрьская.

Для проведения численного анализа НДС массива вблизи пустоты и определения границ зон влияния пустоты принят разрез по профильной линии 11–11.

Вычисленные напряжения в анализируемой плоскости могут быть представлены в виде изолиний вокруг пустоты. Для интерпретации значений девиаторных напряжений (разности главных напряжений) вокруг пустоты отображаются изолинии коэффициента прочности, которые представляют собой количественную меру отношения прочность/действующие напряжения в соответствии с выбранным критерием прочности породного массива. Если

величина коэффициента прочности (Strength Factor) меньше единицы, то это указывает на то, что массив разрушен при данном напряженном состоянии. Если значение находится в пределах от 1 до 1.2, то это означает, что массив горных пород находится в предельном напряженном состоянии. Значение больше 1.2 характеризует устойчивое состояние массива горных пород.

По стандартам международного общества по горной механике (ISRM) для безопасного ведения горных работ, коэффициент запаса устойчивости горных пород должен быть выше значения 1.2.

Значение 1.2, использованное в рамках численного анализа массива горных пород, принято на основании исследования Рида и Стэйси (2009 г.), проведенного в продолжение работ Суона и Сепульведы (2000 г.). Результаты данных исследований признана международным обществом по горной механике (ISRM).[4]

В ходе моделирования определены показатели коэффициента запаса прочности (SF), по которым оценивается состояние рудного целика.

Ниже на рисунках 3.2-3.4 приведены результаты численного анализа по определению коэффициента запаса прочности горных пород.

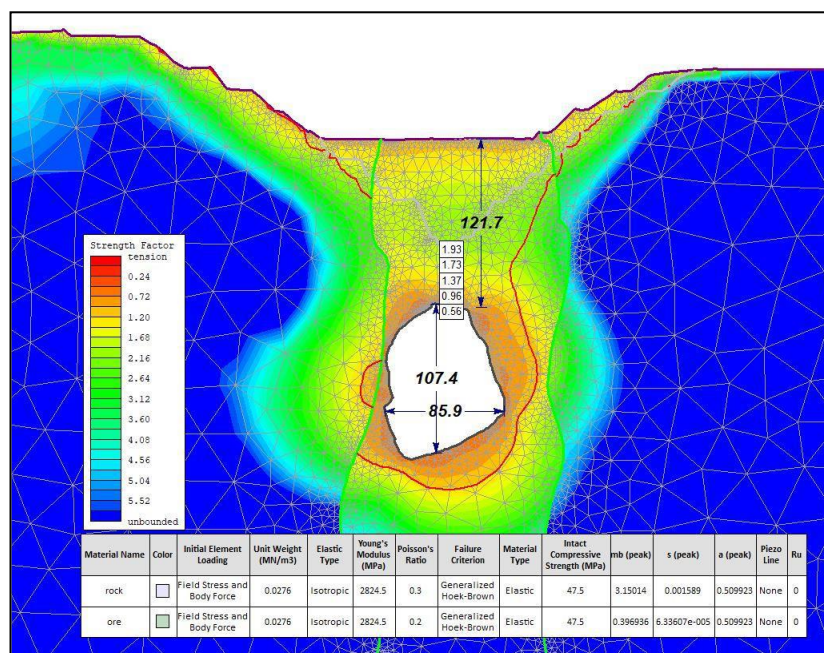


Рисунок 3.2 – Устойчивость массива горных пород вблизи выработанного пространства при фактическом положении карьера

По результатам численного моделирования, представленного на рисунке 3.2, видно, что рудный целик (РЦ), расположенный между выработанным пространством ранее отработанной зоны «Октябрьская» и проектируемым дном карьера, имеет мощность порядка 121,7 метра. При этом зона неупругих деформаций ограничена и составляет около 18 метров, концентрируясь преимущественно вблизи границ пустот и на контактах пород с контрастными физико-механическими свойствами.

Анализ распределения коэффициента запаса прочности, главных напряжений и смещений показывает, что оставшаяся часть рудного целика сохраняет упругое состояние и не выходит за пределы допустимых напряжений. Это позволяет сделать вывод о его достаточной устойчивости при текущих проектных параметрах. Целик выполняет роль устойчивого «моста» между зонами с различной горнотехнической нагрузкой и может рассматриваться как надёжный элемент при дальнейшем освоении залежей в прилегающих участках.

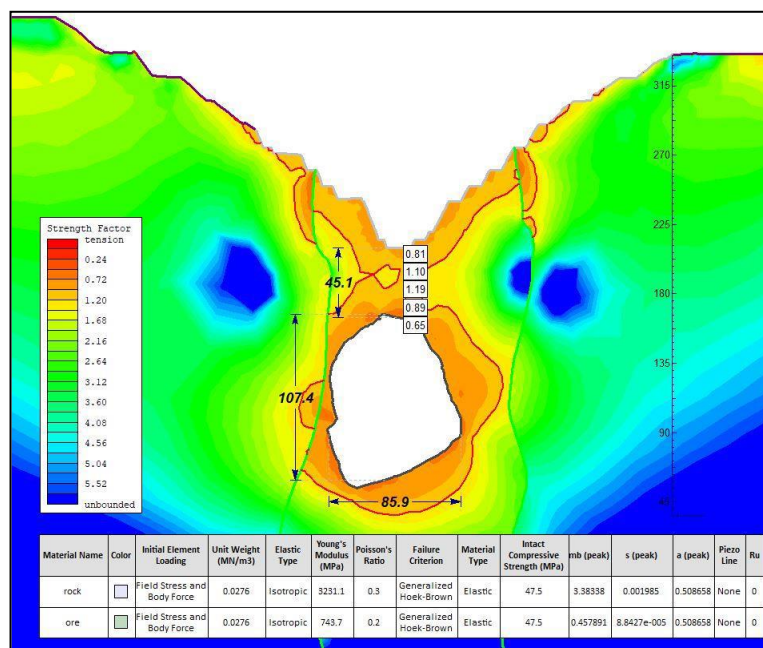


Рисунок 3.3 – Устойчивость массива горных пород вблизи выработанного пространства при полной отработке карьера до проектного контура

По результатам численного анализа, представленного на рисунке 3.3, установлено, что рудный целик (РЦ), расположенный между выработанным пространством зоны «Октябрьская» и проектируемым дном карьера, имеет мощность 45,1 метра. Однако расчёты коэффициента запаса прочности показывают, что по всей высоте данного целика его значение повсеместно ниже 1,2, что указывает на недостаточную несущую способность пород в текущих условиях напряжённого состояния.

Такой результат свидетельствует о высокой вероятности потери устойчивости массива в этой зоне и обрушения рудного целика под действием горного давления и перераспределённых напряжений, возникающих вследствие ранее отработанных подземных выработок. Таким образом, рудный целик с мощностью 45,1 метра не может считаться надёжным барьером и представляет потенциальную угрозу устойчивости дна карьера. Это требует либо изменения проектных решений, либо предварительного

выполнения комплекса мероприятий по закладке пустот или усилению массива.

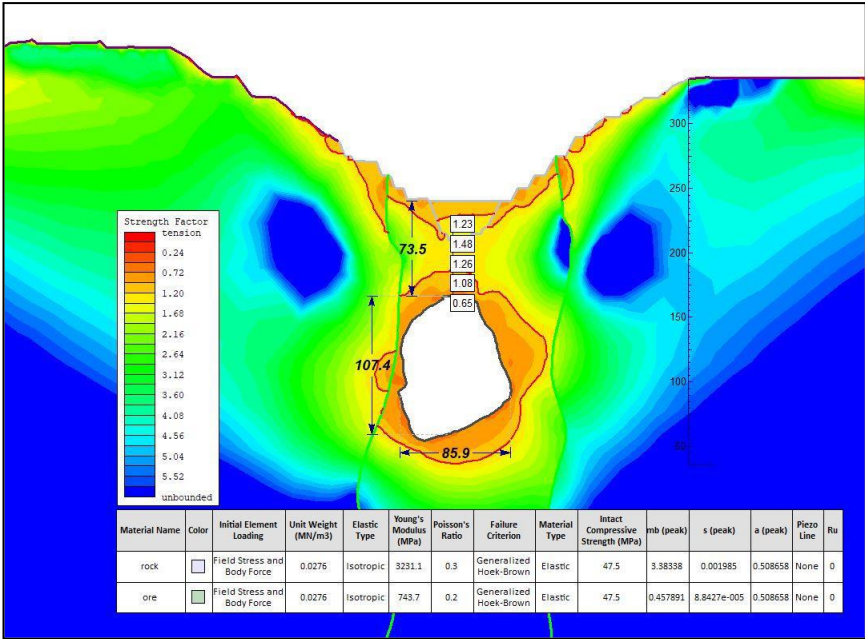


Рисунок 3.4 – Минимально допустимый мощность рудного целика обеспечивающий устойчивость РЦ.

По рисунку 3.4 видно, что рудный целик (РЦ) между выработанным пространством зоны «Октябрьская» и дном карьера достигает 73,5 метров. Зона неупругих деформации невелика (около 24 м), в целом рудный целик (мост) находится в устойчивом состоянии.

В ходе выполненных исследований построен график (рисунок 3.5) изменения коэффициента запаса прочности в зависимости от мощности рудного целика (моста).

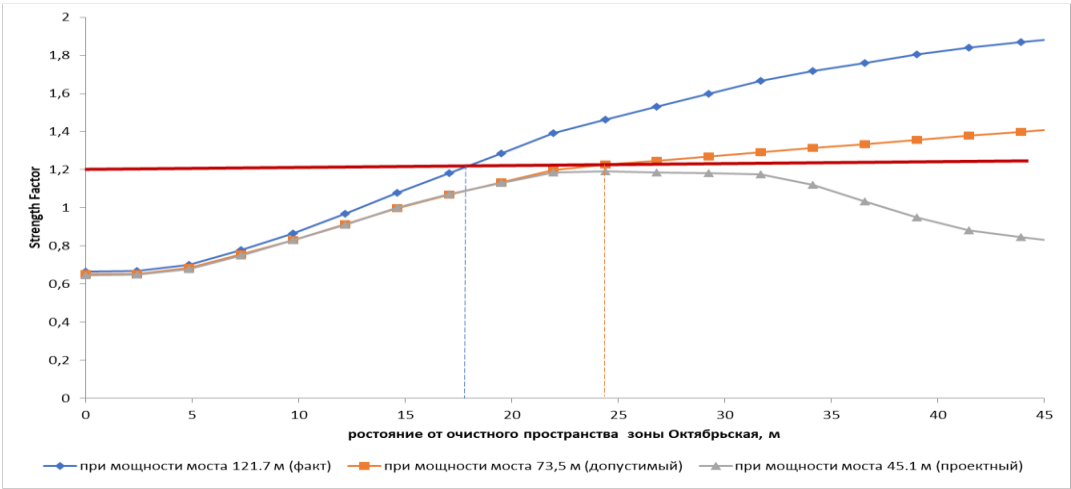


Рисунок 3.5 – График зависимости коэффициента запаса прочности от мощности рудного целика

Выводы по разделу

Выполнен численный анализ НДС массива на основе метода конечных элементов. По результатам численного анализа следует полагать, что при отработке карьера до проектного контура до отметки +210 м (мощность рудного целика 45.1 м), рудный целик между дном карьера и отработанного пространства зоны «Октябрьская» обрушится.

В результате исследования установлено, что минимально допустимый мощность рудного целика обеспечивающий устойчивость массива между карьером и выработанным пространствам зоны «Октябрьская» равен 73,5 метров, следовательно для безопасного ведения горных работ и недопущения провала между ОГР и ПГР рекомендуется отработать карьер до отметки +240,0 метров.

3.4 Закладка пустоты зоны «Октябрьская»

При отработке запасов карьером по достижению глубины карьера 80м, предусматриваются закладочные работы пустоты зоны «Октябрьская» (при этом мощность предохранительного целика – 100м). Для дальнейшего развития открытых горных работ необходимо обосновать безопасную мощность потолочины на основании геомеханических исследований.

Технология закладки породой отработанной камеры (пустоты) зоны «Октябрьская» заключается в следующем:

- осуществляется бурение закладочных скважин диаметром 650 мм с площадки (отм. + 275 м) проектируемого карьера до отработанной камеры (пустоты) зоны «Октябрьская»;
- на ближайшем участке существующего породного отвала «Диоритовая Дайка» производится погрузка породы и доставка к закладочным скважинам;
- спуск породы в отработанную камеру (пустоту) по скважинам. Объем закладываемой породы составляет 450 тыс.м³.

Закладочные работы осуществляются в две смены, в соответствии с общим режимом ведения открытых горных работ, что обеспечивает непрерывность производственного процесса и эффективное использование техники и трудовых ресурсов. Продолжительность всего закладочного цикла определяется суммарным временем, необходимым для бурения закладочных скважин, а также временем, затрачиваемым на непосредственную засыпку (или нагнетание) пустоты отработанной камеры закладочным материалом – в данном случае пустой породой.

Количество необходимых закладочных скважин было определено графическим методом с учётом геометрии отработанного пространства, объёма заполняемого массива и радиуса эффективного действия каждой скважины. В результате расчётов установлено, что оптимальное количество скважин для обеспечения равномерного и полного заполнения пустоты составляет 7 единиц. Такой подход позволяет минимизировать вероятность неравномерной закладки, пустот и провалов, а также обеспечить

геотехническую устойчивость массива в зоне будущих горных работ. Характеристики закладочных скважин приведены в таблице 3.3

Таблица 3.3 – Характеристики закладочных скважин

№ скв	Диаметр, м	Глубина, м	Расстояния между скважинами, м	Коэффициент крепости по шк. Протоdjяконова	Категория буримости по СНиП	Степень буримости	Класс буримости
1	0.65	101	мин - 6.7; макс - 13.7	10÷14	IX-X	Труднобуримые и очень труднобуримые	5÷7
2		102.6					
3		103.2					
4		107					
5		111.5					
6		110.2					
7		109.3					
Всего		744.8					

Общая продолжительность закладочных работ, включая этап бурения закладочных скважин, проведение подготовительных мероприятий и выполнение дополнительных операций, составляет ориентировочно 8–9 месяцев. Указанный срок обеспечивается с учётом работы в две смены и оптимального задействования ресурсов.

Для выполнения операций на поверхности задействуется погрузочно-транспортное оборудование, обеспечивающее подачу, транспортировку и распределение закладочного материала. Комплекс включает следующие основные единицы техники:

- ковшевой погрузчик LV500F, используемый для загрузки закладочного материала в автосамосвалы;
- автосамосвал Краз-6510, осуществляющий доставку материала к месту проведения работ;
- бульдозер ДЭТ-400, применяемый для планировки площадок и перемещения материала в зонах закладки.

Данный комплект оборудования обеспечивает надёжную организацию закладочного процесса при минимальных потерях времени и высокой производительности. Перечень всего технологического оборудования, используемого при проведении закладочных работ, представлен в таблице 3.5.

Таблице 3.5 - Перечень технологического оборудования, используемого на закладочных работах

Наименование технологического процесса	Тип оборудования	Потребное количество оборудования
Бурение закладочных скважин	Буровой станок ударно-канатного бурения*	1
Загрузка породы в автосамосвалы	Погрузчик LV500F	1
Транспортировка породы из отвала до закладочных скважин	Автосамосвал Краз-6510	4
Зачистка породы	Бульдозер ДЭТ-400	1

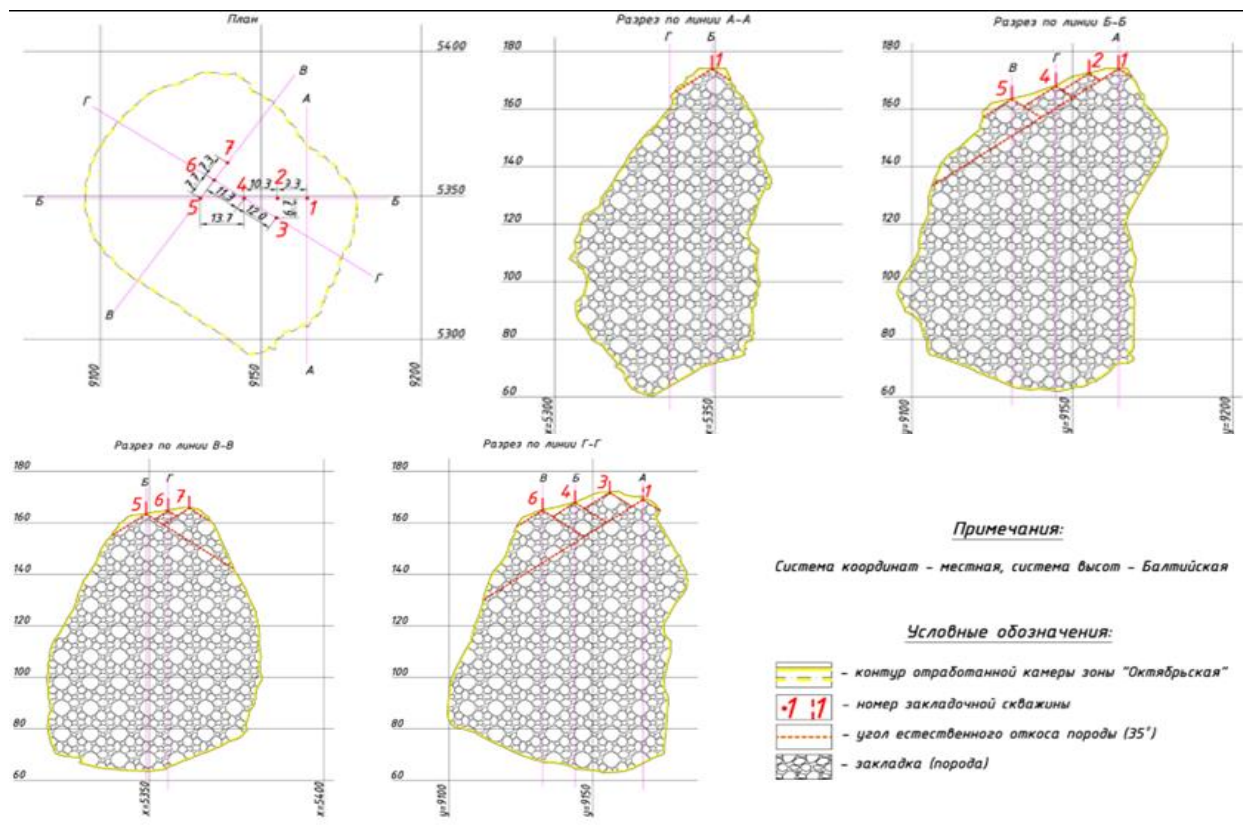


Рисунок 3.6 - Расположение закладочных скважин

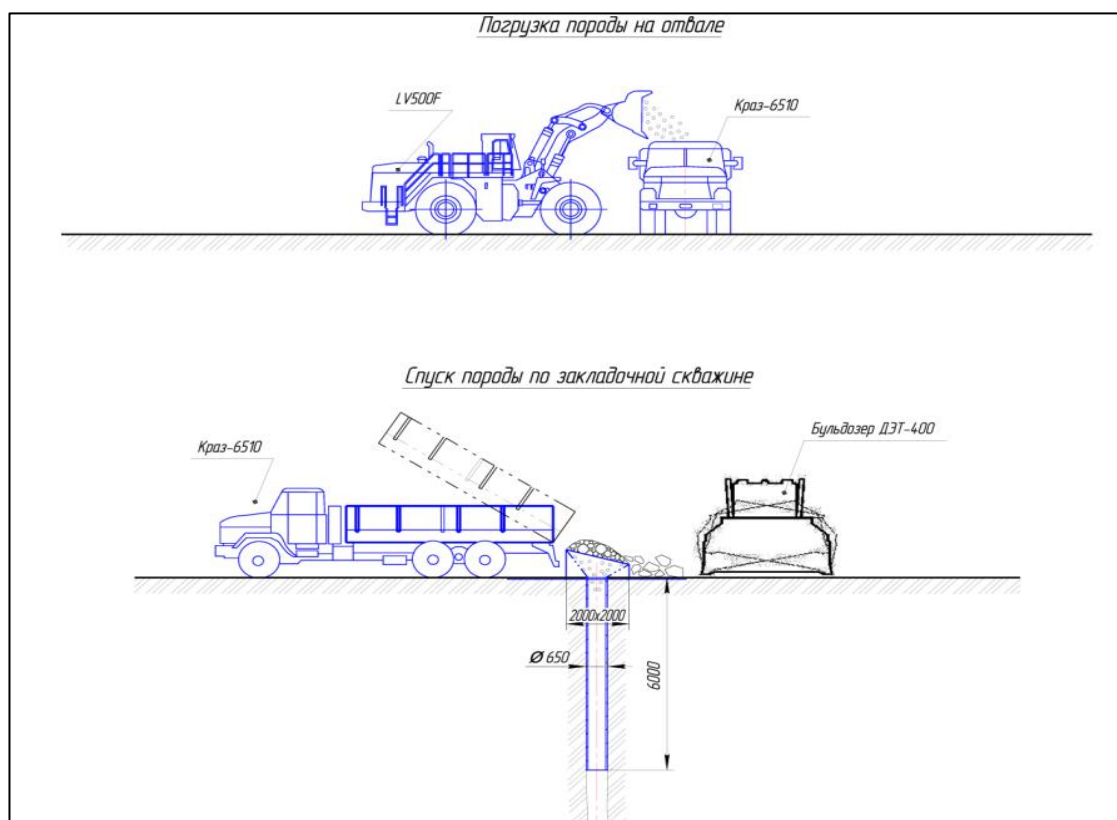


Рисунок 3.7 - Технологическая схема производства погрузочных и закладочных работ

4 Технико-экономическая часть

4.1 Исходные данные

Для определения эффективности и безопасного вовлечения запасов Центрального участка месторождения Жолымбет, настоящим ТЭР были выполнены:

- определение экономически эффективного контура отработки карьера отдельно по зонам «Шахта № 6» (Южный карьер) и «Мариновская» (Северный карьер);
- определение эффективной глубины отработки карьера с формированием контура карьера через каждые 10м по глубине.

На основании выполненных технико-экономических расчетов и финансово-экономической модели определена эффективная глубина отработки запасов Центрального участка месторождения Жолымбет открытым способом.

4.2 Капитальные затраты

При выполнении технико-экономических расчетов учтены капитальные затраты на реконструкцию и поддержание Жолымбетской золото-извлекательной фабрики (ЖЗИФ).

Согласно технологическим решениям рассмотрена отработка запасов зоны «Мариновская» подземным способом. В связи с этим, учитываются следующие капитальные затраты:

- горно-капитальные работы (ГКР);
- приобретение ГШО.

Также при отработке запасов открытым способом ниже глубины $H=65\text{м}$ учтены затраты на бурение скважин для закладки породой пустоты зоны «Октябрьская».

4.2.1 Капитальные затраты на реконструкцию ЖЗИФ

Согласно стратегии развития, предоставленной специалистами АО «ГМК «Казахалтын», предусматриваются капитальные вложения, направленные на модернизацию и реконструкцию Жолымбетской золотоизвлекательной фабрики (ЖЗИФ). В рамках этих мероприятий основным направлением является закупка нового оборудования с целью увеличения производственной мощности предприятия. Общая сумма инвестиций по данной позиции составляет 9372 тыс. долларов США.

В выполненных технико-экономических расчётах указанные капитальные затраты были учтены пропорционально – в виде доли, приходящейся на объём извлекаемого металла от Центрального участка, по отношению к общему объёму металла, запланированному к переработке

согласно стратегии развития АО «ГМК Казахалтын». Такой подход обеспечивает корректное распределение инвестиционной нагрузки между проектами, реализуемыми в рамках единой производственной инфраструктуры.

Кроме того, в рамках той же стратегии, в технико-экономических расчётах были отдельно учтены ежегодные затраты на замену и модернизацию изношенного технологического оборудования ЖЗИФ, с разбивкой по годам отработки. Это позволяет реалистично оценить эксплуатационные расходы и поддерживать необходимый уровень технической надёжности и производственной эффективности на всём протяжении срока разработки.

4.2.2 Горно-капитальные работы

Затраты на горно-капитальные работы приняты согласно данным для расчетов, предоставленным специалистами АО «ГМК «Казахалтын» (приложение Ж). Себестоимость проходки горно-капитальных выработок составляет 297,41 \$/м³. Свод объемов и затрат на горно-капитальные работы приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Свод объемов и затрат на горно-капитальные работы

Наименование	Ед. изм.	Всего	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ГКР вертикальные	м ³	583		58		175		350
ГКР горизонтальные	м ³	23 739	5 098	678	5 099	5 098	5 074	2 693
ГКР всего	м ³	24 322	5 098	736	5 099	5 273	5 074	3 042
Затраты на ГКР	тыс.\$	5 463	1 040	156	1 126	1 203	1 196	741

4.2.3 Затраты на бурение скважин для закладки породой пустоты зоны «Октябрьская»

Капитальные затраты на закладку пустот в зоне «Октябрьская» включают расходы, связанные с бурением семи вертикальных закладочных скважин диаметром 650 мм, общей проектной глубиной 744,8 метра. Эти скважины предназначены для последующего заполнения выработанного пространства пустой породой с целью восстановления геотехнической устойчивости массива между подземными выработками и проектируемыми контурами карьера.

Данные, использованные для расчёта стоимости буровых работ, были приняты на основе коммерческого предложения, предоставленного подрядной организацией – ТОО «Арасан» (см. приложение А). В соответствии с технологическими решениями проекта, бурение скважин будет производиться после достижения карьером глубины Н = 80 м, что, согласно графику горных

работ, ожидается в 2025 году. В связи с этим, указанные капитальные затраты заложены в бюджет именно на этот плановый период.

Следует отметить, что приобретение нового оборудования для выполнения закладочных работ не требуется, поскольку весь необходимый комплекс техники (включая буровую установку, погрузочно-транспортные механизмы и вспомогательное оборудование) уже имеется в распоряжении рудника «Жолымбет». Это позволяет существенно снизить первоначальные инвестиционные издержки и ускорить подготовительный этап реализации закладочного проекта.

4.3 Эксплуатационные затраты

Для расчета эксплуатационных затрат по открытым и подземным горным работам приняты данные, предоставленные специалистами АО «Алтыналмас»

Затраты по открытым горным работам:

- себестоимость вскрышных работ – 368,9 тг/м³;
- себестоимость перемещения отвала Диоритовая Дайка – 79,2 тг/м³;
- переменные затраты по добыче – 500,6 тг/т;
- постоянные затраты – 187 548,2 тыс.тг. Затраты на переработку руды

в ЖЗИФ:

- переменные затраты на переработку руды – 2 034,9 тг/т;
- постоянные затраты – 1 101 758,7 тыс.тг. Затраты по подземным

горным работам:

- себестоимость горнопроходческих работ – 12 514,5 тг/м³;
- переменные затраты по добыче – 4 973,5 тг/т;
- постоянные затраты – 1 601 224,7 тыс.тг;
- общеадминистративные расходы рудника – 74 885,8 тыс.тг.

Затраты на переработку руды подземными горными работами в ЖЗИФ:

- переменные затраты на переработку руды – 2 177,6 тг/т;
- постоянные затраты – 357 311,6 тыс.тг.

Технологические показатели извлечения металлов в рамках технико-экономических расчётов приняты в соответствии со стратегией развития, предоставленной специалистами АО «ГМК «Казахалтын». Указанные параметры отражают текущие и прогнозные значения извлечения полезных компонентов на золотоизвлекательной фабрике с учётом модернизации оборудования и накопленного технологического опыта предприятия.

Реальные рыночные цены на металлы, а также коэффициенты инфляции капитальных и эксплуатационных затрат были учтены по актуализированным прогнозным данным на ноябрь 2020 года. Эти значения позволили сформировать обоснованную экономическую модель проекта с учётом временного фактора и возможных колебаний на сырьевых рынках, а также спрогнозировать эффективность проекта в реальных финансово-экономических условиях.

Ставки НДС на золото – 5,0%, на серебро – 5,0% приняты в соответствии с Налоговым Кодексом Республики Казахстан [8].

Себестоимость 1 кг золота увеличивается в зависимости от углубления карьера, так как увеличивается коэффициент вскрыши. Изменение себестоимости в зависимости от глубины карьера приведено в рисунке 4.1. Распределение корпоративных затрат приведено в рисунке 4.2.

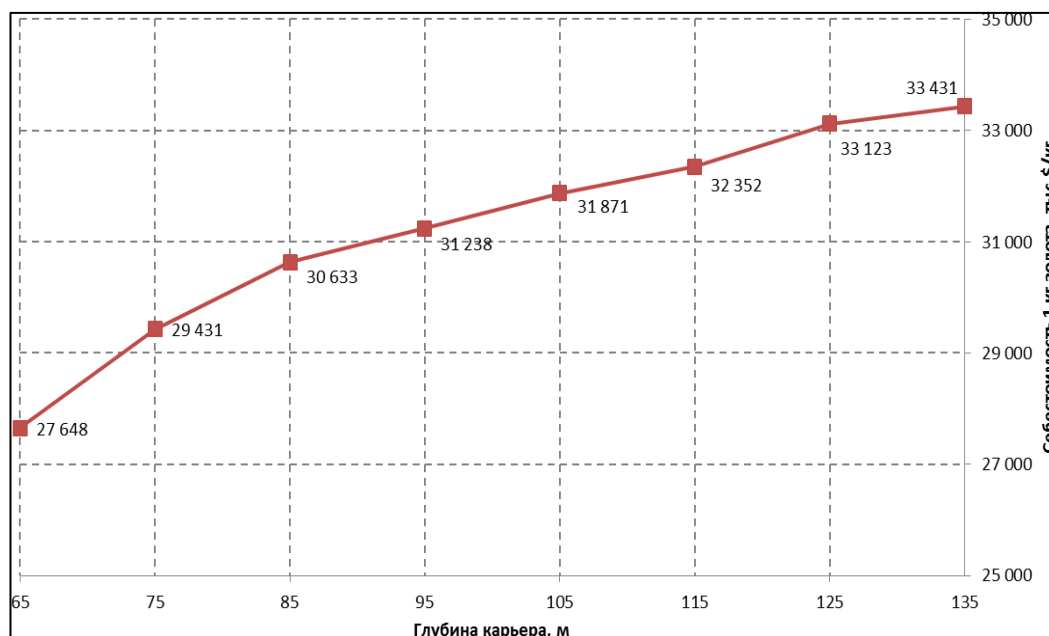


Рисунок 4.1 – Изменение себестоимости в зависимости от глубины карьера



Рисунок 4.2 – Распределение эксплуатационных затрат

Для комплексной оценки технико-экономической целесообразности реализации проекта по комбинированной разработке месторождения произведён анализ структуры эксплуатационных затрат. Расчёты выполнены с учётом специфики применяемых технологий, действующих нормативов, а также стратегии развития АО «ГМК «Казахалтын». Обобщённые данные по основным статьям текущих затрат приведены в таблице 4.2.

Как видно из таблицы, наибольшую долю в структуре расходов составляют затраты на ведение горных работ, переработку руды и реализацию готовой продукции. Существенным остаётся вклад налогообложения (в частности, налога на добычу полезных ископаемых), а также амортизационных отчислений, что связано с высокой долей использования ранее приобретённого технологического оборудования. Полученные данные легли в основу финансовой модели и были использованы при расчёте показателей эффективности проекта.

Таблица 4.2 – Распределение эксплуатационных затрат

Распределение затрат	\$/т руды	\$/кг золота	%
Горная добыча	17,5	12 143	36,3
Обогатительная фабрика	23,7	16 424	49,1
Затраты на реализацию	0,6	433	1,3
НДПИ	3,1	2 143	6,4
Прочие обязательства	0,04	29	0,1
Износ	3,26	2 259	6,8
Итого	48,2	33 431	100

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Проведен анализ геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий Центрального участка месторождения Жолымбет, в частности зоны подработки «Октябрьская». Установлены основные факторы, влияющие на устойчивость массива горных пород, включая сложное строение, тектонические нарушения и физико-механические свойства пород.

2) Выполнено численное моделирование напряженно-деформированного состояния массива между контуром карьера и выработанным пространством с использованием метода конечных элементов (ПО RS2). Определено, что минимально допустимая мощность рудного целика, обеспечивающая устойчивость массива, составляет не менее 73,5 метров при коэффициенте устойчивости $\geq 1,2$.

3) Разработана технологическая схема ликвидации пустот в подземных выработках с применением буровых скважин диаметром 650 мм и закладочного материала из отходов породного отвала. Данное решение позволяет обеспечить устойчивость массива и предотвратить деформации, способные привести к аварийным ситуациям.

4) Оценена технико-экономическая эффективность предлагаемых мероприятий. Показано, что использование комбинированного способа разработки с закладкой пустот обеспечивает снижение рисков обрушений, сокращает простой техники и повышает безопасность ведения горных работ. Внедрение разработанных решений в производственный процесс позволит повысить рентабельность отработки запасов.

5) Полученные результаты обладают прикладным значением и могут быть использованы при проектировании аналогичных объектов со схожими геолого-структурными и горнотехническими условиями. Разработанные рекомендации являются научно обоснованными и соответствуют современным требованиям к безопасности и эффективности горных работ.

Оценка выполнения поставленных задач. Все поставленные в рамках магистерской диссертации задачи выполнены в полном объеме. Исследованы геолого-технические условия, определены физико-механические характеристики пород, проведено численное моделирование напряженно-деформированного состояния массива, а также разработаны рекомендации по обеспечению его устойчивости при открыто-подземной системе разработки. Результаты полностью соответствуют целям работы и подтверждены расчетами.

Практическое значение работы. Предложенные проектные решения имеют высокую прикладную значимость и могут быть внедрены в действующую систему разработки месторождения Жолымбет. Разработанная технология ликвидации пустот и установленные параметры безопасного целика позволяют обеспечить промышленную безопасность, минимизировать техногенные риски и повысить надёжность эксплуатации. Методика может быть адаптирована и для аналогичных объектов в горнодобывающей отрасли.

Оценка технико-экономической эффективности внедрения. Внедрение разработанных мероприятий демонстрирует высокую технико-экономическую обоснованность. Повышение устойчивости массива снижает вероятность возникновения аварийных ситуаций, простоев техники и восстановительных затрат. Расчёты показывают, что предотвращение даже одного потенциального обрушения позволяет экономить значительные ресурсы, а предлагаемая система закладки обеспечивает быструю окупаемость при низкой себестоимости и использовании местных материалов.

Оценка научно-технического уровня выполненной работы. Выполненная работа отвечает современным требованиям горной науки и практики. Применённый подход к численному моделированию соответствует международным стандартам анализа устойчивости. Теоретические положения и инженерные решения, представленные в диссертации, могут быть использованы как методическая база при проектировании открыто-подземных разработок. Работа отличается высоким уровнем проработки, обоснованностью выводов и практической применимостью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Подсчет запасов штокверковых руд Центрального участка месторождения золота Жолымбет по состоянию на 01.01.2013 г (блочная модель). – ТОО «КМК», Алматы – 2013 г;

2 Поддержание действующих мощностей рудника Жолымбет. – ВНИПИГорцвет. – Новосибирский филиал – 1989 г;

3 Вскрытие и отработка глубоких горизонтов месторождения Жолымбет с использованием стволов шахт «Глубокая» и «Вентиляционная». – ИГД им. Д. А. Кунаева – 2011 г;

4 Проект промышленной разработки (отработки) запасов участка Центральный карьера №6 месторождения Жолымбет. – АО «ГМК Казахалтын». г. Степногорск – 2015.

5 Проект разведки и вскрытия запасов Центрального участка месторождения Жолымбет открытым способом (карьер №6). – АО «ГМК Казахалтын» – 2014 г;

6 Проект промышленной отработки запасов участка Центральный карьера №6 месторождения Жолымбет. – АО «ГМК Казахалтын» – 2015 г;

7 Отчет по теме «Оценка состояния горных выработок, предусмотренных к длительному (повторному) использованию на рудниках Аксу, Бестобе, Жолымбет АО ГМК "Казахалтын». – КарНИИИПБ – 2014

8 «Нормы технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с открытым способом разработки» – ВНТП 35-86.