

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»

Асқар Құралай Ержанқызы

Совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера «Пустынное»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

7M07203 – «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 622.75/.77.762.765

На правах рукописи

Асқар Құралай Ержанқызы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

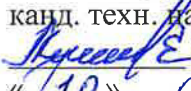
Совершенствование технологии повышения
устойчивости уступов карьера
«Пустынное»

Направление подготовки

7М07203 – Горная инженерия

Научный руководитель

канд. техн. наук, профессор

 Куттыбаев А.Е.

« 10 » 06 2025 г.

Рецензент

канд. техн. наук кафедры «Физики»,
Институт физики, математики и циф-
ровых технологий, КазНПУ

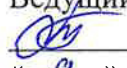
 Заурбекова Н.Д.

« 9 » 06 2025 г.



Норм контроль

Ведущий инженер

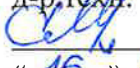
 Мендекинова Д.С.

« 9 » 06 2025 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующей кафедрой ГД

д-р техн. наук, профессор

 Молдабаев С.К.

« 16 » 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

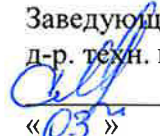
Институт Горно-металлургический имени О.А. Байконурова

Кафедра «Горное дело»

7M07203 – «Горная инженерия»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ГД
д-р. техн. наук, профессор

 Молдабаев С.К.
«03» 01 2025г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Аскар Күралай Ержанқызы

Тема: «Совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера
«Пустынное»»

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

Срок сдачи законченного проекта: " " _____ 2025 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: геомеханические характеристики массива
горных пород карьера «Пустынное»

Перечень подлежащих разработке вопросов:

а) анализ современного состояния устойчивости уступов на карьере «Пустынное»;

б) описание технологии торкретирования и её применения в горных условиях;

в) разработка проектных решений по укреплению уступов с использованием торкретиро-
вания;

г) расчёт коэффициента устойчивости до и после укрепления;

д) оценка эффективности предложенных мероприятий (технико-экономическая оценка).

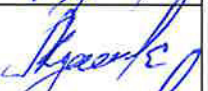
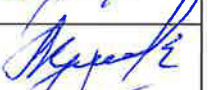
Перечень графического материала: демонстрационный материал с результатами
исследований не менее чем на 15 слайдах.

Рекомендуемая основная литература: из 26 наименований

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантом	Примечание
Введение	25.02.2024г.	
Аналитический обзор литературы	03.05.2024г..	
Технология укрепления откосов	07.10.2024г.	
Промышленная безопасность и охрана труда	14.01.2025г.	
Экономическое обоснование проекта укрепления откосов	09.02.2025г.	
Заключение	15.05.25г.	

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
Введение	Куттыбаев А.Е. канд. техн. наук, профессор	25.02.2024г.	
Аналитический обзор литературы	Куттыбаев А.Е. канд. техн. наук, профессор	03.05.2024г..	
Технология укрепления откосов	Куттыбаев А.Е. канд. техн. наук, профессор	07.10.2024г.	
Промышленная безопасность и охрана труда	Куттыбаев А.Е. канд. техн. наук, профессор	14.01.2025г.	
Экономическое обоснование проекта укрепления откосов	Куттыбаев А.Е. канд. техн. наук, профессор	09.02.2025г.	
Заклучение	Куттыбаев А.Е. канд. техн. наук, профессор	15.05.25г.	
Нормоконтролер	Ведущий инженер Мендекинова Д.С	10.06.2025г.	

Научный руководитель
Задание приняла к исполнению




А.Е. Куттыбаев
Қ.Е. Асқар

Дата

« » 2025 г.

АНДАТПА

Бұл магистрлік диссертация карьердегі уступтардың орнықтылығын арттыру мақсатында торкреттеу әдісін қамтитын біріктірілген бекіту тәсілін қолдану арқылы жүргізілген зерттеуді сипаттайды.

Кен орнының инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайлары қарастырылып, беткейлердің орнықтылығын модельдеу жүргізілді.

Негізгі назар торкреттеу, анкерлік бекіту және арматуралық тор қолданылатын біріктірілген әдісті қолдануға аударылды.

Жұмыстарды орындау технологиясы әзірленіп, оның техникалық-экономикалық тиімділігі бағаланды. Алынған нәтижелер ұсынылған әдістің карьерді қауіпсіз пайдалануды қамтамасыз етудегі тиімділігін растады.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы тапсырма, кіріспе, зерттеу жұмыстары егжей-тегжейлі сипатталған 7 бөлім, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыста 18 сурет пен 13 кестеден тұратын кең көлемді аналитикалық материал ұсынылған, бұл ақпараттың мазмұнын толықтырып, тереңдете түседі.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация представляет собой исследование повышения устойчивости уступов за счёт применения комбинированного метода крепления, включающего торкретирование.

Рассмотрены инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождения, а также проведено моделирование устойчивости откосов.

Основное внимание уделено применению комбинированного метода, включающего торкретирование, анкерное крепление и армирование сеткой. Разработана технология выполнения работ и дана оценка её технико-экономической эффективности.

Полученные результаты подтвердили эффективность предложенного метода для обеспечения безопасной эксплуатации карьера.

Структура диссертационной работы включает задание, введение, 7 глав с детальным описанием проведенных исследований, заключение и список литературы. В работе представлен обширный аналитический материал, включающий 18 рисунков и 13 таблиц, что дополняет и углубляет представленную информацию.

ABSTRACT

This master's thesis is a study on improving the stability of pit benches through the application of a combined reinforcement method that includes shotcreting.

The engineering-geological and hydrogeological conditions of the deposit are examined, and slope stability modeling has been conducted.

Particular attention is given to the application of a combined method that includes shotcreting, rock bolting, and mesh reinforcement. A technology for carrying out the work was developed, and its technical and economic efficiency was evaluated.

The results obtained confirmed the effectiveness of the proposed method for ensuring the safe operation of the open-pit mine.

The structure of the thesis includes the assignment, introduction, seven chapters with detailed descriptions of the research conducted, a conclusion, and a list of references. The thesis contains extensive analytical material, including 18 figures and 13 tables, which complement and deepen the presented information.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1	Аналитический обзор литературных источников	10
1.1	Географо-экономическая характеристика месторождения	10
1.2.	Стратиграфия	12
1.2.1	Интрузивные породы	14
1.2.2	Тектоническое строение	14
1.2.3	Гидротермальные образования	16
1.2.4	Морфология рудных тел	17
1.3	Геологическое строение месторождения	19
1.3.1	Обоснование группы сложности геологического строения месторождения и плотность разведочной сети	22
1.3.2	Объёмная масса, пористость, влажность руд	22
1.4	Гидрогеологические условия месторождения	23
1.4.1	Рельеф	23
1.4.2	Гидрография	23
1.4.3	Обводненность месторождения	24
1.4.4	Химический состав карьерных вод	29
1.4.5	Источники водоснабжения	32
1.5	Инженерно-геологические условия месторождения	33
2	Технология укрепления откосов	36
2.1	Анализ современных подходов к стабилизации откосов	36
2.2	Выбор метода и обоснование технологии укрепления	36
2.3	Исследование физико-механических характеристик горных пород	39
2.4	Моделирование устойчивости откосов до укрепления	42
2.5	Моделирование устойчивости откосов с применением комбинированного метода	45
2.6	Технология производства укрепительных работ	46
2.6.1	Подготовка поверхности и установка армирующей сетки	46
2.6.2	Предторкретная подготовка основания.	46
2.7	Характеристика применяемых материалов и оборудования	49
2.7.1	Сухая смесь MasterRoc STS1510	49
2.7.2	Состав MasterRoc MG 07	50
2.7.3	Анкерные элементы	52
2.7.4	Мониторинг деформаций	55
3	Обеспечение промышленной безопасности и охраны труда при производстве работ	57
3.1	Общие положения	57
3.2	Идентификация потенциальных производственных опасностей	58
3.3	Организационные мероприятия по обеспечению безопасности	59
3.4	Средства индивидуальной защиты	60
3.5	Технические меры по обеспечению безопасности	62
3.6	Медицинские и профилактические мероприятия	63
4	Экономическое обоснование проекта укрепления откосов	64
4.1	Цель и задачи экономической оценки	64

4.2	Объёмы и условия проведения работ	64
4.3	Расчёт затрат на реализацию укрепительных мероприятий	65
4.4	Анализ экономической эффективности проекта	66
4.5	Выводы и рекомендации по экономической части	67
Заключение		
Список использованной литературы		
Приложения А		

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В условиях активного освоения месторождений и расширения масштабов открытых горных работ возрастает значение обеспечения устойчивости откосов и уступов карьеров. Нарушения устойчивости ведут к серьёзным последствиям: авариям, остановке оборудования, потере полезного ископаемого и угрозе жизни персонала. Особое внимание в этой связи требует разработка методов, способствующих предотвращению деформаций и разрушений горного массива.

Карьера, разрабатываемые в Казахстане, в том числе и карьер «Пустынное», всё чаще сталкиваются с необходимостью применения инженерных решений, обеспечивающих устойчивость откосов в сложных инженерно-геологических и климатических условиях. В связи с этим, применение современных методов крепления, таких как торкретирование в сочетании с анкерной фиксацией, приобретает особую значимость как эффективный способ повышения устойчивости бортов карьера.

В мировой и отечественной практике торкретирование зарекомендовало себя как надёжный метод укрепления склонов, особенно в условиях выветрелых, трещиноватых или обводнённых пород. Однако для каждого конкретного объекта необходимо разрабатывать оптимальную технологию, учитывающую местные условия, физико-механические свойства пород, рельеф и геометрию уступов.

Цель магистерской диссертации – совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера «Пустынное» за счёт применения комбинированного метода крепления с использованием торкретирования.

Объект исследования уступы карьера «Пустынное», подверженные деформациям и потерям устойчивости.

Предмет исследования технология укрепления откосов, включающая применение торкретирования в сочетании с анкерным креплением и армирующей сеткой.

Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи:

- а) провести анализ геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий карьера;
- б) рассмотреть существующие методы укрепления откосов и их эффективность;
- в) выполнить моделирование устойчивости откосов до и после применения торкретирования;
- г) разработать технологию выполнения торкретирования, включая подбор материалов и оборудования;
- д) провести оценку экономической эффективности предложенного метода и его влияния на безопасность горных работ.

Научная новизна работы заключается в применении комбинированного способа укрепления откосов, включающего торкретирование и анкерное

крепление, для условий карьера «Пустынное», а также в моделировании устойчивости с учётом физико-механических характеристик пород.

Практическая значимость работы состоит в возможности применения разработанной технологии для повышения безопасности и эффективности горных работ на карьерах с аналогичными инженерно-геологическими условиями, а также в снижении рисков, связанных с потерей устойчивости откосов.

1 Аналитический обзор литературных источников

1.1 Географо-экономическая характеристика месторождения

Золоторудное месторождение Пустынное локализовано на территории Актогайского района Карагандинской области, приблизительно в 100 км восточнее города Балхаш и в 25 км севернее железнодорожной станции Акжайдак, находящейся на линии Балхаш – Актогай. Координаты центра участка определяются как 46°57'40" северной широты и 76°03'09" восточной долготы, в пределах планшета L-43–45-A. Сообщение с городом Балхаш осуществляется автотранспортом, из которых около 50 км дороги имеет асфальтовое покрытие, оставшийся участок – гравийный. Связь с ж/д станцией Акжайдак также обеспечивается по грейдерной дороге (рисунок 1.1).

Климат региона относится к резко континентальному типу, характеризующемуся продолжительной холодной зимой и жарким засушливым летом. Осадков выпадает незначительное количество, отмечается выраженный дефицит атмосферной влаги. Наиболее холодный месяц – январь, в который температура воздуха может снижаться до -40...-45°C. В июле, наиболее тёплом месяце, температура достигает +45°C. Среднегодовое значение температуры составляет порядка +8...10°C. Аридность климата проявляется в значительном испарении с открытых водных поверхностей, достигающем 1200–1300 мм в год, при влажностном дефиците до 18 мбар в тёплый сезон. Снежный покров колеблется от 15 до 30 см, с водным эквивалентом 40–50 мм. Промерзание почвы достигает глубины 0,9–1,1 м.

По многолетним наблюдениям, годовое количество атмосферных осадков варьирует от 57 до 219 мм, в среднем – около 121 мм. При этом доля «эффективных осадков» (т. е. способных участвовать в формировании стока) составляет 59–65 мм, со средним многолетним значением 62 мм. Существенное влияние на поверхностный и подземный сток оказывают осадки зимне-весеннего периода.

Территория характеризуется значительной ветровой активностью, преобладающее направление – северо-восточное. Среднегодовая скорость ветра составляет 5,2 м/с.

Гидрографическая сеть слабо развита и представлена, главным образом, временными водотоками, активизирующимися в весенний период. Ближайший постоянный водоём – река Тоқырау – протекает на расстоянии 65 км к западу от месторождения. Аллювиальные отложения её долины являются источником подземных вод, используемых для водоснабжения промышленного узла города Балхаш. Почвенный покров в районе представлен преимущественно щебнисто-суглиновыми и солончаковыми почвами. Растительность типична для пустынных и полупустынных ландшафтов, доминируют низкорослые кустарники (баялыч), полынь степная, ковыль. Вегетационный период кратковременный: к концу мая растительность выгорает.

Энергоснабжение ГМП «Пустынное» осуществляется от высоковольтной линии электропередачи Балхаш–Саяк, расположенной в 12 км южнее объекта.

Месторождение Пустынное служит сырьевой базой для горнометаллургического предприятия «Пустынное», входящего в структуру АО «АК Алтыналмас». В 3 км к востоку ведется разведка месторождения Карьерное, рудная минерализация которого по составу близка к рудному телу Пустынного, и рассматривается как дополнительный источник сырья для предприятия. Ещё одно золоторудное месторождение – Долинное – расположено на расстоянии 12 км восточнее.

Трудовые ресурсы могут привлекаться из близлежащих промышленных центров – городов Балхаш и Караганда, в которых основное направление экономической деятельности связано с горнодобывающей отраслью.

Инфраструктура предприятия включает карьер (рудник открытого способа разработки), золотоизвлекательную фабрику (ЗИФ), а также все необходимые производственные и социальные объекты: вахтовый посёлок, гаражи для горной техники, системы инженерного обеспечения (водоснабжение, энергоснабжение), ремонтно-механические мастерские и т. д.

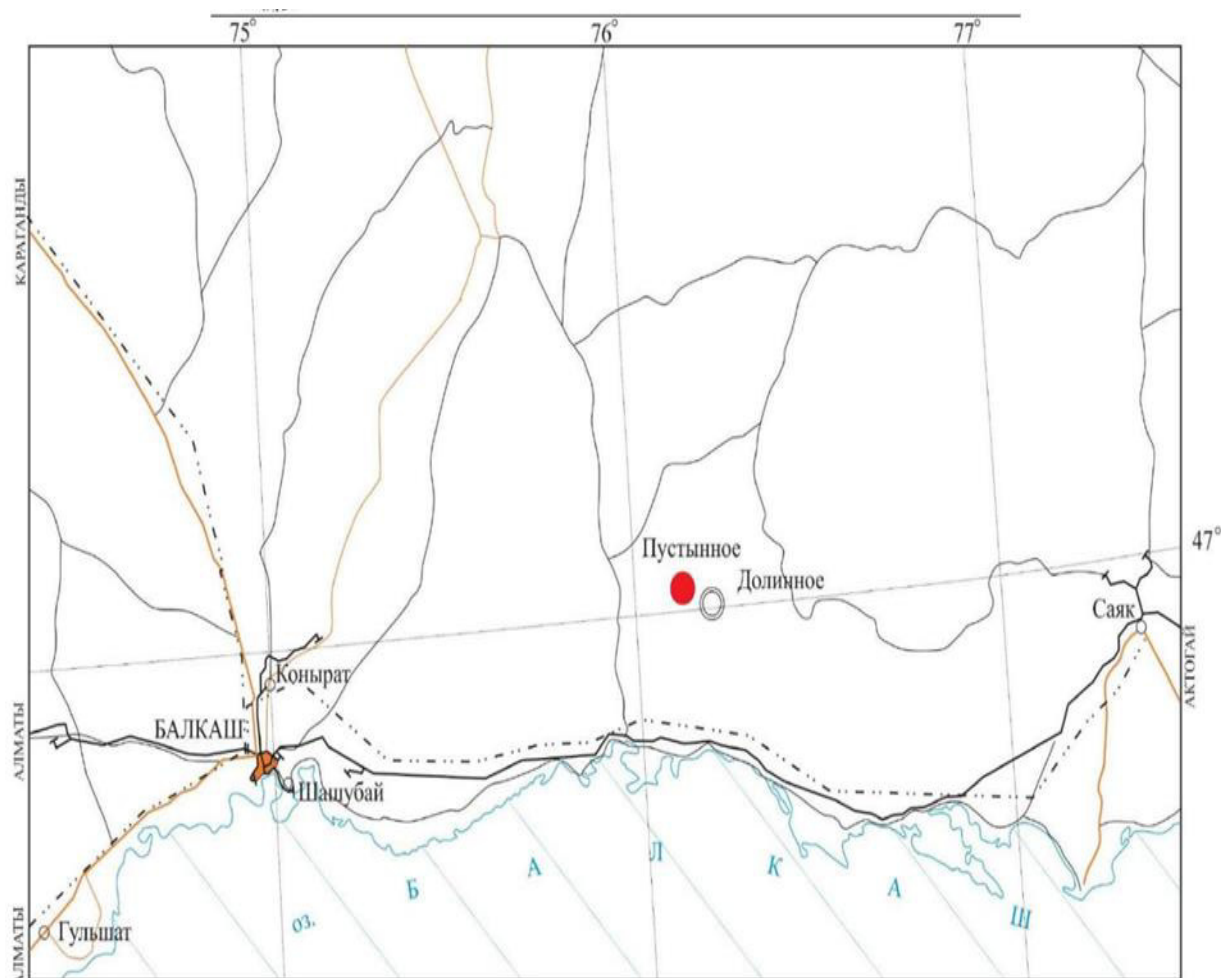


Рисунок 1.1 – Обзорная карта района месторождения «Пустынное»

1.2 Стратиграфия

Золоторудное месторождение Пустынное приурочено к южной части Иткудук-Бактайской зоны интенсифицированного складчатого деформирования и рассланцевания, расположенной на границе двух крупных тектонических элементов – Казык-Итмурундинского антиклинория и Котанбулакского синклинория (рисунок 1.2).

Разрез рудного поля представлен дислоцированными отложениями, сформировавшимися в интервале от верхнего протерозоя и кембрия до перми включительно. Кроме того, значительное распространение на территории получили кайнозойские рыхлые образования, занимающие около пятой части общей площади.

Отложения верхнего протерозоя и кембрия включают породы итмурундинской и казыкской свит. Итмурундинская свита (PR_2-C) характеризуется значительной мощностью (не менее 1000 м) и представлена комплексом диабазовых порфиритов, спилитов, полимиктовых песчаников, кремнистых пород, гравелитов и яшм.

Казыкская свита (C_{1-2kz}), залегающая с эрозионным размывом на породах итмурундинской свиты, распространена ограниченно. Её литологический состав включает преимущественно красноватые яшмы, в нижней части разреза перемежающиеся с кремнистыми туффитами, алевролитами и песчаниками. В основании свиты залегают конгломераты и конгломератобрекчии с включениями габброидов и плагиогранитов. Также наблюдаются силлы диабазов. Общая мощность свиты составляет 600–700 м.

Нижнесилурийские отложения (S_1) нерасчленённые, представлены преимущественно однотипными по литологии зеленовато-серыми песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов бордовых и серо-зелёных оттенков. Видимая мощность данных образований составляет до 1200 м.

Девонские породы, относящиеся к фаменскому ярусу (D_{3fm}), распространены менее широко. Эти образования представлены морскими терригенными отложениями, образующими брахискладки с углами падения крыльев от 30° до 80° . В их составе встречаются чередующиеся песчаники различной зернистости, алевролиты, алевропесчаники, известняки, а также туфогенные прослои смешанного состава. Мощность отдельных пачек варьирует от нескольких сантиметров до десятков метров, общая мощность – 70–300 м.

Породы каменноугольного и пермского возраста представлены осадочными образованиями турнейского яруса, тастыкудукской и кунгисаякской свит, образующими наложенные брахисинклинальные структуры вдоль зоны глубинного разлома. Углы падения слоев варьируются от 25° до 85° .

Отложения турнейского яруса подразделяются на два подъяруса: нижний (C_{1t1}) и верхний (C_{1t2}). Нижнетурнейские породы сложены слабо мощными пачками разнозернистых песчаников, алевролитов, алевропесчаников, гравелитов и туфов. Верхнетурнейские отложения, залегающие согласно, характеризуются чередованием песчаников, гравелитов,

алевролитов с туфовыми прослоями. Совокупная мощность комплекса – от 250 до 470 м.

Тастыкудукская свита (C_2 – $3tk$) перекрывает нижнетурнейские образования с выраженным угловым несогласием. Её литологический состав включает преимущественно мелкогалечные конгломераты и песчаники среднего и крупного зерна, с вкраплениями известняков. Общая мощность – 100–300 м.

Кунгисаякская свита (C_3 – P_{1ks}) представлена на небольшой территории в пределах рудного поля. Её отложения залегают с угловым и азимутальным несогласием по отношению к породам турнейского и фаменского возраста. В разрезе преобладают чередующиеся конгломераты, гравелиты и песчаники мелкой и средней зернистости. Мощность свиты достигает 400 м.

Значительная часть площади рудного поля перекрыта кайнозойскими рыхлыми отложениями, относящимися к четвертичной системе (QIII–IV). Эти отложения представлены комплексами аллювиального, пролювиального и делювиального происхождения, с мощностью до 5–10 м.

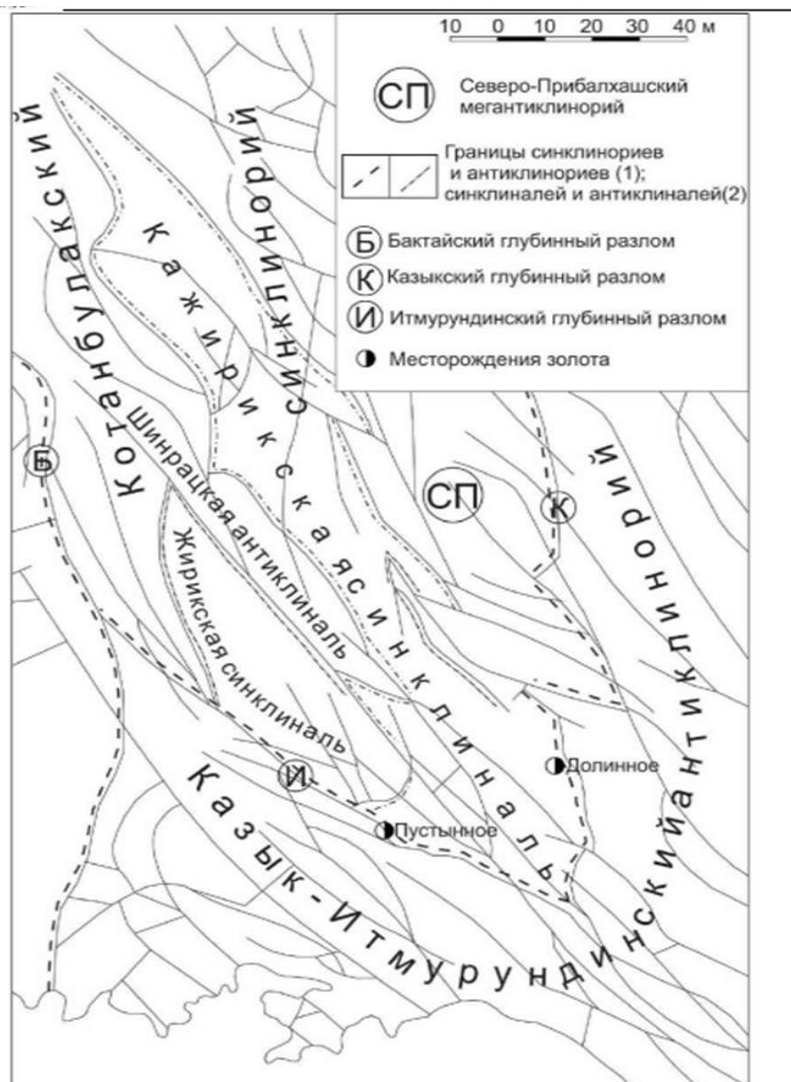


Рисунок 1.2 – Тектоническая схема района работ

1.2.1 Интрузивные породы

Интрузивные образования, слагающие рудное поле месторождения Пустынное, подразделяются на две группы, различающиеся по возрасту, литологическим особенностям и условиям залегания.

К первой группе относятся наиболее древние образования, представленные позднепротерозойским габбро-перидотитовым комплексом, который занимает значительную часть исследуемой территории. В его состав входят массивы и отдельные тела габбро-перидотитового состава, сложенные преимущественно перидотитами, подвергшимися интенсивному серпентинизации, а также пироксенитами. Габбро по распространённости и мощности заметно уступают ультраосновным породам и локализируются в виде сравнительно небольших тел. Эти интрузивы приурочены к центральной части Итмурундинской антиклинали в пределах Бактай-Иткудукской зоны смятия и пространственно коррелируют с районами развития итмурундинской и казыкской свит. Их размещение контролируется системой разломов северо-западного простирания. Породы комплекса в значительной степени метаморфизованы: они перемяты, брекчированы и образуют серпентинитовый меланж с включениями фрагментов габбро, базальтов и кремнистых пород.

Вторая группа представлена интрузивами, условно отнесёнными к саякскому комплексу раннепермского возраста. К этой группе относятся граниты, гранодиориты, гранит-порфиры, кварцевые диориты, а также дайки керсантитов и микродиорит-порфиров. Эти породы развиты, главным образом, в виде изолированных тел среди интрузивов габбро-перидотитового комплекса, а также в пределах метаморфических толщ итмурундинской свиты. Контакты с вмещающими породами, как правило, резкие и изломанные, преимущественно тектонические.

Дайки керсантитов и микродиорит-порфиров наиболее распространены среди осадочных толщ палеозойского возраста на участках Западный и Карьерный. Их простирание, как правило, северное или северо-восточное, с крутым падением ($70-80^\circ$) в восточном и северо-восточном направлениях. Длина дайковых тел варьирует от нескольких десятков до 350 м, мощность – от 0,2 до 15 м. Контакты с вмещающими породами чёткие, нередко сопровождаются зонами термического изменения (осветление, закалка). В зонах пересечения даек с минерализованными структурами отмечается развитие кварцевых прожилков и сульфидной минерализации, что свидетельствует о наложенном, пострудном характере этих образований.

1.2.2 Тектоническое строение

Площадь рудного поля месторождения Пустынное в тектоническом отношении приурочена к полосе сочленения двух структур Северо-Балхашского мегантиклинория – Казык-Итмурундинского антиклинория и Котанбулакского синклинория. Этот участок попадает в зону влияния

Итмурундинского глубинного разлома, одного из основных тектонических элементов Иткудук-Бактайской зоны смятия. Южная и юго-восточная часть месторождения сложена интрузивными образованиями позднепротерозойского габбро-перидотитового и раннепермского саякского комплексов, которые рассечены множеством мелких разрывных нарушений, формирующих серию структурных блоков. В пределах этих блоков также наблюдаются породы итмурундинской и казыкской свит.

Северная и северо-восточная части рудного поля сложены осадочными породами палеозойского возраста. Нижнесилурийские образования формируют сложные, сжатые и интенсивно разломанные складчатые структуры северо-западного простирания с углами падения крыльев, достигающими 70–80 градусов. Для фаменско-раннекаменноугольных и среднекаменно-угольных раннепермских комплексов характерны приразломные брахиформные и сжатые складки. Характер складчатости контролируется блоковой структурой фундамента: в районах его относительной целостности развиваются брахи-формные складки с углами падения 30–60 градусов, в то время как вдоль зон глубинных разломов они трансформируются в линейные, сильно сжатые складки с углами падения до 80 градусов. Эти структуры осложнены системой взбросовых и сдвиговых нарушений с большими амплитудами смещений.

Рудное поле рассечено сетью разрывных нарушений северо-западного, северного и северо-восточного направлений. Наиболее крупными и древними являются разломы северо-западного простирания, входящие в состав глубинной разломной системы Бактай-Иткудукской зоны. Эти структуры пересекают протерозойские и нижнепалеозойские складчатые образования и сопровождаются зоной мелких оперяющих разломов, милонитизации, брекчирования и рассланцевания. Они существенно влияют на устойчивость массива.

Ключевое значение в тектоническом строении месторождения имеет Итмурундинский глубинный разлом, протягивающийся с юго-востока на северо-запад. Он отделяет интрузивные образования позднепротерозойского комплекса от палеозойских осадочных толщ. Вдоль всей его протяженности развита зона интенсифицированного окварцевания, рассланцевания, трещиноватости и рассеянной пиритизации, которая локализуется преимущественно в палеозойских отложениях.

Разломы северного направления развиты в меньшей степени и по кинематике относятся к сбросо-сдвиговым. Амплитуды их перемещений варьируют от нескольких метров до 1,7 км. В пределах палеозойских отложений они выражаются зонами интенсивного рассланцевания, трещиноватости и дробления. Эти зоны нередко сопровождаются окварцеванием, пиритизацией и кварцевыми прожилками, в которых установлено промышленное золотое оруденение, особенно на участке Западный. В отдельных случаях наблюдается выполнение разломов дайковыми телами керсантитов.

Северо-восточные тектонические нарушения имеют широкое распространение и в совокупности с другими разломами формируют сложную блоковую структуру. Они пересекают как осадочные толщи, так и интрузивные массивы, включая дайки. Наиболее выражены эти нарушения в пределах палеозойских отложений вблизи Итмурундинского разлома. Их проявление фиксируется по зонам рассланцевания, дробления, окварцевания, рассеянной пиритизации, а также по кварцевым прожилкам и жилам, в которых наблюдается слабовыраженное, непромышленное золоторудное оруденение.

1.2.3 Гидротермальные образования

Гидротермальные образования имеют широкое распространение в пределах рудного поля месторождения Пустынное. В их составе выделяются три основных типа: лиственитизированные породы, гидротермально изменённые породы и кварцевые жилы. Они приурочены к зонам разломов и трещиноватости, способствуя концентрации полезных компонентов.

Лиственитизированные породы развиты преимущественно вдоль долговременно активных разломов и трещин в пределах габбро-перидотитового интрузивного комплекса. Они образуют линзообразные полосы протяжённостью от 50–100 метров до 2,5 километров и мощностью до 50 метров. Строение лиственитизированных образований зональное. Вблизи контакта с серпентинитами развиты антигорит-талък-карбонатные породы, далее по разрезу преобладают хлорит-талък-карбонатные и талък-карбонатные породы, а центральные части сложены преимущественно кварц-карбонатными разновидностями с линзообразными кварцевыми жилами и прожилками.

Гидротермально изменённые породы получили широкое развитие, главным образом в виде окварцевания и карбонатизации осадочных толщ. Наиболее интенсивное окварцевание зафиксировано вдоль северо-восточного тектонического контакта верхнепалеозойских отложений с интрузивными образованиями позднепротерозойского комплекса. Это окварцевание сопровождается рассеянной пиритизацией, несущей золоторудную минерализацию, формируя зону минерализации протяжённостью до 8 километров и шириной до 0,6 километра. По результатам спектрозолотометрической съёмки масштаба 1:10000, выполненной в 1977 году, в пределах этой зоны зафиксирован вторичный ореол золота с интенсивностью от 0,1 до 0,6–1,0 г/т.

Окварцевание проявляется в виде трещинно-прожилковых (часто послойных) и метасоматических форм. Трещинно-прожилковое окварцевание преимущественно приурочено к прослоям и горизонтам разнотермистых песчаников и гравелит-конгломератов. Алевролитовые и алевропесчаниковые прослои часто содержат послойные кварцевые прожилки, переходящие в линзообразные жилы.

Карбонатизация широко распространена и по степени интенсивности сопоставима с окварцеванием.

Кварцево-жильные образования приурочены к различным породам месторождения. Они характеризуются сложной морфологией, включая частые пережимы, выклинивания и секущее либо послойное залегание. Простираение жил варьируется от северного до восточного направления, протяжённость достигает от нескольких метров до нескольких сотен, с углами падения 75–90 градусов. Мощности жил изменяются от нескольких сантиметров до 2–3 метров. Минеральный состав представлен преимущественно кварцем и кварц-карбонатными ассоциациями. Сульфидная минерализация в кварце выражена слабо, главным образом в призальбандовых частях. Кварц, как правило, молочно-белый и трещиноватый. Большинство кварцевых жил не содержит промышленного золотого оруденения.

Золотое оруденение приурочено к полосе окварцованных пиритсодержащих пород северо-западного направления, примыкающей с северо-востока к Итмурундинскому глубинному разлому, который выполняет роль рудоконтролирующей структуры. Сложное сочетание тектонических, структурных и литологических факторов обуславливает пространственное размещение промышленного оруденения в пределах данной зоны. Золоторудные участки Западный и Карьерный локализируются в местах S- и Г-образных изгибов структур, а также в зонах пересечения разломов, развития рассланцевания и дробления пород, на контактах разновозрастных толщ с контрастными физико-механическими свойствами, формируя своеобразные рудные узлы.

Минерализация в пределах рудных узлов распределена крайне неравномерно. На фоне слабо оруденённых участков выделяются локальные промышленные зоны, разделённые слабо минерализованными промежутками. Границы таких зон размыты и поддаются установлению только по результатам детального опробования. Геологически рудные зоны представлены участками интенсивно окварцованных пород с густой, неравномерной вкрапленностью пирита и тонкими кварц-сульфидными прожилками различного направления. Эти образования развиваются на фоне многочисленных трещин скола и зон рассланцевания, которые, вероятно, выполняют функцию рудоподводящих и рудораспределяющих каналов.

1.2.4 Морфология рудных тел

Золотое оруденение месторождения Пустынное пространственно связано с линейно-вытянутыми в субмеридиональном направлении штокверковыми зонами, в пределах которых терригенно-осадочные породы девонского возраста претерпели интенсивные метасоматические преобразования. Основными типами изменений являются окварцевание, пиритизация, серицитизация, карбонатизация и хлоритизация. Зоны оруденения характеризуются крутым падением (75–90°) и прослеживаются по

простирацию на 550 м при мощности от 130 до 170 м. Основным рудоконтролирующим фактором являются зоны интенсивного окварцевания и пиритизации. Окварцевание представлено как в метасоматической форме, так и в жильной – в виде кварцевых прожилков, жил мощностью до 2 м, а также гнезд кварц-карбонатного состава.

В пределах указанных зон выделены промышленные рудные тела, оконтуренные по бортовому содержанию золота 0,5 г/т. Границы рудных тел размыты, чётко определяются только по результатам опробования. Учитывая параметры кондиций, принятые при подсчёте запасов, на месторождении выделено семь промышленных рудных тел: 1, 1а, 1б, 2, 2а, 3 и 3а.

Рудные тела имеют пласто и линзообразную форму с мощностью от первых метров до 112 м. Они характеризуются крутым падением (60–90°), наличием раздувов и пережимов. Простираание субмеридиональное (в диапазоне 315–20°).

Рудное тело 1 является основным объектом месторождения и содержит около 67,1 % от общих подсчитанных запасов золота. Оно отличается сложным внутренним строением с наличием многочисленных прослоев пустых пород и некондиционной минерализации, извилистыми (иногда флексуорообразными) контурами, а также значительными колебаниями мощности. Протяжённость рудного тела по простиранию составляет 440 м (по разведочным линиям 2–12), по падению оно изучено до глубины 300 м. Азимут простирания варьируется от 346 до 0°, углы падения от 45 до 90°. Мощность изменяется от 3 до 112 м, средняя мощность – 41 м. Содержание золота варьирует от 0,5 до 6,57 г/т, в среднем – 1,49 г/т.

Рудное тело 1а представляет собой восточное ответвление рудного тела 1. Оно прослежено между разведочными линиями 8 и 12 на протяжении 208 м, изучено по падению до глубины 280 м. Мощность изменяется от 2 до 37 м (в среднем – 7,2 м), содержание золота – от 0,53 до 2,14 г/т, среднее – 1,38 г/т. Азимут простирания – 315–335°, углы падения – 66–90°.

Рудное тело 1б является западным ответвлением рудного тела 1. Оно выявлено между разведочными линиями 8 и 12. Мощность изменяется от 1,5 до 27 м, средняя – 6,9 м. Содержание золота – от 0,53 до 2,14 г/т, среднее – 1,46 г/т. Азимут простирания – 330–18°, углы падения – 78–90° на восток.

Рудное тело 2, несмотря на относительно небольшие размеры и запасы, относится к числу основных, поскольку отличается устойчивыми морфологическими признаками и непрерывным простиранием на 218 м (по разведочным линиям 3–8). По падению тело изучено до глубины 107 м. Мощность варьирует от 2 до 20 м, средняя – 6,4 м. Содержание золота составляет от 0,55 до 4,2 г/т, в среднем – 1,09 г/т. Азимут простирания – 300–315°, углы падения – 60–83°.

Рудное тело 2а рассматривается как продолжение тела 2 в северо-западном направлении, но не объединяется с ним ввиду недостаточной разведанности рудной зоны в пределах профилей 8 и 9. Протяжённость рудного тела 2а составляет 173 м (по разведочным линиям 10–13), по падению

изучено до глубины 210 м. Мощность варьирует от 1,5 до 72 м, средняя – 15,2 м. Содержание золота – от 0,63 до 2,9 г/т, среднее – 1,23 г/т. Азимут простирания – 315–330°, углы падения – 73–90°.

Рудное тело 3 занимает второе место по запасам золота на месторождении (18,4 %). Оно прослеживается с поверхности в пределах разведочных линий 9, 10 и 11. Ниже горизонта +450 м тело установлено только в профилях 9 и 10. По форме представляет собой рудный столб с размерами 120 × 100 м. Углы падения – от 68 до 90°. Это наиболее богатое рудное тело по содержанию золота – среднее составляет 2,08 г/т.

Рудное тело 3а является ответвлением рудного тела 3, выявленным только в пределах разведочной линии 10. Его параметры определены методом интерполяции: протяжённость по простиранию – 50 м, глубинный интервал – между горизонтами 130 и 200 м. Содержание золота по данным скважины №12 составляет 4,46 г/т, средняя мощность тела – 7,3 м (рисунок 1.3).

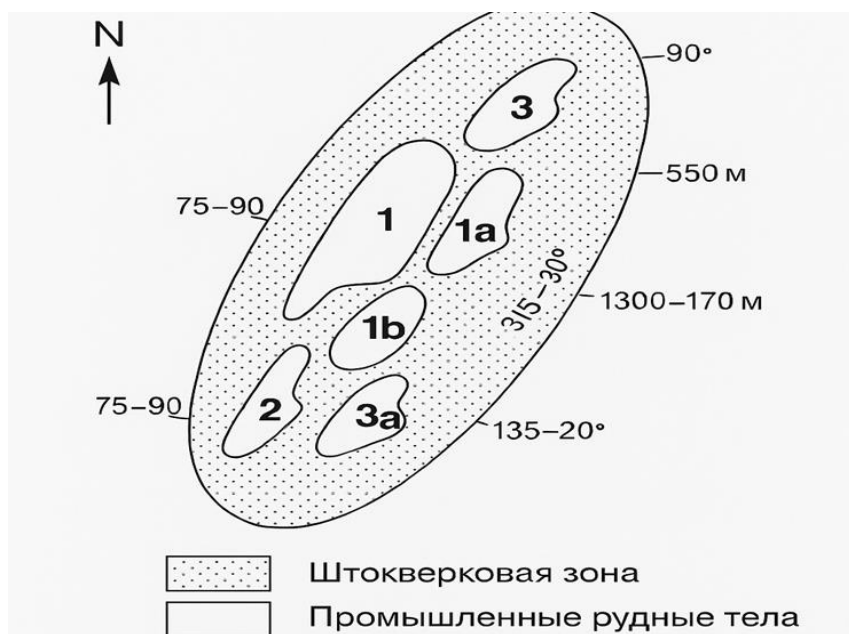


Рисунок 1.3 – Схематическая карта простирания

1.3 Геологическое строение месторождения

В геологическом строении месторождения принимают участие отложения девонской и каменноугольной систем, залегающие в пределах локального тектонического блока размером 400×600 м, сформированного в ядре антиклинальной складки. С юга блок ограничен Итмурундинским региональным разломом.

Девонские отложения представлены терригенными морскими образованиями фаменского яруса (D3fm). Они сложены чередующимися пачками разнотерригенных песчаников, алевролитов, алевропесчаников и известняков с редкими прослоями туфопесчаников. Мощность отдельных

прослоев варьирует от нескольких сантиметров до десятков метров, а общая мощность комплекса составляет около 300 м. Породы девона имеют субмеридиональное простирание с флексурными перегибами, падение крутое, субширотное (65–90°).

Песчаники – мелко- и среднезернистые, преимущественно кварц-полевошпатового состава с глинисто- или карбонатно-кремнистым цементом. Текстура варьирует от тонкослоистой до грубослоистой, обусловлена чередованием прослоев различной зернистости (1 мм – 3–10 см). Размер обломков – 0,1–0,7 мм (кварц – 40–50%, плагиоклаз – до 30%, яшма и карбонаты – до 10–15%). Цемент порового и базального типа, обломки слабоокатанные. Песчаники являются основными рудовмещающими породами для золото-колчеданного оруденения. Их мощность варьирует от 2 до 140 м.

Алевролиты характеризуются кремнисто-глинистым составом и тонкополосчатой текстурой, связанной с чередованием прослоев серых аргиллитов и светлых алевропесчаников (толщина прослоев – доли мм до 2–3 мм). Контакты с песчаниками постепенные. Мощность алевролитовых пачек – от 2 до 62 м. Алевролиты с высоким содержанием углеродистого вещества, образовавшиеся в результате гидротермальной переработки органических слоев, формируют углисто-кремнистые разности (сланцы), не содержащие золотого оруденения и выступающие в роли экранирующих пород. Цвет пород – от темно-серого до черного, текстура грубосланцеватая, мощность – от 13 до 72 м. Алевропесчаники занимают промежуточное положение между песчаниками и алевролитами. Часто формируют пачки чередования маломощных прослоев и объединяются с песчаниками в единый комплекс, приуроченный к рудной минерализации.

Туфопесчаники отличаются от обычных песчаников присутствием вулканогенного материала. Они ограниченно распространены в западной части месторождения, в лежащем боку рудных тел. Мощность – 2–20 м. Известняки представлены линзами и отдельными горизонтами в западной части участка. Сложены зернами кальцита (0,05–0,5 мм) с примесью кварца. Мощность – 1,5–20 м. Девонские отложения занимают западную и центральную части месторождения и приурочены к зонам золоторудной минерализации.

Каменноугольные отложения турнейского яруса нижнего подъяруса (C1t1) залегают с угловым несогласием на девонских породах. Они представлены терригенными толщами: песчаниками, алевролитами, алевропесчаниками, гравелитами и туфами смешанного состава. Основу составляют кварц-полевошпатовые породы с высоким содержанием карбонатного цемента. Общая мощность – 250–470 м. Основная область распространения – восточная часть участка. В центральной части они образуют единичные мульды (размеры – от 6×25 до 110×170 м, мощность – до 15 м).

Четвертичные отложения развиты слабо и представлены суглинками с угловатыми обломками коренных пород. Мощность – от 0,2 до 3,5 м. Ранее кора выветривания ошибочно относилась к ним, что было уточнено бурением.

Интрузивные образования представлены габбро-перидотитами позднепротерозойского возраста (vсPR3), залегающими в юго-западной части. Сложены оливином и ромбическим пироксеном, часто серпентинизированы. В породах распространены хромшпинелиды. Контакты с осадочными породами тектонические. Кроме того, встречаются дайки керсантитов (стP1) мощностью 2–20 м, простиранием северо-западного и северного направлений, с крутым падением (70–80°) на восток. В эндоконтактах местами отмечается золото-сульфидная минерализация, однако в целом она отсутствует.

Разрывные нарушения северо-западного и северо-восточного направлений разрывают рудовмещающие породы. Крупнейшие из них – сбросо-сдвиги с амплитудой смещения до 30 м и крутым падением (65–80°). Разломы северо-восточного направления сопровождаются жильным окварцеванием и карбонатизацией. Считаются дорудными, поскольку не нарушают рудные зоны.

Гидротермальные изменения представлены лиственитами вдоль разломов (протяженность 10–50 м, мощность 1–10 м), а также интенсивным прожилковым и метасоматическим окварцеванием, особенно в песчаниках (штокверковый тип, мощность прожилков – до 2–3 мм). В алевролитах прожилки ориентированы по слоистости, мощность – до 10–15 мм. Изредка встречаются секущие жилы молочно-белого кварца (0,5–3 м), обычно без золотого оруденения.

Минерализация распределена неравномерно, зоны кондиционных руд чередуются с некондиционными прослоями. По фазовому анализу:

- 62,69% золота связано с сульфидами;
- из них 46,27% – с низкотемпературным пиритом и коллоидно-дисперсным золотом,
- 16,42% – с высокотемпературным пиритом;
- 29,85% – с жильным и метасоматическим кварцем и серицитом;
- 7,46% – с кварцем в сростании с полевым шпатом.

Жильные зоны сложные, протяженные, имеют переменное простирание (от северного до северо-восточного), мощность – от десятков см до 6 м, падение крутое (65–90°). Минеральный состав: кварц, кварц-карбонат, кварц-полевошпат. Они нередко приурочены к тектоническим нарушениям и играют важную роль в размещении золоторудной минерализации.

Формирование рудных зон обусловлено литологическим контролем: песчаники и алевропесчаники обладают большей проницаемостью и интенсивнее проработаны гидротермами, что обуславливает повышенное содержание золота. Углисто-кремнистые алевролиты являются экранами, не содержащими оруденения. Сложная форма рудных тел связана с взаимодействием литологических, тектонических и структурных факторов. Промышленный интерес представляет исключительно золото.

1.3.1 Обоснование группы сложности геологического строения месторождения и плотность разведочной сети

Месторождение Пустынное согласно Инструкции Государственного комитета по запасам полезных ископаемых (ГКЗ) относится к 3-й группе по сложности геологического строения. Это связано с тем, что месторождение представлено серией минерализованных зон среднего размера со сложным строением и значительно неравномерным распределением золотого оруденения.

В ходе поисково-оценочных работ, проводившихся Балхашской геологоразведочной экспедицией до 1989 года, месторождение было вскрыто системой канав, ориентированных перпендикулярно простиранию рудных зон, при среднем расстоянии между ними около 20 метров. Кроме того, были выполнены две траншеи, проходившие по простиранию рудных тел №№ 3, 4, 10 и 11. На профилях Р.Л. 4, 9 и 10 были пробурены четыре глубоких шурфа глубиной до 25 метров. Из них из шурфа № 4 был пройден штрек вдоль простирания рудного тела № 1 длиной 70 метров и шесть рассечек, ориентированных вкрест простирания, а из шурфа № 5 – две рассечки в пределах рудного тела № 3. При дальнейшем вскрытии месторождения карьерным способом эти выработки были уничтожены и не учитываются при подсчёте запасов, приведённом в настоящем отчёте. Данные, полученные по канавам, используются только для сопоставления результатов разведки и эксплуатации.

При предыдущем подсчёте запасов в качестве поверхности отсчёта использовалось дно карьера по состоянию на 01.10.1997 года. Для рудного тела № 3 эта отметка находится на глубине 33–42 метра, для остальных рудных тел – примерно на глубине 20 метров от дневной поверхности.

Глубинная разведка месторождения осуществлена с помощью скважин колонкового бурения, расположенных на разведочных линиях, ориентированных перпендикулярно простиранию рудных зон. Такое размещение обеспечило наиболее полное вскрытие рудных тел и позволило уточнить их геометрические параметры и структуру.

1.3.2 Объёмная масса, пористость и влажность руд

Объёмная масса руды месторождения, определенная в период работы Балхашской геологоразведочной экспедиции (до 1995 года), была рассчитана на основе 104 образцов и двух целиков и составила в среднем 2,67 т/м³. В 1995–1997 годах было отобрано 94 образца, при этом среднее значение объёмной массы по рудным интервалам составило 2,70 т/м³.

В 2017 году ТОО «Центргеоланалит» выполнило физико-механические исследования горных пород месторождения Пустынное, в рамках которых было исследовано 155 образцов керновых проб. Исследования проводились в соответствии с требованиями СНиП II-94-80 «Подземные горные выработки».

По результатам исследований установлено, что:

- плотность пород варьируется от 2,38 т/м³ (для плотных пород) до 2,81 т/м³ (для очень плотных), при этом среднее значение, принятое для расчетов проекта, составляет 2,68 т/м³;

- водопоглощение изменяется в диапазоне от 0,17% до 1,99%, со средним значением 0,46%;

- пористость колеблется от 0,4% (слабопористые породы) до 12,5% (среднепористые), среднее значение – 2,37%.

Зависимость физико-механических свойств пород от глубины по данным скважин не выявлена.

При подсчете запасов принята объемная масса равная 2,68 т/м³. Из-за незначительной влажности ее значение не использовалось для корректировки объемной массы.

1.4 Гидрогеологические условия месторождения

1.4.1 Рельеф

Рельеф территории в основном равнинный с небольшими волнистостями. Он представлен Казахским мелкосопочником и равниной, через которую протекает река Тоқырауын. Наивысшая точка мелкосопочника – гора Акчаадык, достигающая отметки 586 м. Восточная граница района ограничена системой разломов, выраженных в рельефе уступом высотой 20–25 м. К западу от них простирается равнина с долиной реки Тоқырауын, где абсолютные высоты колеблются от 350 до 420 м.

На высотах от 510 до 594 м, на вершинах и склонах низкого мелкосопочника, сформирован эрозионно-денудационный тип рельефа. Эрозионно-аккумулятивный рельеф представлен склонами и межсopочными понижениями на высотах 500–540 м с уклонами от 5 до 20°. Аккумулятивный тип рельефа включает водораздельные равнины неоген-четвертичного возраста, прилегающие к мелкосопочнику, которые имеют слабовыпуклую и пологонаклонную форму с абсолютными отметками 450–520 м, а также межсopочные понижения.

На территории месторождения высоты составляют 458–466 м.

Гидрогеологическое обследование показало, что рельеф местности подвергся техногенному воздействию вследствие разработки месторождения Пустынное. Нарушенная площадь составляет 6,4 км², из них карьер и породный отвал занимают 2,2 км², а зона интенсивного выщелачивания, карта хвостохранилища и участок кучного выщелачивания – 4,2 км².

1.4.2 Гидрография

В районе отсутствуют поверхностные воды. Ближайшая река Тоқырау расположена в 65 км к западу, а река Ашыозек – в 43 км к востоку от

месторождения. В течение года наблюдается один паводок, который происходит одновременно как на предгорной равнине, так и в горных районах. Этот паводок связан с весенним снеготаянием и продолжается от одного до четырёх месяцев.

Озеро Балхаш находится в 17 км к югу от месторождения. Вода озера является щелочной (рН 8,8), с содержанием сухого остатка 3,1 г/дм³, общей жёсткостью 17,5 мг-экв/дм³, а также содержит 515 мг/дм³ хлоридов и 1125 мг/дм³ сульфатов.

1.4.3 Обводненность месторождения

Горнометаллургическое предприятие, запущенное в 2014 году, обеспечивает полный цикл производства от добычи 2,5 млн тонн золотосодержащих руд в год до выпуска золота в сплаве Доре. Проектная глубина карьера составляет 190 метров (отметка 50 м), однако к 2022 году глубина карьера достигла 250 метров. С 1990 по 2007 годы месторождение Пустынное обрабатывалось карьерным способом до горизонта 427 метров. Сведения о притоке подземных вод в период отработки карьера отсутствуют, однако по опросным данным 2006 года водоприток составлял 150–200 м³ в сутки, при этом водоотлив не производился: вода собиралась в зумпфе и вывозилась автоцистернами на участок кучного выщелачивания.

В отчёте 2011 года указывается, что водоприток в карьер глубиной 30 метров составляет 40–45 м³ в сутки, вода также собирается в зумпф и вывозится автовозом. Минерализация воды колеблется в пределах 2,3–2,7 г/дм³ и признана пригодной для кучного выщелачивания. Мониторинг карьерного водоотлива велся с сентября 2015 по ноябрь 2017 года и представлен в виде ежедневных журналов наблюдений в таблице 1.1. Водоотлив дренажных вод осуществлялся нерегулярно – не ежедневно и не ежемесячно. За период наблюдения вода забиралась, например, в октябре и декабре 2015 года, июне 2016 и декабре 2017 года, а в «рабочие» месяцы забор длился от 2 до 28 дней с интенсивностью от 28 м³ в сутки (май 2017) до 600 м³ в сутки (февраль 2016). Средний за период водоотлив составил около 50,5 м³ в сутки.

Химический состав дренажных вод в 2014–2017 годах характеризуется сухим остатком 4,18–8,88 г/дм³, рН 7,47–8,15, содержанием сульфатов 1058–3074 мг/дм³, хлоридов 674–1790 мг/дм³, нитратов 9,26–12,74 мг/дм³ и общей жесткостью 31,25–68 мг-экв/дм³. Площадь водосборного бассейна, прилегающего к карьеру и включающего эксплуатационную скважину № 19г, составляет 8,1 км². При этом около 30% территории бассейна сложено слабо водопроницаемыми делювиально-пролювиальными отложениями.

По аналогии с месторождением Таскара, где модуль эксплуатационных ресурсов подземных вод равен 26 м³ в сутки на 1 км² водосборного бассейна, эксплуатационные ресурсы подземных вод Пустынного оцениваются как 210,6 м³ в сутки (26 м³ × 8,1 км²). В 2011 году в пределах контура карьера были

пробурены скважины № 203 и 205 глубиной 275 метров с расходами 0,03 и 0,1 дм³/с соответственно при понижениях уровня около 36 метров. Статические уровни воды составляли 1,15 и 0,32 м. В 2017 году при глубине карьера около 135 метров на устьях скважин фиксировалась депрессия порядка 130 метров, однако самоизливов не наблюдалось.

Эти данные свидетельствуют, что месторождение сложено слабообводненными, практически водонепроницаемыми горными породами, что подтверждает отсутствие ниже вскрытой части месторождения водоносных структур и подземных вод, способных формировать значительные дополнительные водопитоки. Низкая водообильность пород подтверждается результатами откачек из скважин № 002GT и 005GT глубинами 263 и 300 метров, расположенных на расстоянии 34 и 53 метра от бортов карьера. Расходы в этих скважинах составляют 0,01 и 0,1 дм³/с при понижениях уровня 19,85 и 22,88 метра соответственно, а статические уровни – 18,92 и 12,71 метра (при глубине карьера 135 метров). Это фиксирует низкую дренирующую способность карьера, обусловленную низкой водопроницаемостью горных пород.

Таблица 1.1 – Информация о режиме водоотбора дренажных вод в карьере

Год	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
2015	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	0	9	0	122
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	224 - 360	0	196 - 336	0	51.7 - 94.2
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	155 6	0	220 0	0	375 6
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	51.7	0	94.2	0	35.9
2016	1	12	3	4	11	4	0	12	28	5	9	23	-	334
	2		381 - 600	160 - 242	103 - 223	108 - 216	0	84- 252	240 - 252	60	252	50	-	12- 131. 0
	3		145 9	882	946	675	0	278 4	579 6	360	226 8	115 0	-	204 00
	4		52.1	458 05	458 07	458 90	0	89.8	187	12	73.2	38.3	-	55.9
2017	1		-	-	20	17	11	6	8	2	6	2	0	275
	2		-	-	46- 450	28- 452	33- 160	52- 320	140 - 413	154 - 198	32- 224	128 - 288	0	11.7 - 149. 1

Продолжение таблицы 1.1

Год	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
	3		-	-	428 8	329 6	896	864	208 0	352	544	416	0	127 36
	4		-	-	142. 9	106. 3	29.2	459 28	67.1	458 49	457 94	459 12	0	32. 9

За период с сентября 2015 по ноябрь 2017 года, то есть за 731 сутки, было добыто дренажных вод в объёме $3756 + 20400 + 12736 = 36892 \text{ м}^3$, что в среднем составляет $50,5 \text{ м}^3$ в сутки. В отчетности указываются такие параметры: число дней с водоотбором, пределы суточных водоотборов, объем водоотбора за месяц и средний месячный водоотбор. В графе «Год» отражаются продолжительность периода наблюдений, пределы средних месячных водоотборов, объем добычи в год и средний годовой водоотбор. Отсутствие данных обозначается прочерком.

Особенности геологического строения в западной части отвала и низкая сдренированность серпентинитов приводят к росту порового давления с глубиной, что вызывает определённые осложнения. В 2021 году были пробурены две скважины глубиной по 120 метров, дебит которых составил около $1\text{--}1,5 \text{ м}^3$ в час. Из них периодически ведётся отбор воды с целью уменьшения водопритоков в юго-западной части карьера. Насосы размещены на глубинах 30–50 метров. Откачиваемая вода поступает в 30-метровые ёмкости, которые затем опорожняются асинезатором, а вода сбрасывается в хвостохранилище.

В 2022 году забор воды из зумпфа не производился, что связано с началом горных работ на вышерасположенных участках. В том же году была проведена научно-исследовательская работа по изучению гидрогеологических условий участка с применением математического моделирования. По результатам моделирования величина водопритока в карьер составила $59,9 \text{ м}^3$ в сутки, что совпадает с фактическими данными. К концу прогнозного периода, к 2030 году, ожидается небольшое увеличение водопритока до $71,2 \text{ м}^3$ в сутки. Значительного увеличения водопритока при достижении финальной глубины и контура карьера не прогнозируется, поскольку естественные запасы подземных вод уже отработаны. Водоприток осуществляется исключительно за счет естественных ресурсов, формирующихся путем инфильтрации атмосферных осадков на ограниченной площади.

Установлено, что линия местного водораздела, проходящая с запада на восток, разделяет исследуемую территорию на две гидрогеологически независимые части: в одной находится карьер месторождения Пустынное, в другой – ЗИФ, хвостохранилище и другие объекты. Следовательно, фильтрационные потери от эксплуатации хвостохранилища и прудов-накопителей не влияют на увеличение водопритока в карьер. Комплексный

анализ карьерных вод позволил определить область влияния карьера и генезис происхождения вод. Смоделированное дренирующее влияние карьера показало весьма ограниченное распространение депрессионной воронки, вытянутой с северо-запада на юго-восток и имеющей грушевидную форму, длина которой не превышает двух километров. Конфигурация воронки свидетельствует о неравномерной сдренированности массива.

После окончания отработки месторождения карьер будет выполнять функцию дрены, что не приведет к значительным изменениям размера депрессии. По результатам научно-исследовательской работы рекомендовано провести дополнительное бурение геотехнических скважин с углом наклона в сторону карьера 60–70 градусов, а также осуществить в них опытно-фильтрационные и геофизические исследования. В пробуренные скважины следует установить датчики контроля порового давления.

В 2017 году АО «АК Алтыналмас» выполнило оценку запасов дренажных вод карьера Пустынное и подготовило отчет, основанный на данных, собранных в период 2015–2017 годов, а также на материалах предыдущих гидрогеологических исследований. Подсчет запасов был проведен гидравлическим и гидродинамическим методами с учетом времени отработки карьера, принятого за 10 лет (рисунок 1.4). Эксплуатационные запасы подземных вод по гидравлическому методу оценены в 112 м³ в сутки на конец 2016 года при глубине карьера 100 метров. Эти запасы утверждены по категории В – 60 м³ в сутки, по категории С1 – 52 м³ в сутки.

После 2017 года наблюдения за водоотливом стали носить эпизодический характер из-за трудностей измерения водопритоков: зумпфы постоянно перемещались, а объем воды измерялся с неточностями, так как зумпфы частично заполнялись взорванной породой. В 2019 году ТОО «Геос» по заказу АО «АК Алтыналмас» подготовило технико-экономическое обоснование промышленной разработки золотосодержащих руд месторождения Пустынное. В отчете приведены данные по гидрогеологическим условиям карьера на основе материалов 2016–2018 годов.

Гидрогеологические условия месторождения «Пустынное» отличаются высокой степенью изученности, что подтверждается результатами многолетних наблюдений и проведенных исследований. На основе анализа полученных данных обводненность участка квалифицируется как простая, без наличия мощных водоносных горизонтов или значительных притоков, что позволяет отказаться от применения сложных или дорогостоящих мер искусственного осушения.

В рамках долгосрочного прогноза предполагается, что при дальнейшем освоении запасов руды режимы водопритока, их объёмы и качественные характеристики дренажных вод сохранятся на уровне, зафиксированном к 2017 году, без существенных изменений. Ввиду ограниченности источников подпитки, формируемых преимущественно за счёт инфильтрации атмосферных осадков, дополнительные источники водоснабжения для нужд производства не потребуются. При этом рекомендуется продолжить

систематический мониторинг состояния подземных вод, включая контроль уровня, химического состава и динамики водопритока, что позволит оперативно реагировать на возможные изменения в гидрогеологической обстановке. В 2019 году на юго-западном борту, в 50 метрах от края карьера, была пробурена скважина ЮЗ-1. Статический уровень воды в ней составил 7,5 метра. В дальнейшем были пробурены ещё несколько скважин, которые подтвердили низкую сдренированность массива и наличие породного отвала в этой части, и низкая сдренированность серпентинитов приводят к росту порового давления с глубиной, что вызывает осложнения в гидрогеологических условиях карьера. В 2021 году были пробурены две скважины глубиной по 120 метров, дебит каждой из которых составил около 1–1,5 м³ в час. Периодически из этих скважин ведется отбор воды с целью снижения водопритоков в юго-западной части карьера. Насосы установлены на глубинах 30–50 метров. Откачиваемая вода собирается в 30-метровые емкости, которые затем опорожняются асинезатором, а вода сбрасывается в хвостохранилище.

В 2022 году забор воды из зумпфа в карьере «Пустынное» не осуществлялся, что было связано с возобновлением горных работ на вышележащих горизонтах, где дренажная активность существенно снижена. В тот же период проведена научно-исследовательская работа, направленная на комплексное изучение гидрогеологических условий участка с применением методов математического моделирования. Согласно полученным расчётным данным, величина водопритока в карьер в 2022 году составила 59,9 м³/сут, что полностью соответствует фактическим показателям, зафиксированным в ходе полевых наблюдений.

Прогнозное моделирование показало, что к 2030 году водоприток может незначительно увеличиться до 71,2 м³/сут, однако каких-либо критических изменений не ожидается. При достижении проектной глубины карьера и его финальной конфигурации рост водопритока будет ограничен, поскольку подземные воды, доступные для разгрузки, в основном уже исчерпаны. Таким образом, в дальнейшем питание водопритоков будет осуществляться исключительно за счёт естественной инфильтрации атмосферных осадков, которая возможна лишь на ограниченной площади, не способной обеспечить значительное увеличение водообмена.

Установлено, что линия местного водораздела, проходящая с запада на восток, разделяет исследуемую территорию на две гидрогеологически независимые части. В одной части расположен карьер месторождения Пустынное, в другой – завод обогащения и флотации (ЗИФ), хвостохранилище и прочие объекты. Поэтому фильтрационные потери от эксплуатации хвостохранилища и прудов-накопителей не влияют на увеличение водопритока в карьер.

Комплексный анализ карьерных вод позволил определить область влияния карьера и генезис происхождения вод. Смоделированное дренирующее воздействие карьера Пустынное показало весьма ограниченное

распространение депрессионной воронки. Она вытянута с северо-запада на юго-восток, имеет грушевидную форму, и её длина не превышает двух километров. Такая конфигурация воронки свидетельствует о неравномерной сдренированности массива.

После завершения отработки месторождения карьер будет играть роль дрены, что не приведет к существенным изменениям размеров депрессии. По результатам научно-исследовательских работ рекомендовано провести дополнительное бурение геотехнических скважин с углом наклона в сторону карьера 60–70 градусов, а также выполнить в них опытно-фильтрационные и геофизические исследования. В пробуренные скважины следует установить датчики контроля порового давления.

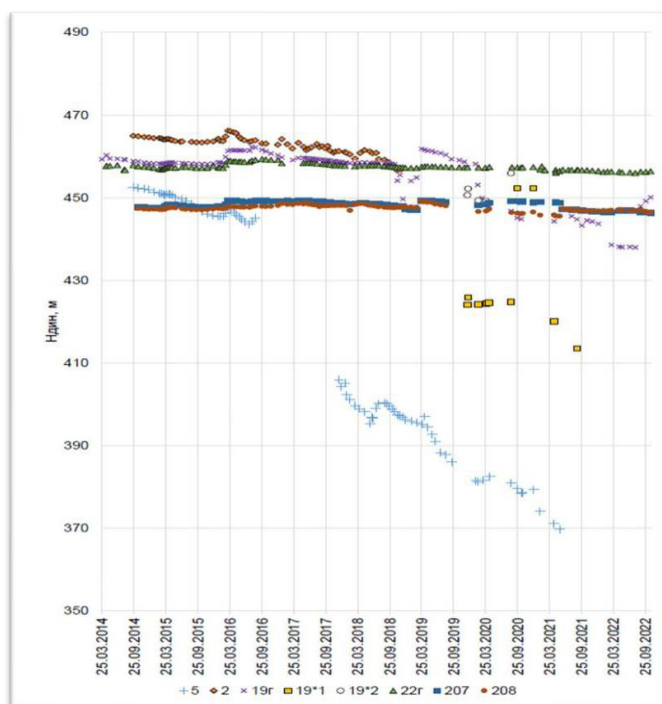


Рисунок 1.4 – Графики изменения динамического уровня воды в наблюдательных скважинах №№ 005GT, 002GT, 19Г, 22Г, 207сн и 208сн, расположенных в пределах возможной области дренирующего влияния карьера

1.4.4 Химический состав карьерных вод

Состав карьерных вод за период 2006–2020 годов претерпел значительные изменения, которые мы наблюдаем на рисунке 1.5. Концентрации основных катионов и анионов в химическом составе вод сократились почти вдвое. Это объясняется тем, что в период отработки карьера с 2006 по 2015 год среднегодовой водоприток составлял примерно 150–200 м³ в сутки и формировался преимущественно за счёт сработки естественных запасов трещинных вод. Низкая обводненность пород и

ограниченные емкостные свойства привели к сокращению водопритоков до 40–50 м³ в сутки в последние годы.

Современные водопотоки формируются за счёт естественных ресурсов трещинных вод, питание которых обеспечивается инфильтрацией атмосферных осадков в пределах водосборной площади карьера. Атмосферные осадки имеют более высокое качество по сравнению с подземными водами, однако при взаимодействии со скальными породами они обогащаются минералами, что влияет на их солевой состав.

По результатам научно-исследовательских работ выделено пять типов воды по химическому составу. Карьерные воды относятся к типу V – соленоватым карьерным водам, которые характеризуются хлоридно-сульфатным натриево-магниевым составом. Этот тип воды зафиксирован в скважинах №№ 208сн, SW-HG-01, SW-HG-02 и имеет минерализацию в пределах 4,9–5,1 г/дм³.

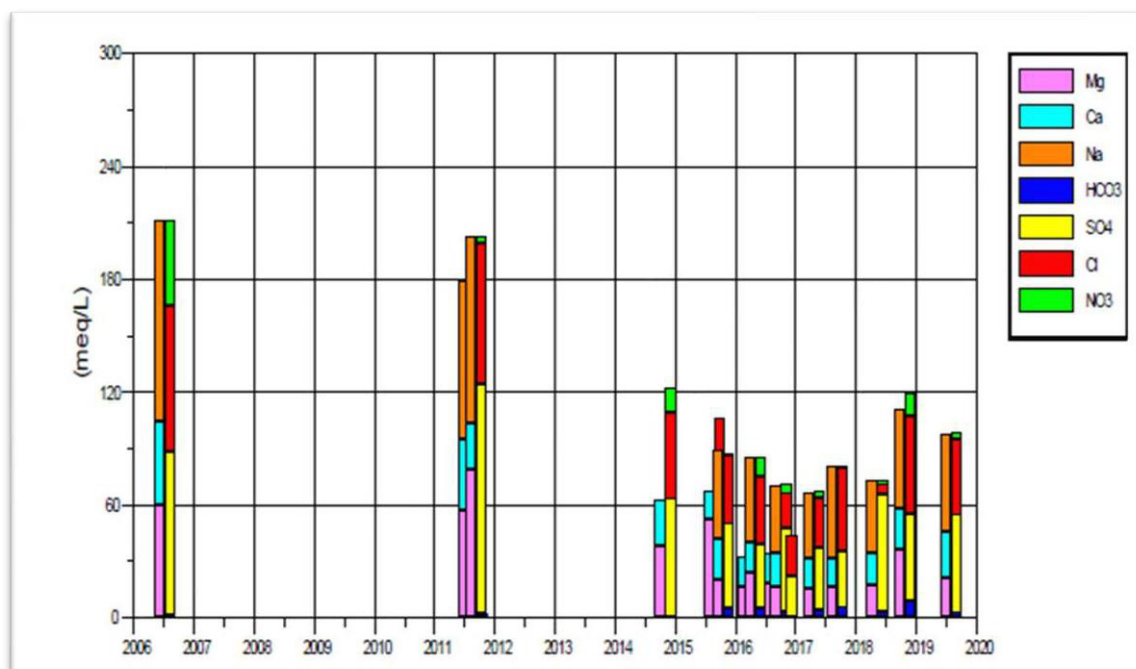


Рисунок 1.5 – График изменения катионного и анионного состава карьерных вод месторождения Пустынное

Спецификой формирования вод в горнодобывающих районах является широкий диапазон изменения pH, а также наличие разнообразных металлов и железа, содержание которых часто превышает концентрации типичных для подземных вод катионов – кальция, магния и натрия. Эти особенности обусловлены сложностью геохимических процессов в породах и взаимодействием вод с минералами. В результате формируются агрессивные водные среды, способные влиять на устойчивость горных выработок.

Для графического представления результатов анализа качества воды традиционно используются диаграммы Пайпера, Дурова (рисунок 1.6) и

другие методы визуализации. По многочисленным анализам проб карьерных вод установлено, что по химическому составу они относятся к хлоридно-сульфатным магниево-натриевым водам с минерализацией в диапазоне от 4 до 13 г/дм³.

Для более наглядного представления и интерпретации особенностей формирования подземных вод в горнодобывающих районах применяется диаграмма У. Фиклина (рисунок 1.7). Эта диаграмма позволяет визуализировать гидрогео-химические характеристики различных типов вод месторождений полезных ископаемых, проводить полноценный гидрогеохимический анализ их формирования, а также выполнять геоэкологическую оценку. Диаграмма Фиклина дает возможность делать предварительный прогноз, используя данные с объектов-аналогов как на стадии отработки месторождения, так и в постэксплуатационный период.

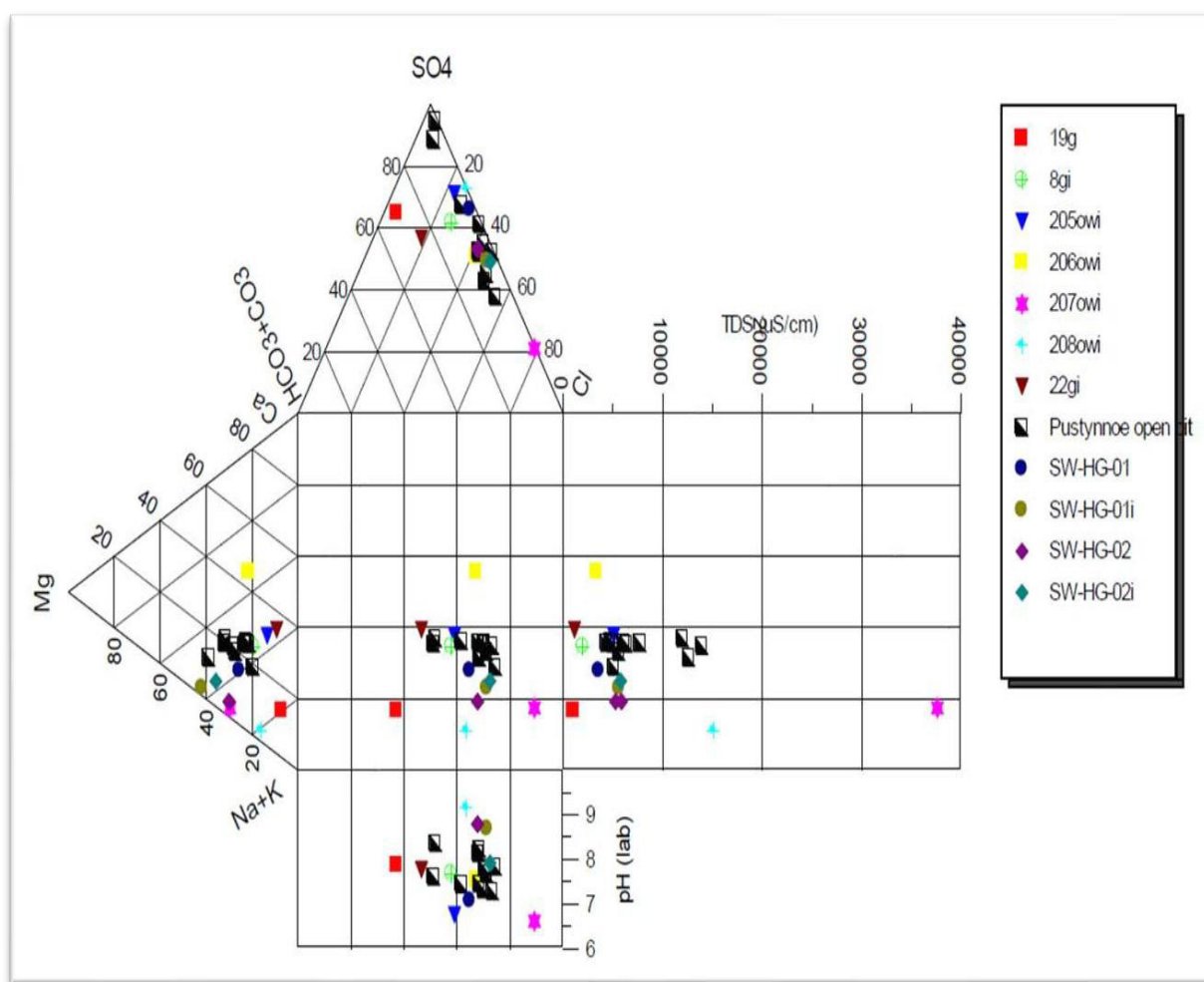


Рисунок 1.6 – Диаграмма Дурова химического состава карьерных и подземных вод по скважинам, расположенным в пределах области дренирующего влияния и удаленных от неё

На основании анализа выделенных типов вод, проведённого в пределах исследуемой территории, было установлено, что значительная часть водных

объектов характеризуется повышенным содержанием сульфатов и относится к категории солёных вод. При этом по значению водородного показателя (рН) эти воды в большинстве своём нейтральные, с колебаниями рН в диапазоне от 6 до 9, что указывает на относительно стабильные и сбалансированные кислотно-щелочные условия.

Однако наряду с нейтральными водами, на территории также были зафиксированы участки с более агрессивной кислотной средой. В этих зонах наблюдаются кислые воды, у которых значения рН варьируются в пределах от 3 до 6,2. Это свидетельствует о наличии участков с выраженной кислотностью, что может быть обусловлено как естественными геохимическими процессами, так и техногенным влиянием.

По отношению суммы металлов к значению рН воды классифицируются как нейтральные металльные с содержанием до $n \cdot 10^2$ мг/л и умеренно металльные – до $n = 1$ мг/л.

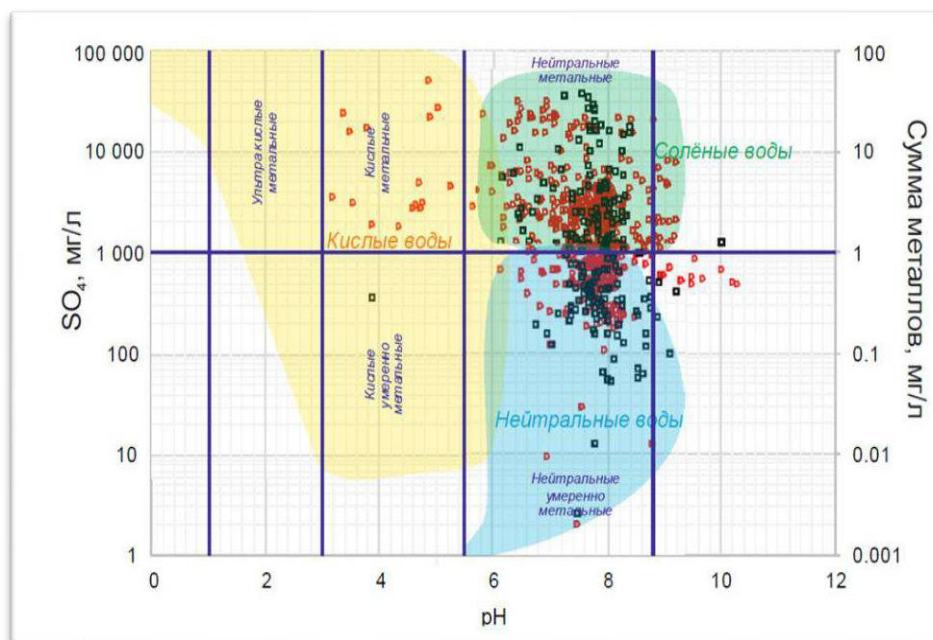


Рисунок 1.7 – Диаграмма У. Фиклина типов вод в пределах объекта исследований по зависимости концентрации сульфатов и суммы металлов от рН

1.4.5 Источники водоснабжения

Питьевое водоснабжение организовано за счёт привозной бутилированной воды из расчёта 2 литра на одного человека в пластиковых бутылках различного объёма.

До 2020 года хозяйственно-бытовое водоснабжение предприятия осуществлялось за счёт утверждённых эксплуатационных запасов подземных вод скважин №№1г и 6г согласно разрешению на специальное водопользование № KZ56VTE00012279 от 21.04.2020, действующему до

15.10.2023, в количестве 51 тыс. м³ в год. В 2020 году была установлена опреснительная установка для очистки поверхностных вод озера Балхаш производительностью 200–400 м³ в сутки с целью улучшения качества хозяйственно-бытового водоснабжения.

В 2022 году получено разрешение на специальное водопользование № KZ89VTE00129055 от 26.08.2022, в котором отражено, что одной из целей забора воды из озера Балхаш являются хозяйственно-бытовые нужды. Основной же целью этого разрешения является производственно-техническое водоснабжение ЗИФ Пустынное, а также подача воды для производства флотоконцентрата ТОО «Алтыналмас Technology» и для золото-извлекающей фабрики «Долинное». Разрешение выдано до 25.07.2027 с общим забором воды 5454,515 тыс. м³ в год.

В 2022 году был составлен проект «Удельные нормы водопотребления и водоотведения для ЗИФ Пустынное» АО «АК Алтыналмас». Проектный объём переработки руды составляет 3 000 000 тонн в год (342,5 т/час). Норма расхода свежей воды на одну тонну руды равна 0,851 м³, норма расхода оборотной воды – 1,76 м³.

Среднесуточный расход воды составляет 6994,8 м³ свежей воды (2553,1 тыс. м³ в год) и 14 482 м³ оборотной воды (5286,05 тыс. м³ в год). Источником покрытия потребности в технической воде являются воды озера Балхаш с сухим остатком около 3 г/дм³ и общей жёсткостью 17 мг-экв/дм³.

1.5 Инженерно-геологические условия месторождения

Поверхность месторождения до вскрытия карьером представляла собой слабоволнистую равнину с отметками от 460 м на юге до 475–465 м в центре и на севере. Относительные повышения составляли до 15 м.

Золотое оруденение локализуется в минерализованных круто падающих (65–80°) зонах линзо и пластообразных форм. Протяжённость составляет 480 м, ширина на отдельных горизонтах варьируется от 5 до 180 м.

Рудная минерализация залегает преимущественно согласно с переслаивающимися песчаниками, алевропесчаниками и алевролитами.

Рудная залежь и рудовмещающие скальные породы относительно слабо дислоцированы. Мощность рыхлых покровных четвертичных образований не превышает 1 м. Ниже, до глубин 8–10 м, проявлена площадная кора выветривания, в верхней части (до 4 м) представленная дресвяно-суглинистым и дресвяно-щебенистым материалом.

Геоморфологические и горно-геологические особенности локализации рудных тел месторождения предопределили открытый карьерный способ отработки. Проектная глубина карьера составляет 330 м, фактическая по состоянию на 2017 год – 135 м с высотой уступов 20 м.

Горные породы в различной степени подверглись метасоматическим изменениям (окремнение, серицитизация, хлоритизация). Основные объёмы инженерно-геологических исследований были выполнены на стадии

детальной разведки в 1995–1998 годах по керну геологоразведочных скважин. Было отобрано и проанализировано на сокращённый и полный комплекс исследований 29 и 7 проб песчаников, 12 и 8 проб алевропесчаников, 16 и 6 проб алевролитов, 10 и 6 проб углисто-кремнистых алевролитов, всего 94 пробы.

В 2017 году было отобрано и испытано 115 керновых проб. Результаты подтвердили ранее полученные данные.

Последние проведённые лабораторные инженерно-геологические исследования определили, что горные породы характеризуются близкими показателями физических свойств. Средние значения плотности (объёмной массы) колеблются от 2,38 до 2,81 г/см³ (для руд месторождения – 2,68 т/м³). Водопоглощение варьирует от 0,17 до 1,99%, пористость от 0,4% (слабопористые) до 12,5% (среднепористые породы). Значения этих параметров весьма стабильны и не зависят от глубины залегания пород.

Деформационные характеристики пород также однозначны. Предел прочности на одноосное сжатие изменяется от 7,0 МПа (малопрочные) до 167,1 МПа (очень прочные скальные породы). Динамический модуль упругости колеблется от 21,20 ГПа до 91,58 ГПа.

Крепость по шкале Протодяконова изменяется от 2,5 (VI категория – довольно мягкие породы) до 19,8 (II категория – очень крепкие породы). Закономерностей изменения физико-механических свойств с глубиной по скважинам не отмечено.

Структурно-тектонические особенности залегания пород в пределах карьерного поля характеризуются в основном моноклиным крутым падением от 65 до 90° (преобладающее 70–80°) на восток, с азимутами падения 65–70°.

Тектоническая нарушенность участка, с позиции инженерно-геологических условий отработки, проявлена довольно слабо. Здесь прослежены разрывные нарушения северо-западного и северо-восточного направлений с крутым падением 65–80°. Дизъюнктивные нарушения проявляются в виде маломощных (до 1 м) зон повышенной трещиноватости и редко расщепления пород. Часто вдоль разрывных нарушений развиваются линейные линзообразные тела лиственитизированных пород протяжённостью 10–50 м при мощности от 1 до 10 м. Разломы северо-восточного простирания часто сопровождаются жильным окварцеванием и карбонатизацией, залечивающими трещиноватость.

Определённое влияние на устойчивость бортов и уступов оказывает характер трещиноватости скальных пород, который определяет естественную блочность массива, а также ориентация основных систем трещин относительно бортов карьера.

Согласно данным массовых замеров трещин и их обобщению, наибольшее развитие имеют крутопадающие трещины напластования (I система). Их элементы залегания в точках максимума: азимут простирания 336°, азимут падения 66°, угол падения 72°. В приповерхностной зоне они

приоткрытые и характеризуются шероховатостью плоскостей. Менее выражена перпендикулярная ей система (II) торцевых крутопадающих трещин с элементами залегания: азимут простирания 16° , азимут падения 288° , угол падения 72° . Эти трещины, преимущественно скрытые с гладкими поверхностями.

Также прослежены две системы пологопадающих трещин: III система – азимут падения 340° , угол падения 24° , и IV система – азимут падения 130° , угол падения 14° . Они, как правило, приоткрытые с неровными шероховатыми поверхностями и могут выступать как трещины отпора. По данным бурения, их количество быстро снижается с глубиной. Количество трещин I и II систем также уменьшается на глубинах 40–50 м.

Возможность проявления газовыделений при разработке месторождения исключена. Содержание сульфидной минерализации (пирит) в рудной залежи не превышает в среднем 2,6%. В связи с этим породы, залегающие в контурах месторождения, не обладают способностью к самовозгоранию.

Содержание свободного кремнезёма составляет 5–18,5%, что определяет месторождение как силикозоопасное.

Радиационная опасность отсутствует.

2 Технология укрепления откосов

2.1 Анализ современных подходов к стабилизации откосов

Обеспечение устойчивости откосов и предотвращение их обрушений и оползней на территории карьерных выработок, а также разработка эффективных мер, направленных на минимизацию негативного влияния деформационных процессов уступов, бортов, отвалов и прилегающих к карьерам участков, представляет собой важнейшее условие стабильного функционирования горнодобывающего предприятия.

Магистерская диссертация на тему «Совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера “Пустынное”» направлена на достижение следующих целей:

- а) разработка и внедрение технических решений, препятствующих возникновению опасных деформаций, которые могут представлять угрозу для жизни персонала и снижать рентабельность добычных работ;
- б) изучение физико-механических характеристик массива горных пород;
- в) построение модели устойчивости откоса на основе полученных физико-механических параметров без применения усилительных мероприятий;
- г) моделирование поведения откоса при использовании комплексного подхода к укреплению, включающего армированное торкретирование и установку самозабуривающихся анкеров;
- д) оценка уровня устойчивости откосов при реализации комбинированного метода крепления.

2.2 Выбор метода и обоснование технологии укрепления

Применение торкретирования в качестве одного из методов укрепления откосов оправдано как с технической, так и с экономической точки зрения. Эта технология позволяет повысить устойчивость массива даже в условиях трещиноватых и выветрелых пород, что подтверждается рядом исследований и практических решений [8; 10].

Опытное проведение работ по укреплению бортов карьера «Пустынное» осуществлялось на южном борте между горизонтами +360 м и +340 м на площади около 1100 м². По завершении технических мероприятий участок был передан под наблюдение специалистам геомеханического и гидрогеологического отделов.

Характеристика обследуемой зоны:

- основная порода – серпентинит;
- заполняющий материал в трещинах – тальк;
- массив имеет средний уровень трещиноватости;
- раскрытие трещин составляет порядка 1–2 мм.

Разрушение пород происходит преимущественно в форме эрозии с последующим смещением массива по поверхностям клиновидной, прямой либо круглоцилиндрической формы.

Анализ состояния откосов карьера является неотъемлемой частью прогноза и предотвращения деформационных процессов, которые зависят от текущей горно-геологической обстановки, а также отклика массива пород на подрезку уступов при ведении добычи. С этой целью было проведено обследование состояния южного борта.

В ходе обследования установлено, что откос уступа между указанными горизонтами имеет высоту 20–21 м и угол наклона 67° – 70° . Он сложен серпентинитами, которые подвержены осыпям. В породах отчетливо выражены плоскости скольжения под углами наклона $\sigma = 50^{\circ}$ – 55° в сторону выработанного пространства, по которым и формируются откосы. Массив представлен слоистыми, трещиноватыми породами с нарушенной геометрией уступа. На данном участке активно проявляются последствия тектонических процессов и буровзрывных работ, особенно в зонах, прилегающих к рудным телам. Эти области подвержены разрушению и фильтрации воды.

Наибольшую опасность для устойчивости откосов представляют оползневые процессы, особенно в пределах зоны серпентинитов. В этих участках деформации охватывают практически всю высоту борта, что связано с высокой степенью выветривания пород и их пониженной прочностью. Мощность зоны выветрелых и разрушенных пород, дополнительно ослабленных буровзрывными работами, составляет 2–3 метра. При этом прочность на сжатие в монолитных, не нарушенных участках достигает 14–16 МПа, что указывает на резкую неоднородность массива по прочностным характеристикам.

По результатам обследования установлено, что наиболее распространённой формой деформации уступов карьера являются осыпи. Они формируются в результате процессов выветривания и морозного вспучивания насыщенных влагой пород на поверхности, что приводит к отделению фрагментов от основного массива и их сползанию к подножию откоса. В результате угол наклона поверхности осыпей приближается к естественному углу откоса раздробленного материала (в пределах 35° – 40°).

В таблице 2.1 представлены условия применения различных способов укрепления откосов в скальных и полускальных породах. Основные рекомендации по искусственному усилению устойчивости склонов изложены в методических материалах, разработанных ВНИМИ (Ленинград, 1967).

С целью предотвращения эрозионных процессов на откосах карьера была применена специализированная сухая смесь для торкретирования – MasterRoc STS 1510. При нанесении под давлением сжатого воздуха, торкрет-бетон надежно сцепляется с обрабатываемой поверхностью, проникая в имеющиеся пустоты и трещины, тем самым предотвращая сдвиг породы. Этот метод обеспечивает не только формирование прочного защитного слоя на

поверхности откоса, но и создает основу для дальнейшей установки анкеров, усиливающих устойчивость массива.

Таблица 2.1 – Основные методы искусственного укрепления откосов на карьерах

Применяемые способы	Метод укрепления	Условия применения способов
Способы механического удержания	Железобетонные сваи (иногда с последующей цементацией массива)	Массивы со слаборазвитой трещиноватостью поверхности ослабления падают в выработанное пространство под углом 25-45°
	Штанги и гибкие тросовые тяжи	Крупноблоковые маловыветрелые массивы и сланцеватые породы с падением в сторону выемки под углом 25-55°
	Защитные подпорные и контрфорсные стенки	Сильнонарушенные массивы сложной структуры с переслаиванием пород
Применяемые способы	Метод укрепления	Условия применения способов
Упрочнение пород	Цементация (иногда в комбинации с железобетонными сваями), нагнетание в массив укрепляющих растворов из полимерных веществ	Гравий и крупнозернистые пески с удельным водопоглощением более 0,1 л/мин, трещиноватые скальные породы
Изолирующие покрытия	Торкретирование или набрызг, битумизация, изоляция с помощью полимерных смол	Породы, склонные к интенсивному поверхностному выветриванию или выщелачиванию

В качестве анкерного крепления были выбраны изделия компании Normet, представляющие собой самозабуривающиеся анкеры, выполненные в виде пустотелых стержней длиной 2000 мм, изготовленных из цельнотянутой бесшовной трубы диаметром 32 мм. На концах каждого стержня нарезана резьба стандарта ISO R32. При необходимости анкеры наращиваются посредством соединительных муфт до требуемой длины (до 6000 мм). В соответствии с технологическими рекомендациями производителя, фиксация анкеров осуществляется посредством нагнетания мелкодисперсного цементного раствора MasterRoc MG07.

Породы, формирующие откосы, склонны к ускоренному разрушению вследствие интенсивного выветривания и водонасыщения. Особенно это актуально для серпентинитов, где в качестве заполнителя трещин присутствует тальк. Проведение буровзрывных работ дополнительно ухудшает прочностные характеристики верхнего слоя массива мощностью 2–3 метра, снижая его прочность до 70–80% от исходной. Наряду с этим, в зоне выветривания существенно возрастает трещиноватость пород, что играет

ключевую роль в развитии деградационных процессов. Образование и расширение трещин создаёт условия для беспрепятственного проникновения атмосферной влаги и поверхностных вод вглубь массива. Это, в свою очередь, ускоряет процессы выщелачивания, разуплотнения и разрушения породы, особенно при сезонных колебаниях температуры, когда происходит повторное замерзание и оттаивание воды в порах и трещинах. В результате таких явлений формируется дестабилизированная приповерхностная зона, подверженная дальнейшему распаду, что значительно снижает устойчивость откосов и требует принятия соответствующих инженерных решений.

2.3 Исследование физико-механических характеристик горных пород

Для получения исходных параметров горных пород был применён метод визуального обследования массива без использования специализированных приборов, предназначенных для лабораторного определения физико-механических характеристик. Наибольшее распространение при описании поведения трещиноватых скальных массивов получила расчетная схема, основанная на критерии прочности Хука – Брауна (Hoek–Brown model, HB). Эта модель представляет собой изотропную систему с линейно-упругими и идеально-пластическими свойствами, и широко используется в инженерной геомеханике.

Модель Хука – Брауна встроена в большинство современных программных средств, ориентированных на проведение геотехнических расчетов с применением метода конечных элементов (МКЭ). Для оценки индекса геологической структуры массива (GSI) использовались данные, представленные в рисунке 2.1, соответствующие рекомендациям по определению данного параметра в полевых условиях.

		Состояние поверхности обнажения				
		Очень хорошее	Хорошее	Среднее	Плохое	Очень плохое
Структура		Ухудшение состояния поверхности →				
	Ненарушенная или массивная – ненарушенная блоковая или массивная с несколькими редкими нарушениями, расположенными на большом расстоянии	90	80	70	N/A	N/A
	Блочная – хорошо цементированная ненарушенная горная масса, состоящая из кубических блоков, образованных тремя пересекающимися наборами трещин		60	50		
	Сильно блочная – цементированная, частично нарушенная масса с многогранными, угловатыми блоками, образованными 4 и большим количеством систем трещин			40		
	Блочная/нарушенная/слоистая – сложенная угловатыми блоками, образованными большим числом трещин. Присутствие горизонтальных слоев или сланцев				30	
	Дезинтегрированная – слабосцементированная, сильно нарушенная горная масса, состоящая из угловатых и круглых фрагментов пород					20
	Слоистая/разделенная – небольшое количество блоков ввиду сильной слоистости или наличия поверхностей сдвига					10
		N/A	N/A			

Рисунок 2.1 – Рекомендации по определению параметров GSI

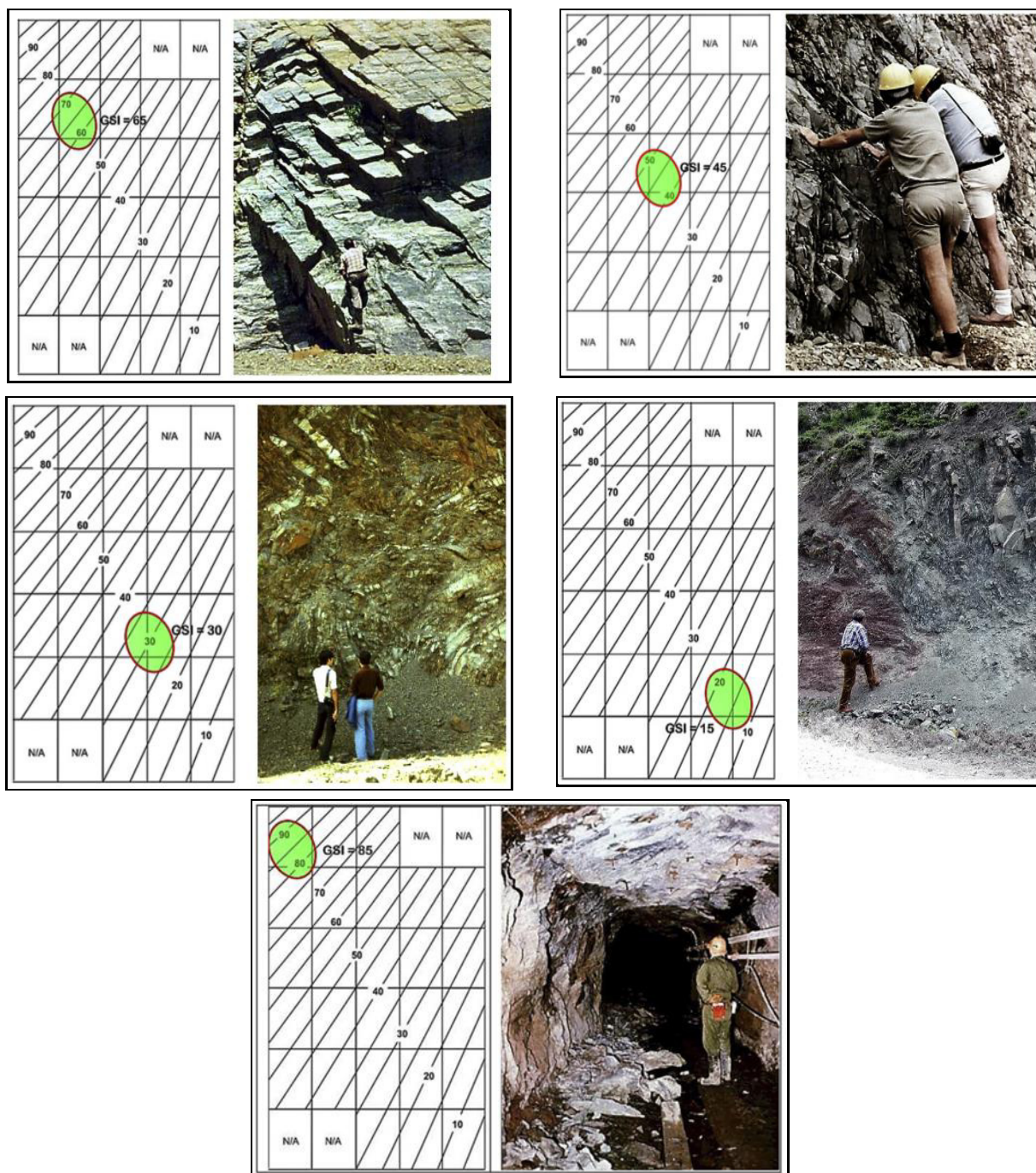


Рисунок 2.2 – Определение индекса геологической прочности пород (GSI)

В 1997 году Хук и Браун предложили индекс геологической структуры (GSI) как универсальный подход к оценке состояния как прочных, так и ослабленных массивов горных пород. Практикующие геологи и инженеры в полевых условиях, как правило, отдают предпочтение методам классификации, позволяющим оперативно и надежно определить характеристики массива на основе визуального анализа геологических особенностей. Разработанная Хуком и Брауном методика GSI как раз отвечает этим требованиям, так как базируется исключительно на визуальном наблюдении за состоянием массива.

Предлагаемая ими система оценки отражена на рисунке 2.2 и включает в себя качественное деление массива на пять основных категорий, определяющих структуру горной породы:

- 1) неповрежденный/массивный;
- 2) блочный;
- 3) очень блочный;
- 4) блочный/нарушенный;
- 5) разрушенный.

Для расчета коэффициента нарушенности массива горных пород использовались данные, приведённые в таблице 4. В соответствии с условиями открытой разработки (карьерного способа добычи) значение данного коэффициента принято равным 0,7.

Таблица 2.2 – Данные для расчета коэффициента нарушенности массива горных пород

Способ разработки месторождения	Значение D	Характеристика нарушения
Подземная разработка (замкнутые условия)	0	Хорошее качество пород. Минимальные нарушения. Механический способ проходки.
	0,5	Случаи, когда горное давление приводит к нарушению приконтурного массива, а также к обрушениям массива. Буровзрывной способ проходки.
	0,8	Выработка, пройденная с применением буровзрывного способа проходки, который приводит к нарушению приконтурного массива глубину до 2-3м
Открытая разработка (карьер)	0,7	Контролируемый взрыв (>80% следов от ствола)
	1	Струйная обработка низкого качества (<50% следов от ствола)
	0,7	Применение механической лопаты для разработки в слабых породах
	1	Добыча открытым способом – взрывные работы на карьерах

Для установления значения материальной константы (таблица 2.3) исследуемой горной породы была использована информация, представленная в таблице 2.2, содержащая данные по различным типам пород и их физико-механическим свойствам в таблице 2.4. В качестве расчетного аналога была выбрана порода осадочного происхождения – глинистый камень, для которого значение материальной константы составляет 3,4. Принятие данного типа породы в качестве аналога обусловлено тем, что он демонстрирует наиболее близкие характеристики прочности и деформируемости по сравнению с серпентинитом, находящимся в эрозионно-ослабленном состоянии. Такое соответствие позволяет использовать глинистый камень как репрезентативную модель для оценки параметров ослабленного серпентинита при проведении инженерно-геологических расчетов.

Таблица 2.3 – Рекомендации по определению материальной константы породы

Размер зерна		Грубый	Средний	Прекрасно	Очень хорошо
Осадочный	Карбонат	Доломит 10.1	Мел 7.2	Известняк 8.4	
	Обломочный	Конгломерат (20)	Песчаник 18,8	Алевролит 9,6	Глинистый камень 3.4
	Химический		Черт 19.3	Гипстоун 15.5	Ангидрит 13,2
Метаморфический	Карбонат	Мрамор 9.3			
	Силикат	Гнейс 29.2	Амфиболит 31.2	Кварцит 23,7	
Магматический	Фелсич	Гранит 32,7		Риолит (20)	
	Mafic	Габбро 25,8	Долерит 15,2	Андезит 18.9	
	Mafic	Norite 25.8		Базальт (17)	

Таблица 2.4 – Физико-механические свойства юго-западного борта гор. +360м - +340м

Удельный вес	25 кН/м ³
Прочность породы в простом сжатии	16,1 МПа
Геологический индекс прочности, GSI	25
Фактор разрушения, D	0.7
Материальная константа породы, m _i	4

2.4 Моделирование устойчивости откосов до укрепления

Для проведения расчетов устойчивости откоса использовался программный комплекс GEO5, визуальные результаты работы которого представлены на рисунках 2.3–2.6. Данный программный продукт основан на методе конечных элементов (МКЭ) и широко применяется при решении разнообразных задач в области геотехники. Сфера его применения охватывает моделирование осадок, расчет устойчивости откосов и земляных сооружений, анализ поведения шпунтовых и мембранных стенок, проектирование тоннелей и других подземных конструкций.

Модуль GEO5 МКЭ предоставляет пользователю возможность выбора различных моделей поведения грунтов, а также внедрения в расчет структурных элементов – таких как армирующие анкера, подпорные стены,

геотекстильные и геосеточные материалы. С помощью данного программного обеспечения можно определить смещения массива, напряженно-деформированное состояние, распределение внутренних усилий, формирование пластических зон и другие параметры на всех этапах инженерного анализа.

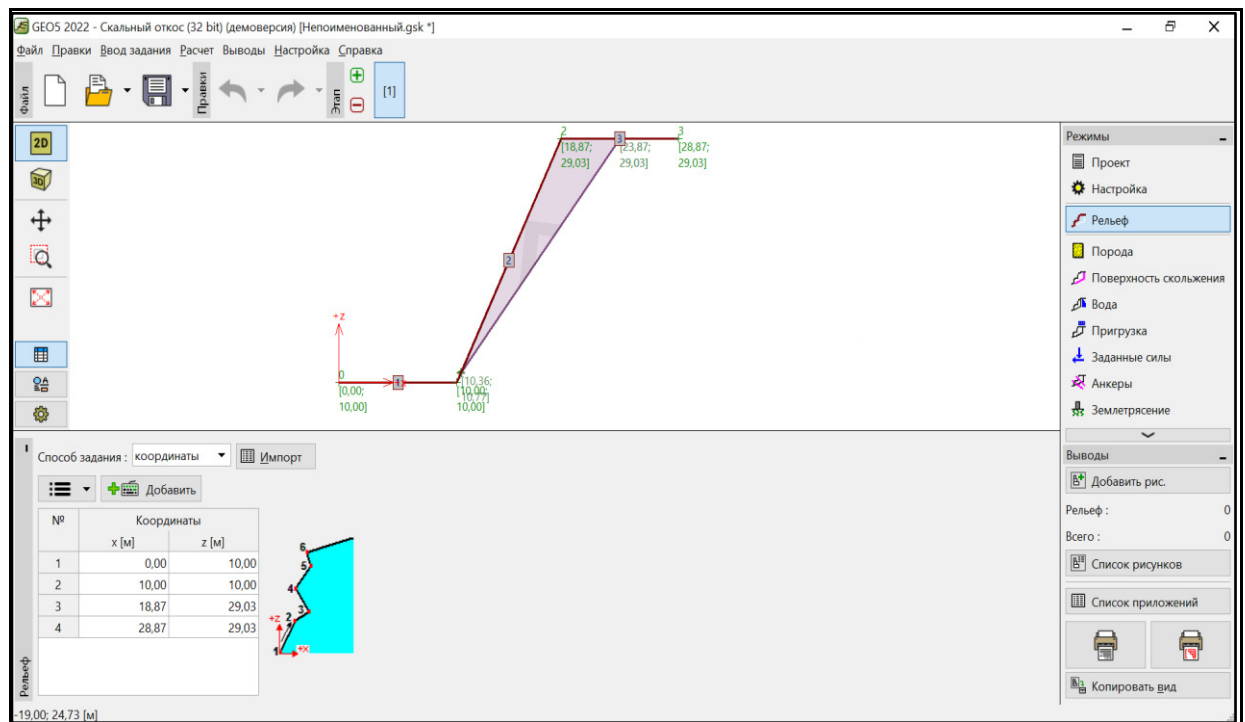


Рисунок 2.3 – Геометрические параметры уступа

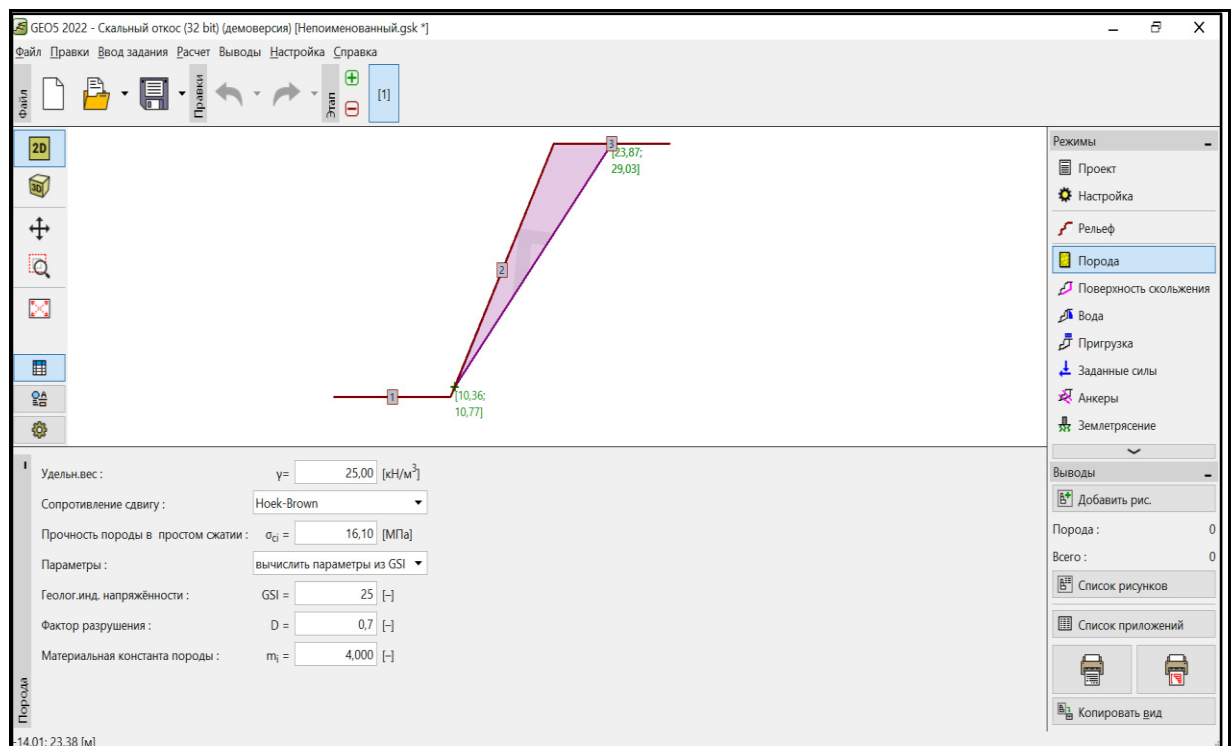


Рисунок 2.4 – Физико-механические свойства породы

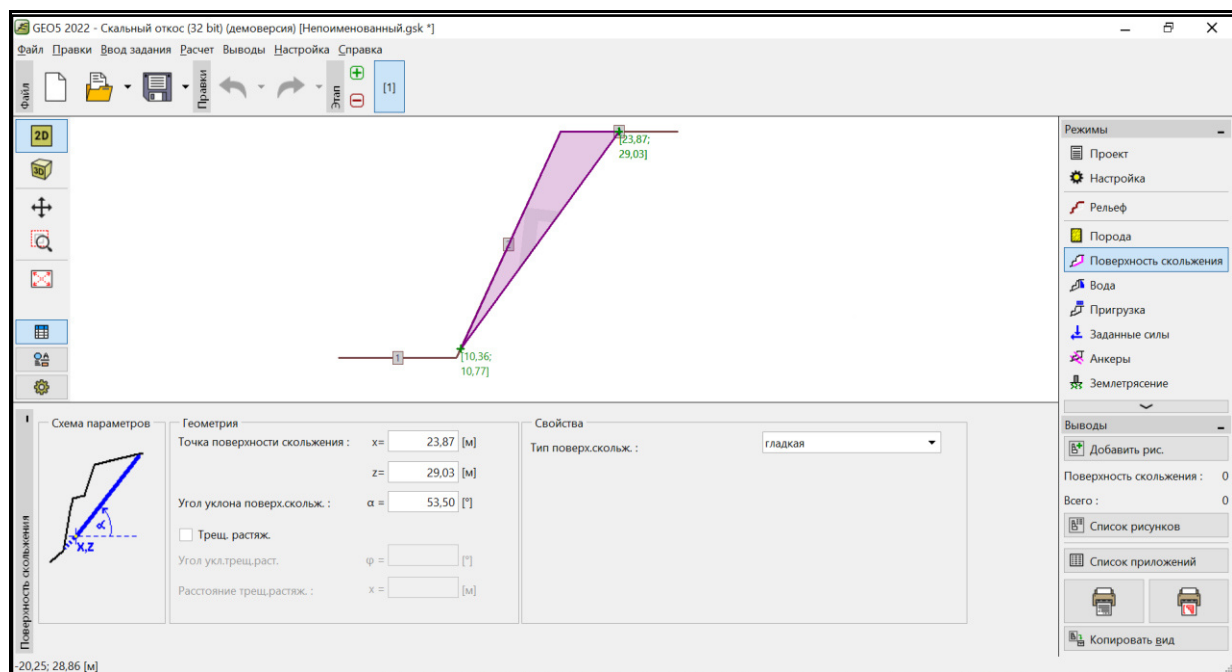


Рисунок 2.5 – Параметры поверхности скольжения

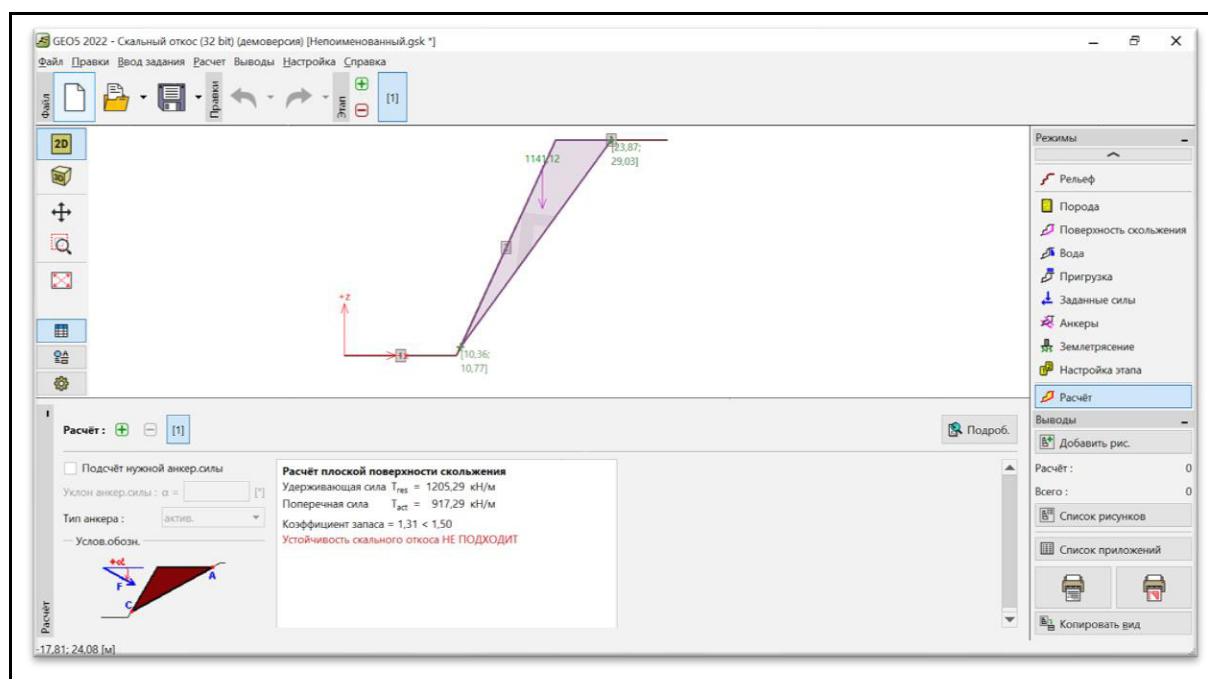


Рисунок 2.6 – Результат расчетов

Результаты численного моделирования устойчивости откоса карьера показали, что расчетный коэффициент устойчивости скального массива составляет 1,31, что ниже рекомендуемого предельного значения 1,5. Это указывает на недостаточный уровень устойчивости откоса и подтверждает необходимость внедрения инженерных мероприятий, направленных на предотвращение возможных обрушений и повышение общей надежности откосных сооружений.

2.5 Моделирование устойчивости откосов с применением комбинированного метода

Результаты натурных наблюдений деформаций откосов представлены на рисунке 2.7, где отображена карта сдвижений по данным георадарного мониторинга, а также на рисунке 2.8, демонстрирующем сравнительный график деформаций укрепленного и неукрепленного участков.

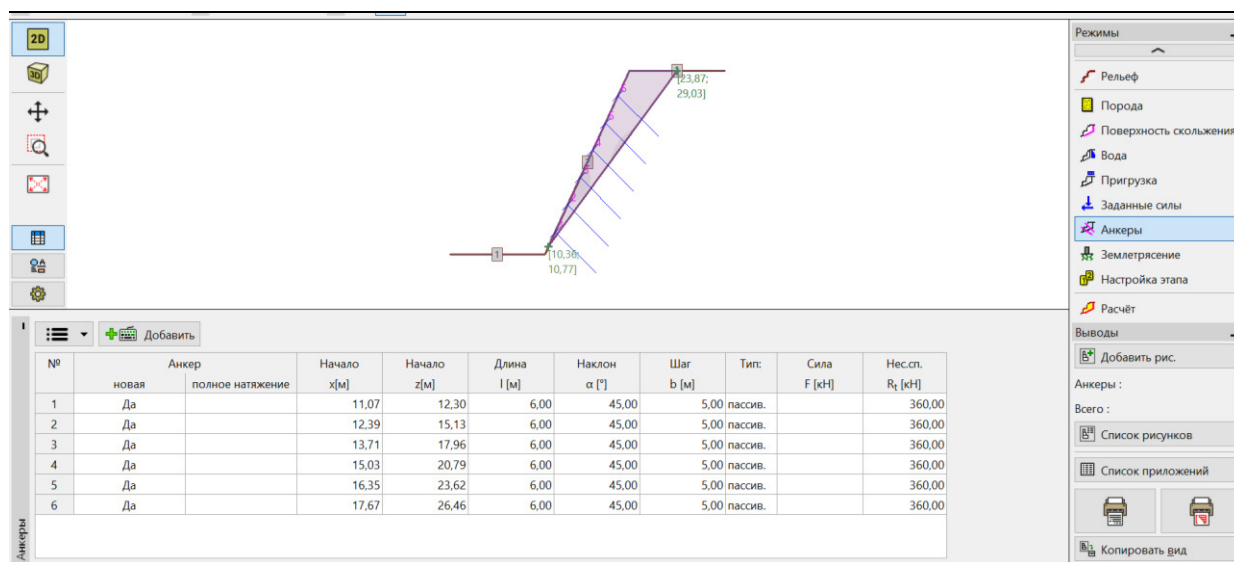


Рисунок 2.7 – Усиление откоса самозабуривающимися анкерами от компании Normet

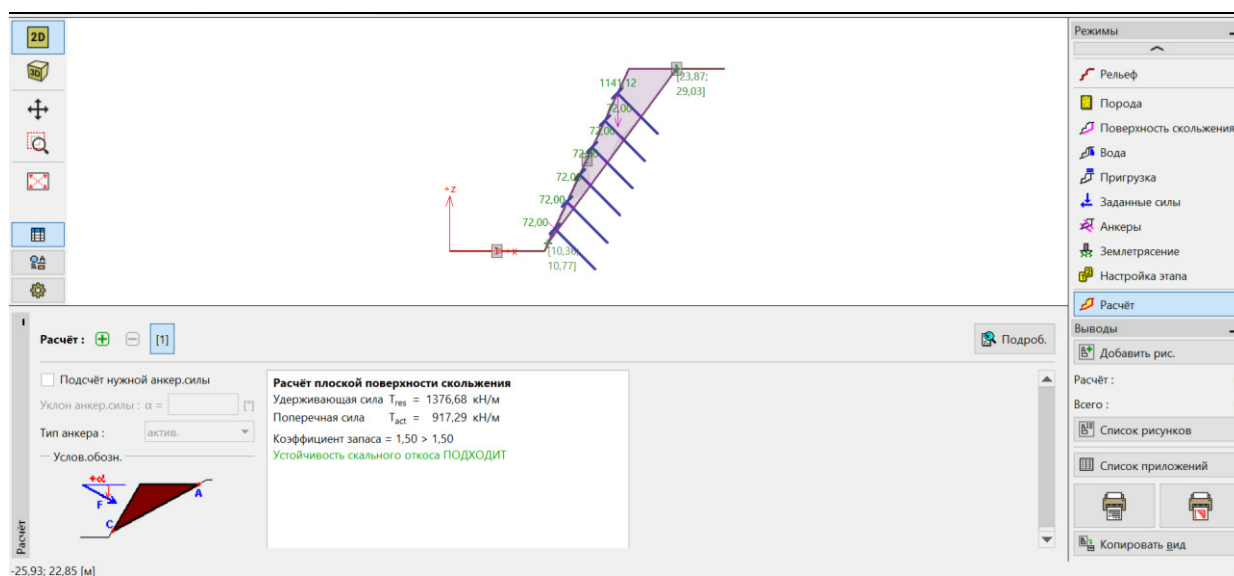


Рисунок 2.8 – Результат расчетов

Результаты проведенного численного моделирования откоса карьера показали, что коэффициент устойчивости скального массива составляет 1,5, что соответствует рекомендуемому нормативному значению. Это

свидетельствует о допустимом уровне устойчивости откоса при текущих условиях и подтверждает эффективность выбранных проектных решений.

Для моделирования использовались расчетные параметры, соответствующие физико-механическим характеристикам серпентинита, а также алгоритмы, рекомендованные в работах по устойчивости откосов [5; 6].

2.6 Технология производства укрепительных работ

2.6.1 Подготовка поверхности и установка армирующей сетки

1) На первом этапе удаляются фрагменты массива, потерявшие сцепление с основной породой, так как они представляют потенциальную опасность. Для их выявления применяется метод простукивания: по изменению звука определяются участки с признаками расслоения, трещиноватости или ослабления структуры. Такие фрагменты подлежат немедленному удалению для обеспечения безопасности дальнейших работ.

2) После очистки и подготовки поверхности осуществляется монтаж армирующей сетки типа «Рабица» с ячейкой 50×50 мм и диаметром проволоки 2,5 мм. По периметру укрепляемого участка сетка фиксируется с помощью анкерных элементов, выполненных из арматуры периодического профиля класса АIII диаметром 16 мм и длиной 1000 мм.

3) После базовой фиксации сетки производится дополнительное анкерование по всей поверхности откоса с учетом его рельефа. Анкера устанавливаются из расчета не менее 0,5 элемента на каждый квадратный метр, что обеспечивает надёжную прижимку сетки к основанию и равномерную передачу усилий.

2.6.2 Предторкретная подготовка основания

1. Перед нанесением торкрет-бетонного слоя поверхность укрепляемого откоса тщательно очищается от загрязнений, включая пыль, грязь и рыхлые включения.

2. Подготовленная поверхность дополнительно обрабатывается сжатым воздухом и промывается под давлением струёй воды с использованием сопла торкрет-установки. Операции выполняются непосредственно перед нанесением торкрет-материала при давлении 0,2–0,3 МПа. После обработки поверхность должна быть защищена от повторного загрязнения до момента начала торкретирования.

3. Нанесение торкрет-бетона на сухую поверхность недопустимо, так как в этом случае происходит интенсивное поглощение влаги из свежеуложенного состава, что значительно снижает адгезию и прочностные характеристики покрытия.

4. Работы по нанесению торкрет-бетона выполняются с использованием специализированного оборудования. Подача смеси осуществляется сжатым

воздухом, обеспечивающим выход смеси из сопла со скоростью от 25 до 50 м/с. Исполнительную бригаду по устройству торкрет-укрепления формируют восемь человек:

- оператор автогидроподъёмника (высота до 45 м) – 1 человек;
- водитель-оператор манипулятора – 1 человек;
- машинист, отвечающий за загрузку сухой смеси и управление оборудованием (включая компрессор производительностью 15 м³/мин, генератор мощностью 100 кВт, торкрет-установку и насосное оборудование) – 5 человек;
- оператор-сопловщик, находящийся непосредственно в зоне торкретирования, управляет подачей смеси через сопло и координирует действия всей бригады – 1 человек.

5. Перед началом торкретирования откос дополнительно смачивается водяной струей. На берме устраивается площадка для временного хранения и разгрузки сухой смеси, после чего начинается процесс нанесения защитного слоя. Средний расход сухой смеси на одну торкрет-установку составляет приблизительно 2,75 т/ч.

6. Сухая смесь загружается в приемный бункер торкрет-машины. После сигнала от сопловщика машинист запускает оборудование, подает сжатый воздух и направляет поток материала к соплу. Визуализация процесса нанесения торкрета представлена на рисунке 2.9.



Рисунок 2.9 – Процесс торкретирования после установки сетки

7. Во время выполнения работ по торкретированию оператор-сопловщик играет ключевую роль в обеспечении качества наносимого слоя. Он осуществляет точное управление направлением и положением сопла, постоянно контролируя его ориентацию относительно укрепляемой поверхности. Важно, чтобы сопло находилось в строго перпендикулярном положении к поверхности откоса, так как это обеспечивает максимальную

адгезию бетонной смеси и минимизирует отскок материала. Кроме того, оператор должен поддерживать оптимальное расстояние между соплом и поверхностью — в пределах 1–1,5 метра, что способствует равномерному распределению смеси и формированию плотного, прочного слоя без пустот.

Помимо пространственного положения сопла, сопловщик регулирует толщину наносимого слоя, скорость подачи бетонной смеси, а также следит за её консистенцией. Эти параметры подбираются в зависимости от условий работы, типа укрепляемой поверхности и технологических требований. Сбалансированная подача и равномерное нанесение позволяют избежать перерасхода материала, обеспечить однородность структуры и достигнуть проектной прочности. Таким образом, от профессионализма и опыта оператора напрямую зависит надёжность укрепляющей конструкции и эффективность торкретирования в целом.

8. При нанесении торкрет-бетона толщина одного слоя не должна превышать 15 см, чтобы обеспечить надёжное сцепление с породой и избежать отслаивания. При необходимости большего объёма материала укладка осуществляется послойно с промежуточным схватыванием. В течение 2–3 суток после нанесения поверхность требуется увлажнять не менее двух раз в день с применением воздушно-водяной струи, что способствует правильному твердению и предотвращает образование трещин.

Допустимая величина отскока бетонной смеси от поверхности составляет 15–20 %. Превышение этого показателя указывает на потери материала и возможные отклонения в технологии нанесения, поэтому контроль отскока является важной частью качества торкретирования.

9. Буровые работы по установке самозабуривающихся анкеров начинаются только после того, как торкрет-бетон наберёт не менее 50 % от своей проектной прочности. Это условие необходимо для предотвращения повреждений ещё неокрепшего слоя и обеспечения надёжной фиксации анкеров в массиве.

10. Исполнительная бригада по бурению анкеров состоит из пяти человек:

- оператор автогидроподъемника (до 45 м) – 1 человек;
- водитель (оператор манипулятора) – 1 человек;
- машинист, обслуживающий компрессор (15 м³/мин) – 1 человек;
- два бурильщика, работающих непосредственно с пневматической буровой установкой УТ-29 – 2 человека.

11. После завершения бурения проводится инъецирование тонкодисперсного цементного раствора в установленные анкера.

12. Бригада по инъецированию также включает пять специалистов:

- оператор автогидроподъемника (45 м) – 1 человек;
- водитель (оператор манипулятора) – 1 человек;
- машинист, управляющий генератором мощностью 100 кВт – 1 человек;
- оператор шнекового насоса, непосредственно выполняющий нагнетание цементного раствора под давлением до 15 атм. – 2 человека.

13. После того как инъекционный состав достигает не менее 50 % от проектной прочности, осуществляется установка опорных планок и затяжка анкерных гаек с усилием в пределах 25–30 кН.

На рисунке 2.10 представлено визуальное отображение поверхности откоса после завершения торкретирования.



Рисунок 2.10 – Укрепленный участок карьера на южном борте гор.+360м-+340м на площади 1100м²

2.7 Характеристика применяемых материалов и оборудования

2.7.1 Сухая смесь MasterRoc STS1510

В качестве основного материала для сухого способа торкретирования в рамках укрепления откосов карьера использовалась готовая сухая смесь MasterRoc STS 1510. Это однокомпонентный состав на цементной основе, дополнительно модифицированный сухим ускорителем схватывания и микрокремнеземом. При необходимости смесь может быть усилена полипропиленовыми фиброволокнами, что способствует снижению риска образования усадочных трещин.

Компоненты, входящие в состав MasterRoc STS 1510, специально адаптированы для применения в технологии сухого торкретирования. В процессе нанесения материал обеспечивает быстрое развитие прочности, сниженный отскок частиц и возможность формирования утолщённых слоёв, что делает его особенно эффективным для стабилизации откосов. При этом смесь демонстрирует высокую степень адгезии к различным основаниям, в том числе бетону и арматуре, а также обладает устойчивостью к воздействию

углекислого газа и хлоридов, что особенно важно при защите внешних слоёв от агрессивной среды.

Основные области применения MasterRoc STS 1510 включают:

- ремонт крупных поверхностей;
- укрепление конструкций в тоннелях и шахтах;
- герметизация и восстановление подземных и морских сооружений;
- стабилизация скальных участков и насыпей;
- реализация катодной защиты верхних слоёв конструкций.

Ключевые преимущества материала:

- полностью готовая к применению сухая смесь;
- отсутствие токсичных и едких компонентов;
- возможность нанесения слоя толщиной до 150 мм за один проход;
- минимальный отскок за счёт оптимального гранулометрического состава;
- низкое пылеобразование при торкретировании;
- быстрая прочностная активизация;
- отличные гидроизоляционные и защитные свойства.

Физико-технические характеристики:

- форма: сухой порошок;
- цвет: серый;
- насыпная плотность: $\sim 1600 \text{ кг/м}^3$;
- плотность после нанесения: $2200\text{--}2400 \text{ кг/м}^3$;
- максимальный размер частиц: 3 мм;
- прочность на сжатие: через 1 час – не менее 2 МПа, через 6 часов – не менее 3,5 МПа, через 24 часа – минимум 15 МПа, через 28 суток – не менее 30 МПа (при температуре $+20^\circ\text{C}$).

Подготовка основания:

Перед нанесением поверхность должна быть очищена от пыли, грязи, остатков масел и ржавчины. Допускается использование водяной промывки, сжатого воздуха, песко- или дробеструйной обработки. Особое внимание следует уделить зачистке металлических элементов до чистого металла. Поверхность перед торкретированием должна быть увлажнена, но не содержать застойной воды.

2.7.2 Состав MasterRoc MG 07

В качестве инъекционного материала для анкерных работ и конструкционного усиления в условиях горных выработок применялся тонкодисперсный инъекционный состав MasterRoc MG 07, специально разработанный на основе модифицированных цемента и полимерных добавок. Данный материал обладает улучшенными пластифицирующими и расширяющими свойствами, что обеспечивает его эффективное применение в условиях высокой плотности трещиноватости и неоднородной геологии. Используемый инъекционный состав MasterRoc MG 07 рекомендован для

анкерных работ в трещиноватых породах и широко применяется в условиях высокой водонасыщенности [7; 12].

Назначение и области применения MasterRoc MG 07 включают:

- установка анкеров в бетонные основания, скальные и грунтовые массивы;
- заполнение пустот в конструкциях и геомассиве;
- инъекционные работы при ремонте трещин в железобетонных, каменных и бетонных сооружениях, в том числе в сухих, влажных и водонасыщенных условиях;
- контактные и силовые инъекции с целью обеспечения плотного сопряжения элементов конструкции и увеличения их несущей способности.

Основные технические преимущества материала:

- формирование безусадочного раствора с высокой текучестью и пониженным водоцементным отношением;
- отличная прокачиваемость насосным оборудованием, включая работы в стеснённых и наклонных зонах (в том числе над головой);
- обеспечение высокой адгезии к арматуре и породе благодаря неусаживающимся свойствам состава;
- полное заполнение анкерных полостей по всей их длине, что способствует равномерному распределению нагрузки;
- высокие показатели ранней и конечной прочности, обеспечивающие надёжность конструкции;
- устойчивость к агрессивному воздействию среды и длительный срок службы.

Форма поставки: сухая смесь, упакованная в крафт-мешки массой 20 кг.

Состав торкрет-бетона на основе материала MasterRoc MG 07 подбирался с учётом условий эксплуатации. Подробные характеристики используемой сухой смеси, включая её физико-механические свойства, приведены в таблице 2.5.

Смешивание инъекционного раствора:

Для приготовления рабочего состава MasterRoc MG 07 в предварительно очищенную ёмкость заливают 6 литров воды, после чего постепенно вводят 20 кг сухой смеси, одновременно осуществляя перемешивание с помощью механического миксера. Перемешивание проводят при скорости около 400 об/мин в течение 3–4 минут до получения однородной, пластичной массы без комков. В результате получается около 13,2 литров готового раствора. Применение ручного перемешивания не допускается, так как оно не обеспечивает необходимую однородность и технологические свойства материала.

Порядок применения:

Готовый состав MasterRoc MG 07, предназначенный для анкерных работ, вводится в подготовленные скважины с использованием насоса моновпрыска. Ввиду высокой активности и скорого начала схватывания, рекомендуется использовать раствор в течение 30 минут с момента

приготовления. Соблюдение регламентированного времени обеспечивает надлежащие реологические характеристики и прочностные параметры материала.

Таблица 2.5 – Технические характеристики MasterRoc MG 07

Наименование показателя	Значение показателя
Прочность на сжатие, МПа, не менее, в возрасте 1 сут. 28 сут	25-30 52,5-62,5
Растекаемость цементного теста, мм, не менее	280
Сроки схватывания начало, мин, не ранее, конец, часов, не позднее	30 8
Линейное расширение в ограниченном состоянии в возрасте 1 сут., %, не менее	0,05
Водоотделение, %, не более	3,5
Водонепроницаемость, атм., не менее	8
Морозостойкость, циклов, не менее	300
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг, не более	370
Сульфатостойкость, не менее Приведенные	0,95

2.7.3 Анкерные элементы

В процессе разработки укрепляющей системы использованы самозабуривающиеся анкера типа R32, отличающиеся высокой несущей способностью и устойчивостью к агрессивной среде. Основные параметры анкерных элементов, включая диаметр, предел прочности на растяжение, массу погонного метра, тип резьбы и класс стали, представлены в таблице 2.6. Конструктивные элементы анкерной системы — муфты, шайбы, гайки, а также способы их соединения — подробно описаны в таблице 2.7, что позволяет оценить совместимость компонентов и их функциональные характеристики при работе в напряжённо-деформированном состоянии.

Конструкция анкерной системы выбрана на основании анализа современных требований к противооползневым мероприятиям [9; 11]. Для повышения прочности применены армированные элементы по ГОСТ и рекомендации промышленной эксплуатации.

Таблица 2.6 – Техническое описание R32 системы

Штанги	R32S
Внешний диаметр (мм)	32
Внутренний (мм)	17
Площадь (мм ²)	440

Продолжение таблицы 2.6

Штанги	R32S
Максимальная нагрузка(кН)	360
Предел прочности (кН)	280
Масса (кг/м), (кг)	3,45; 3
Тип резьбы	ISO10208
Тип стали	EN10083-1
Резьба (Левая /Правая)	Левая и правая
Длина (м)	2
Варианты покрытия	Горячая гальванизация: ISO 1461 Эпоксидное покрытие Изгиб по стандарту ISO1519 Ударные свойства по стандарту ASTM 2794 Адгезия по стандарту ISO 2409:2007
Муфты	R32S
Внешний диаметр (мм)	42
Длина (мм)	190
Прочность (HRC)	В определенном диапазоне предел прочности увеличивается пропорционально твердости штанги. Для муфт и гаек это важно убедиться, что прочность гаек и муфт достигает прочности штанги. Через сотни тестирования в лаборатории установлен стандарт HRC 23–30 для муфт и HRC 25–30 для гаек.
Тип резьбы	ISO10208
Тип стали	EN10083-1
Масса (кг)	0.96
Резьба (левая /правая)	Левая и правая
Штанги	R32S
Варианты покрытия	Горячая гальванизация: ISO 1461 Эпоксидное покрытие Изгиб по стандарту ISO1519 Ударные свойства по стандарту ASTM 2794 Адгезия по стандарту ISO 2409:2007
Шайбы	R32S
Размер (мм)	200x200
Толщина (мм)	12
Диаметр отверстия (мм)	35
Масса(кг)	3,3
Варианты покрытия	Горячая гальванизация: ISO 1461 Эпоксидное покрытие Изгиб по стандарту ISO1519 Ударные свойства по стандарту ASTM 2794 Адгезия по стандарту ISO 2409:2007
Гайки	R32S
Внешний диаметр (мм)	46
Длина (мм)	45
Диаметр отверстия (mm)	32
Тип стали	CK45

Таблица 2.7 – Химические, механические свойства арматуры д 16 мм., ст 25Г2С; 35ГС и арматуры класса А500С д 16 мм в % соотношении

Марка стали 25Г2С								
Химический состав								
N	C % углерод	Si % кремний	Mn % марганец	P % фосфор	S % сера	Cr % хром	Ni % никель	Cu % медь
2	0.20-0.29	0.60-0.90	1.20-1.60	0.040 не более	0.045 не более	0.30 не более	0.30 не более	0.30 не более
Механические свойства, не менее								
No	Врем. сопр. н/mm2	Предел текуч. н/mm2	Отн. удл. %	Холод. изгиб				
3	590	390	14	УД				

Дополнительно в таблицах 2.8–2.10 приведены характеристики буровых коронок, переходников и другого вспомогательного оборудования, необходимого для установки анкеров. Эти данные позволяют обоснованно подобрать комплектацию крепёжной системы с учётом геологических условий массива, плотности породы и глубины установки. Таким образом, представленные технические сведения обеспечивают комплексное понимание применяемой анкерной технологии и её соответствие инженерным требованиям проекта.

Таблица 2.8 – Тип буровых коронок

Буровые коронки	EX	EXX	ESF	ESSF
				
	Hardened cross bit for loose to medium dense ground conditions	TC cross bit for soft to medium rock formations	Hardened button bit for unconsolidated rock with boulders	TC button bit for medium rock formations
Outside Diameter (mm) / Unit Weight (kg)	Буровая коронка для пород малой прочности	Буровая коронка для пород малой/средней прочности	Коронка для не консолидированных грунтов	Буровая коронка для пород средней/ высокой прочности
Hardness (HRC/HRA)	50-55	87-89	50-55	87-89
Thread type	ISO10208			
Type of steel	EN10083-1			
Thread (Left/right hand)	Left or Right			

Таблица 2.9 – Характеристика арматурного анкера АЗ д 16мм по ст. 25Г2С, 35Гс и А500С

Масса 1 п/м	1,58 кг
Метров в тонне	632,91 м
Длина хлыста 11,7 м (мерная длина) или н/д	от 2-11,7 м
Площадь поперечного сечения	2,010 см/кВ
Номинальный диаметр dH, мм	15-18 мм

Таблица 2.10 – Характеристика сетки «Рабица» 50x50 Ø3мм

Марка	Ст1пс
Временное сопротивление разрыву Н/мм2	870-897

2.7.4 Мониторинг деформаций

После выполнения комплекса работ по укреплению массива с применением торкрет-бетона и анкерных элементов проводился регулярный мониторинг состояния бортов карьера с использованием специализированного георадара IDS GeoRadar. Этот высокоточный инструмент позволяет отслеживать динамику деформаций в режиме реального времени, что особенно важно в условиях активного горного давления и продолжающихся работ.

Дополнительно, на вышележащих горизонтах в районе нанесения торкрет-бетона осуществлялись буровзрывные работы, что позволяло оценить поведение укреплённого массива в условиях дополнительного техногенного воздействия.

Результаты натурных наблюдений и измерений параметров состояния борта карьера в период проведения буровзрывных работ представлены на рисунках 2.11–2.12.

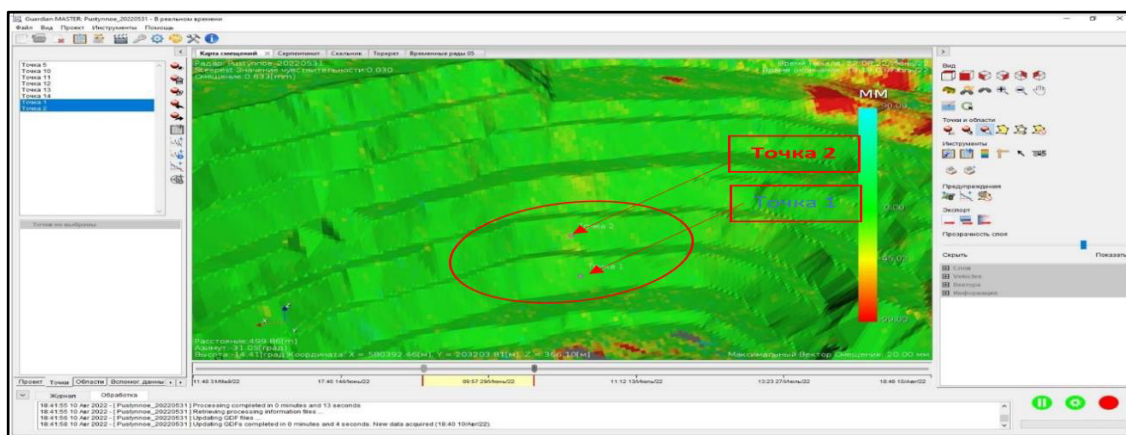


Рисунок 2.11 – Карта деформации от мониторинговой системы за сдвижением

Для оценки эффективности применённых мероприятий по укреплению откосов в проекте был предусмотрен мониторинг деформаций, позволяющий отследить изменения состояния массива горных пород в реальных условиях эксплуатации. Основной целью мониторинга является своевременное выявление смещений, ослаблений или критических деформаций, способных повлиять на устойчивость откосов и безопасность ведения горных работ.

На участках, подверженных наибольшему риску деформаций, были установлены наблюдательные точки, расположенные с учётом различий в технологии укрепления. Так, точка 1 размещена на участке, где была выполнена комплексная система усиления с применением торкретирования и анкерного крепления, в то время как точка 2 находится на аналогичном участке, не прошедшем укрепление. Такое расположение позволяет проводить сравнительный анализ изменений в поведении массива в зависимости от применённых инженерных решений.

Данные, получаемые с этих точек, фиксируются в динамике и анализируются по ключевым параметрам: горизонтальным и вертикальным смещениям, скорости деформаций, а также направлению возможных перемещений. Визуализация результатов в виде карт смещений и графиков изменения координат позволяет получить объективную картину поведения откосов. По результатам наблюдений, укреплённый участок демонстрирует стабильность, в то время как неукреплённая зона характеризуется повышенными значениями подвижек, что подтверждает эффективность выбранного метода укрепления.

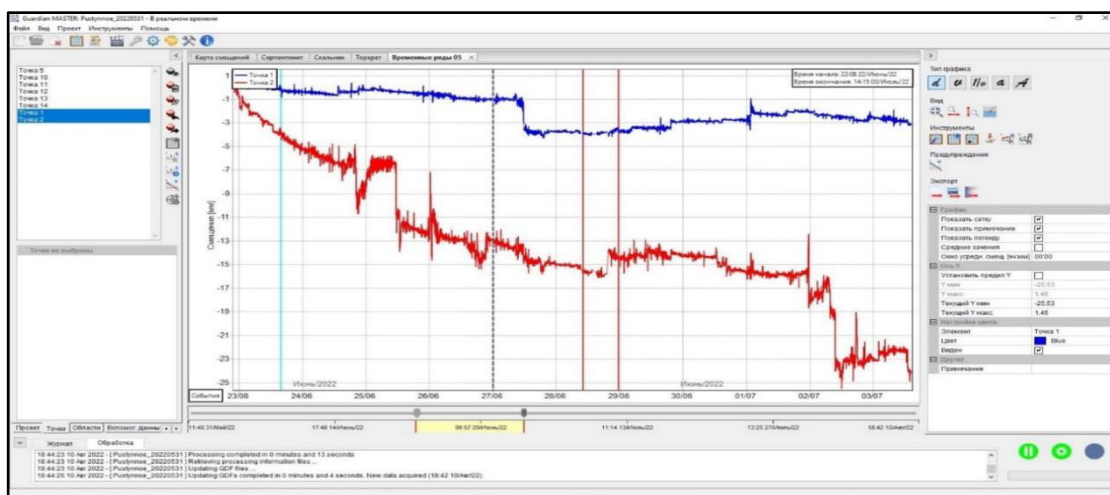


Рисунок 2.12 – График деформации

3 Обеспечение промышленной безопасности и охраны труда при производстве работ

3.1 Общие положения

Выполнение принятых проектных решений, соблюдение параметров системы разработки и технологии работ обеспечивает безопасные условия труда при ведении горных работ, транспортировке и отвалообразовании.

Настоящим проектом предусматриваются:

- план и продольный профиль въездных траншей для участков, ширина и поперечный профиль транспортной бермы;
- высота и углы откосов рабочих и нерабочих уступов, углы бортов отвала; ширина берм безопасности;
- отсыпка предохранительных валов вдоль проезжей части транспортной бермы и на рабочих площадках;
- минимально допустимые размеры рабочих площадок из расчёта размещения экскаватора и манёвров автотранспорта;
- периодическая оборка уступов от нависей и козырьков для предотвращения их внезапного обрушения.

Отклонения от проектной документации в процессе строительства и эксплуатации объекта открытых горных работ не допускаются [18, 19].

Передвижение людей с уступа на уступ по взорванной горной массе допускается только при особой производственной необходимости и с разрешения лица контроля в каждом отдельном случае.

Объекты открытых горных работ по разработке твёрдых полезных ископаемых оснащаются системой позиционирования и автоматизированной системой диспетчеризации, мониторинга и учёта фронта работ карьерных экскаваторов, управления буровыми станками с использованием спутниковой навигации, радиоэлектронными средствами и высокочастотными устройствами.

На объектах открытых горных работ при длине пути до рабочего места более 2,5 километров и (или) глубине работ более 100 метров организуется доставка рабочих к месту выполнения работ на оборудованном транспорте. Маршруты и скорость перевозки людей утверждаются техническим руководителем организации (в случае принадлежности транспорта подрядной организации дополнительно согласовываются с руководителем подрядной организации). Площадки для посадки людей должны быть горизонтальными. Устройство посадочных площадок на проезжей части дороги не допускается.

Перевозка людей в саморазгружающихся вагонах, кузовах автосамосвалов, грузовых вагонетках канатных дорог и других транспортных средствах, не предназначенных для этой цели, не допускается.

Для сообщения между уступами горных работ устраиваются прочные лестницы с двусторонними поручнями и наклоном не более 60 градусов или съезды с уклоном не более 20 градусов. Маршевые лестницы при высоте более

10 метров должны иметь ширину не менее 0,8 метра и горизонтальные площадки через каждые 15 метров по высоте. Расстояние и место установки лестниц по длине уступа устанавливаются планом развития горных работ. Расстояние между лестницами по длине уступа не должно превышать 500 метров.

Ступеньки и площадки лестниц необходимо систематически очищать от снега, льда, грязи и посыпать песком.

Допускается использование для перевозки людей с уступа на уступ механизированных средств, разрешённых к применению на территории Республики Казахстан.

Не допускается нахождение людей:

- в опасной зоне работающих механизмов;
- в пределах призмы возможного обрушения на уступах;
- в непосредственной близости от нижней бровки откоса уступа.

Запрещается выполнение работ на уступах при наличии нависающих козырьков, крупных валунов, нависей из снега и льда. В случае невозможности устранения заколов или проведения оборки борта все работы в опасной зоне должны быть остановлены, люди выведены, а опасный участок – ограждён с установкой предупредительных знаков.

3.2 Идентификация потенциальных производственных опасностей

Производственные процессы, связанные с укреплением уступов карьера методом торкретирования и анкерного крепления, сопровождаются воздействием множества опасных и вредных факторов, требующих обязательного учёта при организации и ведении работ. Основную сложность представляет сочетание горных, строительных и высотных операций, проводимых в зонах с нестабильной геологической обстановкой.

Одним из наиболее значимых факторов риска является возможность обрушения и осыпей породы. Участки карьера, подлежащие торкретированию, как правило, имеют выраженную трещиноватость и часто подвергнуты выветриванию, что значительно снижает их прочностные характеристики. Даже при визуальной стабильности откоса существует риск внезапного локального разрушения, особенно при динамических нагрузках – например, во время работы тяжёлого оборудования или в период ведения буровзрывных работ на смежных горизонтах.

Дополнительную опасность представляет работа на высоте с использованием автогидроподъёмников (АГП) или механических платформ. Падение работников, не использующих страховочные системы, или технические неисправности подъёмных механизмов могут привести к тяжёлым последствиям. Работа на высоте требует особой координации действий команды и постоянного контроля со стороны мастера участка.

В процессе торкретирования и бурения также присутствуют физические воздействия в виде вибрации, шума и пылеобразования. Работа торкрет-

установки сопровождается выбросом мелкодисперсной цементной пыли, которая при вдыхании может оказывать раздражающее и вредное воздействие на дыхательные пути. При несоблюдении правил работы с сухими смесями возрастает риск профессиональных заболеваний, включая аллергические реакции, хронические бронхиты и прочие заболевания органов дыхания.

Опасность также создаёт оборудование, работающее под давлением: насосы для инъекционного цементирования и компрессоры при торкретировании развивают давление до 15 атм. Прорыв магистралей или неисправности в системе могут вызвать гидравлические удары, травмирование операторов или разлив раствора с загрязнением рабочей зоны.

Отдельного внимания требует электробезопасность, так как на объекте используется генераторное оборудование мощностью до 100 кВт. При нарушении правил заземления, использовании повреждённого кабеля или попадании влаги на токопроводящие части может возникнуть опасность поражения электрическим током.

Кроме того, значительную угрозу представляет нарушение технологической дисциплины и отсутствие контроля. Пренебрежение средствами индивидуальной защиты, отсутствие инструктажа, несанкционированное перемещение персонала в опасные зоны и работа с неисправным оборудованием – всё это является потенциальными причинами несчастных случаев.

Таким образом, успешное выполнение работ возможно только при комплексной оценке всех потенциальных опасностей, организации постоянного контроля за соблюдением требований безопасности и строгом соблюдении технических регламентов. Только системный подход к охране труда способен обеспечить как сохранность жизни и здоровья работников, так и устойчивое функционирование горнодобывающего предприятия, что требует комплексного подхода к системе охраны труда и использованию инженерно-технических решений [20, 21].

3.3 Организационные мероприятия по снижению рисков

Организация безопасного ведения работ по укреплению откосов карьера «Пустынное» требует чёткого планирования всех этапов производственного процесса и внедрения комплекса административных, технических и регламентирующих мер, направленных на предотвращение травматизма и несчастных случаев. Все действия на объекте должны проводиться в соответствии с утверждённым проектом производства работ (ППР), регламентирующим технологическую последовательность операций, расстановку оборудования, зонирование территорий и размещение персонала.

Первостепенным условием обеспечения безопасности является назначение ответственных лиц за охрану труда и промышленную безопасность на каждом этапе выполнения работ. Эти специалисты проводят предварительный анализ риска, контролируют соблюдение нормативных

документов и несут ответственность за организацию инструктажей и допуск работников к опасным зонам. Все члены производственного коллектива обязаны пройти вводный инструктаж по охране труда, а также первичный и повторный инструктажи на рабочем месте с обязательной регистрацией в журнале установленной формы.

Перед началом укрепительных работ проводится визуальное обследование участка карьера для выявления нестабильных зон, потенциальных трещин, подвижек массива и признаков выветривания. При необходимости осуществляется временная приостановка работ до устранения или закрепления опасных участков. Это особенно актуально в районах, подвергавшихся воздействию буровзрывных работ или интенсивным атмосферным осадкам.

Важным организационным аспектом является обеспечение безопасного доступа персонала к рабочим зонам. На карьере устраиваются временные лестницы, подмости, рабочие площадки, обеспечивается безопасный подъезд техники. При использовании автогидроподъёмников проверяется устойчивость и исправность оборудования, его грузоподъёмность и наличие страховочных систем.

Рабочие зоны разделяются на активные участки и санитарные зоны, в пределах которых запрещается нахождение постороннего персонала. Особо опасные участки отмечаются предупредительными знаками, лентами и ограждениями. Одновременно на объекте обязательно наличие аптечки первой помощи, огнетушителей, средств связи и схемы эвакуации при возникновении нештатной ситуации. Ответственные лица обязаны регулярно проверять исправность средств безопасности и актуальность схем эвакуации. На протяжении всего периода выполнения работ осуществляется ежедневный контроль за соблюдением требований охраны труда. Производственные совещания, краткие инструктажи перед сменой и оперативное реагирование на замечания со стороны технических специалистов позволяют значительно снизить вероятность возникновения несчастных случаев и минимизировать производственные риски.

Таким образом, грамотно выстроенная система организационных мероприятий по безопасности, подкреплённая строгим контролем и соблюдением инструкций, является неотъемлемым элементом успешной реализации технологического процесса по укреплению откосов карьера. Она обеспечивает сохранность здоровья работников, устойчивость горных выработок и бесперебойность производственного цикла.

3.4 Средства индивидуальной защиты

При выполнении укрепительных работ на откосах карьера, особенно в условиях высоты, воздействия пыли и работы с подвижным оборудованием, использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) является обязательным и регулируется требованиями нормативных документов в области охраны

труда и промышленной безопасности. Применение сертифицированных СИЗ позволяет существенно снизить воздействие опасных и вредных производственных факторов на работников, а в ряде случаев – предотвратить тяжёлые травмы и профессиональные заболевания.

Каждый сотрудник, задействованный в технологическом процессе торкретирования, анкерного бурения и инъектирования, обеспечивается полным комплектом средств индивидуальной защиты, соответствующим характеру выполняемых работ. В первую очередь обязательным является использование защитной каски, которая предотвращает травмы головы при возможном падении мелких фрагментов породы или инструмента. Каска должна быть оборудована ремешком для надёжной фиксации при работе на высоте и соответствовать классу прочности, предусмотренному для строительных и горных условий.

Также обязательны спецодежда и обувь, устойчивые к пыли, влаге и механическим повреждениям. Рабочие комбинезоны из плотной ткани защищают от цементной пыли и минимизируют контакт с кожей при торкретировании. Обувь должна быть с металлическим подноском и антипрокольной подошвой, обеспечивающей устойчивость на неустойчивых и сыпучих поверхностях.

Особое внимание уделяется защите органов дыхания и зрения. При нанесении торкрет-бетона и работе с сухими смесями в воздух поднимается значительное количество мелкодисперсных частиц, которые могут вызывать раздражение слизистых оболочек, аллергические реакции и заболевания дыхательных путей. В этих условиях применение респираторов (класса FFP2 или выше) является строго обязательным. Для защиты глаз используются герметичные защитные очки или маски с антизапотевающим покрытием.

При работе на высоте, в том числе с использованием автогидроподъёмников, каждый работник должен быть оснащён страховочной системой, включающей предохранительный пояс, карабины, тросы и элементы крепления. Использование таких систем предотвращает падение с высоты и позволяет зафиксировать оператора в безопасной рабочей позиции.

Работа с инструментом и оборудованием высокого давления требует применения перчаток, устойчивых к порезам, вибрации и гидравлическому воздействию. Перчатки должны быть удобными, соответствовать размеру руки и не ограничивать манипуляции оператора.

Дополнительно, в зоне проведения работ должны быть предусмотрены запасы чистой питьевой воды, санитарно-бытовые помещения, средства гигиены и аптечки первой помощи. Все указанные ресурсы должны быть легко доступны для работников и регулярно пополняться по мере необходимости. Таким образом, использование средств индивидуальной защиты – это не формальность, а ключевой элемент безопасного и эффективного производства. Правильно подобранный и регулярно проверяемый комплект СИЗ в сочетании с ответственным отношением к технике безопасности со

стороны персонала существенно снижает вероятность травматизма и формирует культуру безопасного труда на предприятии. Предусматривается использование сертифицированных СИЗ в соответствии с нормами [18].

3.5 Технические меры по обеспечению безопасности

Технические мероприятия играют важнейшую роль в обеспечении безопасности при выполнении работ по укреплению откосов карьера методом торкретирования и анкерного крепления. Надежность оборудования, правильная эксплуатация машин и соблюдение технических регламентов являются неотъемлемой частью системы промышленной безопасности.

Вся техника, задействованная в технологическом процессе – включая торкрет-установки, компрессоры, генераторы, насосы и автогидроподъемники – должна соответствовать установленным стандартам и иметь действующие паспорта технического состояния. Перед началом смены проводится визуальный и технический осмотр оборудования, с внесением результатов в журнал. Особое внимание уделяется герметичности соединений, исправности предохранительных клапанов, заземлению и уровню шума.

Автогидроподъемники, применяемые для доступа к верхним участкам откосов, должны быть оснащены устройствами автоматической стабилизации, страховочными барьерами и сигнальной системой. При работе на высоте категорически запрещено выходить за пределы ограждений подъемной платформы, а также использовать оборудование при сильном ветре или ограниченной видимости. Перед началом работ необходимо провести осмотр технического состояния подъемника и убедиться в исправности всех систем безопасности. Торкрет-установки эксплуатируются при строгом соблюдении параметров давления (обычно 0,2–0,3 МПа) и скорости подачи смеси. Наличие манометров и возможность регулировки подачи смеси и воздуха позволяют оператору контролировать процесс и избегать аварийных ситуаций. Периодически проводится проверка плотности и однородности подаваемой смеси.

Инъекционные работы с использованием тонкодисперсного раствора проводятся под давлением до 15 атм ($\approx 1,5$ МПа), что требует строгого соблюдения технологической дисциплины и повышенного внимания к безопасности. В связи с этим все магистрали, шланги, сопла и соединительные узлы предварительно проходят проверку на прочность, наличие утечек и устойчивость к гидроударам, способным вызвать разгерметизацию системы. Перед началом закачки осуществляется обязательная промывка всей системы с целью удаления возможных загрязнений и остатков предыдущих смесей, а также проводится контроль герметичности соединений под рабочим давлением. Особое внимание уделяется качеству раствора: его консистенция, однородность и время схватывания должны соответствовать заданным параметрам, чтобы обеспечить эффективное заполнение трещин и полостей в массиве и достижение проектной прочности после твердения. Кроме того, вся

электротехника, включая генераторы и насосы, должна иметь исправную систему заземления и защиту от короткого замыкания. Провода и удлинители не должны находиться в местах с возможным скоплением воды. При работе на влажной поверхности оборудование должно иметь соответствующую степень защиты (не ниже IP44).

3.6 Медицинские и профилактические мероприятия

Медицинское сопровождение и профилактика профессиональных рисков являются важной составляющей системы охраны труда на горных предприятиях. Работы по укреплению откосов в условиях открытых горных выработок связаны с воздействием пыли, шума, вибрации, работы на высоте, что требует регулярного контроля состояния здоровья работников и своевременного принятия профилактических мер.

Все сотрудники, допущенные к работам с применением торкрет-установок, компрессоров и анкерного оборудования, обязаны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры. Это позволяет своевременно выявлять противопоказания и ограничения по здоровью, а также отслеживать воздействие вредных факторов на организм в процессе трудовой деятельности.

На рабочем месте должна быть оборудована аптечка первой помощи с полным набором медикаментов согласно перечню, утвержденному санитарными нормами. Персонал проходит обучение основам оказания первой помощи пострадавшим при травмах, ожогах, поражении током или попадании цементной пыли в глаза и дыхательные пути.

Профилактические меры также включают организацию питьевого режима, санитарно-бытовых условий и регламентированных перерывов при работе в условиях высоких температур и интенсивной физической нагрузки. В летний период при торкретировании и бурении необходимо предусматривать затенённые участки отдыха и запас питьевой воды.

Важно регулярно проводить оценку параметров производственной среды – уровень шума, вибрации, пыли и освещённости. При превышении допустимых уровней организуются мероприятия по снижению воздействия: применение шумоглушителей, водяной завесы, вентиляции, экранирования и т. д.

Таким образом, медицинское сопровождение и профилактика являются неотъемлемыми элементами эффективной системы охраны труда, способствующими снижению профессиональных рисков и обеспечению сохранения здоровья работников в процессе производственной деятельности.

4 Экономическое обоснование проекта укрепления откосов

4.1 Цель и задачи экономической оценки

Экономическое обоснование предлагаемых технических решений по укреплению откосов карьера «Пустынное» направлено на определение их финансовой целесообразности и эффективности. Применение комбинированного метода, включающего торкретирование с использованием сухой смеси и установку самозабуривающихся анкеров с инъекционным цементированием, требует значительных материальных ресурсов. В этих условиях важно обосновать, что вложения не только технически оправданы, но и рентабельны с точки зрения предотвращения возможных потерь, связанных с деформацией откосов, обрушениями и вынужденными простоями оборудования.

Целью данного раздела является анализ затрат на реализацию комплекса мероприятий по повышению устойчивости откосов, а также оценка экономической эффективности внедрения данной технологии в условиях конкретного производственного объекта. Обоснование предполагает не только расчёт прямых расходов, связанных с материалами, трудовыми и техническими ресурсами, но и рассмотрение возможных последствий при отказе от реализации укрепляющих мер, включая потенциальные финансовые потери, аварийные простои и снижение производительности.

Ключевые задачи, решаемые в рамках данного раздела, включают:

- формирование сметной стоимости работ и затрат на материалы;
- расчет капитальных вложений, необходимых для реализации мероприятий;
- сопоставление затрат с оценочными убытками, которые могут быть предотвращены за счёт укрепления массива;
- определение сроков окупаемости мероприятий;
- обоснование экономической эффективности предлагаемой технологии в сравнении с традиционными методами.

Результаты данного анализа позволяют не только подтвердить экономическую обоснованность инженерных решений, но и сформировать практические рекомендации для аналогичных условий эксплуатации в других карьерах. Таким образом, экономическая часть дополняет научно-техническую составляющую работы, обеспечивая всестороннюю оценку эффективности предлагаемой технологии.

4.2 Объёмы и условия проведения работ

Опытный участок по укреплению откосов располагался на южном борту карьера «Пустынное» в интервале горизонтов +360 м – +340 м. Общая площадь обрабатываемой поверхности составила 1100 м². В качестве основной технологии был реализован метод армированного торкретирования

с последующей установкой самозабуривающихся анкеров типа Normet R32. Армирующим элементом служила металлическая сетка типа «Рабица», обеспечивающая равномерное распределение усилий и фиксацию торкрет-бетонного слоя на поверхности откоса. Для нанесения покрытия использовалась промышленная сухая смесь MasterRoc STS 1510, обладающая высокой прочностью, адгезией и устойчивостью к внешним воздействиям. Все работы проводились квалифицированным персоналом в составе специализированных звеньев, оснащённых необходимым оборудованием, включая автогидроподъёмники, компрессоры, торкрет-установки и насосы для инъектирования. Условия выполнения работ предусматривали обеспечение промышленной безопасности, контроль качества нанесения слоёв и соблюдение проектных параметров укрепления на каждом этапе.

4.3 Расчёт затрат на реализацию укрепительных мероприятий

Экономическая оценка технологии укрепления уступов карьера «Пустынное» произведена на основании усреднённых рыночных цен, действующих на территории Республики Казахстан в 2024–2025 годах. Расчёт охватывает основные статьи затрат, включая стоимость строительных материалов, анкерных элементов, армирующей сетки, а также прямые трудозатраты. Базой для расчёта служит площадь опытного участка, равная 1100 м². Дополнительно учитываются логистические издержки и затраты на доставку оборудования и материалов к месту проведения работ. Для формирования защитного слоя использовалась сухая смесь MasterRoc STS 1510 в расчётной норме расхода 75 кг на 1 м². При средней рыночной стоимости 120 тенге за килограмм, суммарные затраты на данный вид материала составили 9 900 000 тенге.

Монтаж самозабуривающихся анкеров Normet R32 производился из расчёта 0,5 анкера на каждый квадратный метр поверхности. При цене одного анкера 12 000 тенге, общие затраты на анкерное крепление составили 6 600 000 тенге.

Для армирования поверхности перед торкретированием применялась металлическая сетка «Рабица», стоимость которой принята на уровне 900 тенге за квадратный метр. Таким образом, расходы на армирующий слой составили 990 000 тенге.

Затраты на труд, включая оплату труда рабочих звеньев, операторов техники, сопловщиков и бурильщиков, были рассчитаны в размере 2 000 тенге на 1 м² укрепляемой поверхности. Общая сумма по этой статье составила 2 200 000 тенге.

Экономические расчёты по реализации комплекса укрепительных мероприятий в карьере производились с учётом объёма опытного участка, рыночных цен на строительные материалы и стоимость выполняемых работ [24, 25]. Сводные данные по всем основным статьям затрат, включая

материалы, анкерные элементы, армирующую сетку и оплату труда, представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сводная по расчетам

Статья затрат	Расчет	Сумма (тенге)
Сухая смесь MasterRoc STS 1510	$1100 \text{ м}^2 \times 75 \text{ кг/м}^2 \times 120 \text{ тг/кг}$	9 900 000
Анкеры Normet R32	$1100 \text{ м}^2 \times 0.5 \text{ шт/м}^2 \times 12\,000 \text{ тг}$	6 600 000
Сетка «Рабица»	$1100 \text{ м}^2 \times 900 \text{ тг}$	990 000
Затраты на труд	$1100 \text{ м}^2 \times 2\,000 \text{ тг}$	2 200 000
Итого		19 690 000

Полученные значения позволяют перейти к анализу потенциальной эффективности инвестиций и сравнению с вероятными убытками при отказе от укрепляющих мероприятий.

4.4 Анализ экономической эффективности проекта

Реализация комплекса мероприятий по укреплению уступов карьера «Пустынное» оказывает прямое влияние на повышение безопасности и устойчивости откосов, что, в свою очередь, способствует снижению производственных и эксплуатационных рисков. Повышение устойчивости откосов позволяет минимизировать вероятность аварийных ситуаций, включая внезапные обрушения и осыпи, которые могут приводить к простоям техники, порче оборудования, а также создавать угрозу жизни и здоровью работников.

Снижение риска аварий и обрушений означает также снижение затрат, связанных с повторной разработкой вывалившегося массива, проведением аварийных укрепительных работ, эвакуацией техники и устранением последствий деформаций. Снижаются и трудозатраты на восстановительные мероприятия, а также сокращается вероятность возникновения внеплановых технологических перерывов.

На основании наблюдений и результатов моделирования было установлено, что после применения комплекса укрепляющих мероприятий коэффициент устойчивости откоса увеличился с 1,31 до 1,50. Это значение соответствует нормативным требованиям и свидетельствует о достаточном уровне устойчивости, необходимом для безопасной эксплуатации карьера.

Принимая во внимание, что средний ущерб от одного обрушения уступа может достигать 10–15 млн тенге (с учётом простоев техники, потерь полезной породы, затрат на восстановительные работы и потенциального ущерба оборудованию), становится очевидным, что предотвращение даже одного такого инцидента позволяет полностью компенсировать затраты на реализацию укрепительных мероприятий, рассчитанных ранее на уровне 19,69 млн тенге.

Дополнительным экономическим эффектом является увеличение срока службы укрепленного откоса. Это снижает частоту проведения ремонтных работ и укреплений в будущем, позволяя перераспределить производственные ресурсы и средства на другие участки или нужды предприятия. Таким образом, достигается не только текущая экономия, но и стратегическое повышение эффективности управления горными работами.

В целом, анализ показывает, что внедрение предлагаемой технологии укрепления уступов является экономически целесообразным и оправданным, как с точки зрения предотвращения прямых убытков, так и в рамках долгосрочной эксплуатационной стабильности карьера.

4.5 Выводы и рекомендации по экономической части

Проведенный анализ технико-экономических показателей укрепления откосов на карьере «Пустынное» методом армированного торкретирования с анкерным креплением позволяет сделать однозначный вывод о высокой экономической эффективности предложенного решения. Применение сухой смеси MasterRoc STS 1510, металлической армирующей сетки и самозабуривающихся анкеров позволило обеспечить нормативный уровень устойчивости откосов и значительно снизить вероятность обрушений.

Расчеты показали, что общий объем капитальных вложений в укрепление участка составил 19,69 млн тенге. В то же время предотвращение даже одного потенциального обрушения, ущерб от которого оценивается в 10–15 млн тенге, позволяет практически полностью компенсировать затраты. С учетом повышения срока службы откоса и снижения потребности в дополнительных восстановительных мероприятиях срок окупаемости вложений составляет не более одного производственного сезона.

Экономическая эффективность проявляется не только в прямой финансовой выгоде, но и в обеспечении бесперебойности производственного процесса, снижении простоев оборудования, повышении безопасности труда и устойчивости горных работ. Всё это в совокупности способствует повышению общей рентабельности эксплуатации карьера и снижению производственных рисков [26].

Таким образом, внедрение комбинированного метода укрепления откосов является не только инженерно оправданным, но и экономически целесообразным решением, рекомендованным к применению в аналогичных условиях на других объектах горнодобывающей промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Проведен анализ геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий карьера «Пустынное». Установлены факторы, влияющие на снижение устойчивости уступов, включая сложную тектоническую структуру, физико-механические свойства пород и климатические условия региона;

2) Изучены современные технологии повышения устойчивости откосов. Обоснован выбор комбинированного метода крепления, включающего армирование, анкерование и торкретирование как наиболее эффективного способа для условий рассматриваемого карьера;

3) Выполнено моделирование устойчивости откосов до и после применения укрепительных мероприятий. Установлено, что после реализации комбинированного метода коэффициент устойчивости увеличился с 1,31 до 1,50, что соответствует нормативным требованиям и обеспечивает безопасную эксплуатацию откосов;

4) Разработана технология выполнения работ по торкретированию с учётом рельефа откоса, типа породы и особенностей карьера. Подобраны оптимальные материалы, включая смеси MasterRoc STS1510 и MasterRoc MG 07, а также самозабуривающиеся анкера;

5) Проведена оценка экономической эффективности предлагаемого метода. Установлено, что применение торкретирования позволяет предотвратить аварии, простои техники и повторную разработку разрушенного массива, а затраты на укрепление окупаются в течение одного производственного сезона.

Оценка полноты выполнения поставленных задач. В ходе выполнения магистерской работы были решены все поставленные задачи: проведён анализ исходных условий, изучены и обоснованы технологии укрепления, выполнено моделирование устойчивости, разработана технология выполнения работ, произведён экономический расчёт эффективности укрепления уступов.

Практическое значение работы. Разработанная технология может быть внедрена на карьере «Пустынное» и аналогичных объектах с целью повышения безопасности и устойчивости откосов. Представленные решения обеспечивают стабильность бортов карьера и снижение производственных рисков.

Оценка технико-экономической эффективности внедрения. Внедрение комбинированного метода укрепления уступов, включающего торкретирование и анкерование, демонстрирует высокую технико-экономическую эффективность. Повышение устойчивости склонов приводит к значительному снижению вероятности аварий, простоев техники, затрат на восстановление вывалов и дополнительных горных работ. Согласно расчётам, предотвращение даже одного обрушения позволяет сэкономить до 10–15 млн тенге, что существенно превышает затраты на проведение укрепительных мероприятий. Таким образом, предлагаемая технология не только повышает

безопасность, но и обеспечивает быструю окупаемость, снижая общие производственные издержки и повышая рентабельность работ.

Оценка научно-технического уровня выполненной работы. Выполненное исследование соответствует современным требованиям горной науки и практики. Применение комбинированного метода с использованием торкретирования и анкерования демонстрирует высокую эффективность и может быть рекомендовано к применению в проектах по повышению устойчивости склонов и откосов в горнодобывающей промышленности Казахстана и других стран.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Техничко-экономическое обоснование промышленных кондиций на золотосодержащие руды месторождения Пустынное для открытой добычи в Карагандинской области по состоянию на 01.01.2018 г – Выполненный ТОО «ГЕОС», г. Усть-Каменогорск – 2019 г.
- 2 Б.Р. Ракишев, А.У. Кожантов, А.Е. Куттыбаев. Взаимосвязь между важнейшими параметрами и показателями системы открытой разработки полезных ископаемых. – 2005. – ГИАБ, Том 10, №10. – С .220-227.
- 3 Бобров И.Е., «Геомеханика открытых горных работ», Москва: "Недра" – 2015 г.
- 4 Зейтинова Ш.Б. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород вблизи вертикального ствола – Горный журнал Казахстана. – 2018. – № 10. – С. 18–22.
- 5 Ковров А.С. и др. Моделирование устойчивости карьерных откосов на эквивалентных материалах. – 2016.
- 6 Бакаев, А.А. Укрепление откосов и склонов: теория и практика / А.А. Бакаев. – Алматы: КазНТУ – 2017. – С. 232.
- 7 Жарков, В.И. Инженерная геология: учебник / В.И. Жарков. – Москва: Недра, 2014. – С 368.
- 8 Юрков, В.А. Торкретирование: технология и оборудование / В.А. Юрков. – М.: Стройиздат, 2012. – С 192.
- 9 Жуков, С.В. Методы повышения устойчивости откосов в карьерах / С.В. Жуков – Горный журнал. – 2020. – №7. – С. 45–49.
- 10 Иванов, К.П. Применение анкерных систем в укреплении склонов / К.П. Иванов – Безопасность в промышленности. – 2019. – №4. – С. 62–66.
- 11 ГОСТ Р 53298–2009. Безопасность труда. Охрана труда в строительстве. Общие требования.
- 12 Касымов, А.Р. Геомеханика и устойчивость откосов карьеров / А.Р. Касымов. – Караганда: КарГТУ. – 2015. – С 205.
- 13 Осипов, В.И. Геотехника: учебник / В.И. Осипов. – М.: АСВ, 2018. – С 304.
- 14 Гладков, Ю.А. Торкрет-бетоны и их применение в горном деле / Ю.А. Гладков – Горное обозрение. – 2021. – №3. – С. 21–24.
- 15 Satbayev University. Методические указания по оформлению ВКР магистрантов. – Алматы, 2023. – 28 с
- 16 Козлов М.Н., «Устойчивость откосов и бортов карьеров», М., Горная книга – 2016.
- 17 ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация»
- 18 ГОСТ Р 53298–2009. Безопасность труда. Охрана труда в строительстве. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.
- 19 Иванов К.П. Применение анкерных систем в укреплении склонов // Безопасность в промышленности. – 2019. – №4. – С. 62–66.
- 20 Жарков В.И. Инженерная геология. – Москва: Недра – 2014. – 368 с.

21 Касымов А.Р. Геомеханика и устойчивость откосов карьеров. – Караганда: КарГТУ, 2015. – 205 с.

22 Технико-экономическое обоснование промышленных кондиций на месторождение Пустынное. – Усть-Каменогорск: ТОО «ГЕОС», 2019. – 64 с.

23 Бакаев А.А. Укрепление откосов и склонов: теория и практика. – Алматы: КазНТУ, 2017. – 232 с.

24 Зейтинова Ш.Б. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород // Горный журнал Казахстана. – 2018. – №10. – С. 18–22.

25 Жуков С.В. Методы повышения устойчивости откосов в карьерах // Горный журнал. – 2020. – №7. – С. 45–49.

26 Satbayev University. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ магистрантов. – Алматы, 2023. – 28 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Международный научный журнал «Вестник науки»
eLibrary № 206-05/2018; СМЭЛ № ФС 77 - 84401;
КиберЛенинка № 35342-01; Google Academy sQPTZ3UAAAAJ;
сайт: www.vestnik-nauki.pf; email: zhurnal@vestnik-nauki.com

СПРАВКА

Дана в том, что статья на тему
«ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УКРЕПЛЕНИЯ БОРТОВ И
УСТУПОВ КАРЬЕРА «ПУСТЫННОЕ»» (автор: Аскар Куралай)
опубликована в международном научном журнале «Вестник науки»
№ 4 (85) т. 2, ISSN 2712-8849 (г. Тольятти, Россия) от 13 апреля 2025 г.

Главный редактор



Рассказова Любовь Федоровна
«13» апреля 2025 г.

Рассказова

СЕРТИФИКАТ

о публикации в международном
научном журнале «Вестник науки» ISSN 2712-8849

статьи

«ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ

УКРЕПЛЕНИЯ БОРТОВ И УСТУПОВ

КАРЬЕРА «ПУСТЫННОЕ»»

обладатель сертификата

Аскар Куралай



eLibrary № 206-05/2018
КиберЛенинка № 35342-01
Google Academy sQPTZ3UAAAAJ
СМИ ЭЛ № ФС 77 - 84401
www.vestnik-nauki.rf



Главный редактор
Рассказова Л.Ф.
Рассказова
г. Тольятти, Россия
13 апреля 2025 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Асқар Құралай Ержанқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера «Пустынное»

Научный руководитель: Айдар Куттыбаев

Коэффициент Подобия 1: 6.6

Коэффициент Подобия 2: 4.2

Микропробелы: 5

Знаки из других алфавитов: 8

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Термины, названия и определения

2025-06-10

Дата
Ерболат Абен



ассоциированный профессор

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Асқар Құралай Ержанқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера «Пустынное»

Научный руководитель: Айдар Куттыбаев

Коэффициент Подобия 1: 6.6

Коэффициент Подобия 2: 4.2

Микропробелы: 5

Знаки из других алфавитов: 8

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

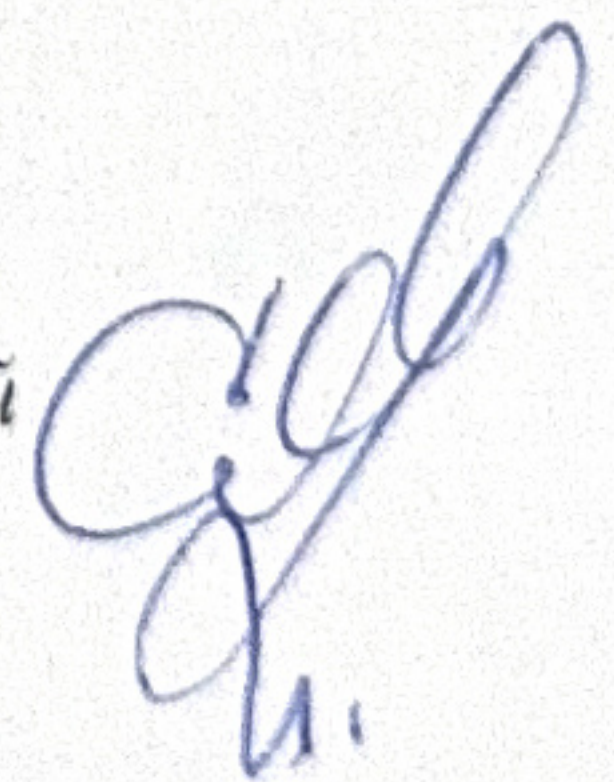
☐ Обоснование:

Термины, названия и определения

2025-06-10

Дата

Заведующий кафедрой



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Асқар Құралай Ержанқызы

**Тақырыбы: Совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера
«Пустынное»**

Жетекшісі: Айдар Куттыбаев

1-ұқсастық коэффициенті (30): 6.6

2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.2

Дәйексөз (35): 0.3

Әріптерді ауыстыру: 8

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 5

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

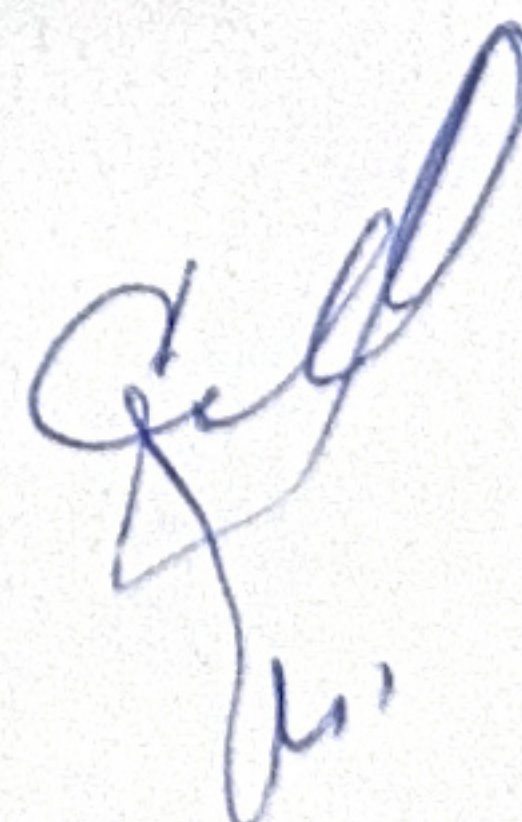
Негіздеме:

Термины, названия и определения

2025-06-10

Күні

Кафедра меңгерушісі



РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию
Асқар Құралай Ержанқызы
по специальности 7М07203 – Горная инженерия
на тему: «Совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера
«Пустынное»»

Выполнено:

- а) графическая часть на 17 листах
б) пояснительная записка на 73 страницах

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ:

Магистерская диссертация представляет собой комплексное и всестороннее исследование, направленное на совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера «Пустынное» с применением современных инженерных решений. Работа актуальна в условиях активного развития горнодобывающей отрасли Республики Казахстан, где безопасность и стабильность откосов карьеров играют ключевую роль в обеспечении непрерывности и эффективности производственного процесса.

На основе проведённого аналитического обзора литературных источников магистрантом грамотно сформулированы цель и задачи исследования. Рассмотрены особенности геологического строения, инженерно-геологических и гидрогеологических условий месторождения, даны геомеханические характеристики пород, влияющих на устойчивость бортов.

В ходе исследования применены современные методы расчёта и моделирования, что позволило объективно оценить текущее состояние устойчивости уступов. Разработана технология комбинированного укрепления, включающая торкретирование, анкерное крепление и армирование сеткой, с обоснованием выбора материалов и оборудования. Рассчитаны коэффициенты устойчивости до и после применения укрепительных мероприятий, выполнена технико-экономическая оценка эффективности предложенного подхода.

Ключевым достоинством магистерской диссертации является комплексный подход к решению задачи, который сочетает инженерный анализ, практическое проектирование и экономическое обоснование. Разработанная технология позволяет эффективно стабилизировать откосы в сложных условиях, минимизировать риски обрушения, повысить безопасность горных работ и сократить возможные экономические потери.

Результаты диссертации имеют практическую направленность и могут быть использованы при проектировании и эксплуатации карьеров с аналогичными геологическими условиями. Представленные в работе предложения обладают внедряемым характером и отвечают современным требованиям к устойчивости и промышленной безопасности. Материалы исследования также были представлены на научных мероприятиях, что подтверждает их научную и прикладную значимость.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

К магистерской диссертации имеется замечание:

В диссертации можно было бы более подробно рассмотреть сравнительный анализ с альтернативными методами укрепления откосов, а также привести больше практических примеров применения технологии на других предприятиях.

ОЦЕНКА РАБОТЫ

Магистерская диссертация Асқар Қ.Е. выполнена на высоком профессиональном уровне, содержит все необходимые разделы, демонстрирует глубокие знания в области горной инженерии. Работа заслуживает оценки «отлично» (95 баллов) и подтверждает присвоение академической степени магистра по образовательной программе 7М07203 – Горная инженерия.

Рецензент

Заурбекова Нурбике Джумабаевна

Занимаемая должность: Кандидат технических наук кафедры «Физики», Институт физики, математики и цифровых технологий, Казахский национальный женский педагогический университет.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию
Асқар Құралай Ержанқызы

по специальности 7М07203 – Горная инженерия

на тему: «Совершенствование технологии повышения устойчивости уступов карьера
«Пустынное»»

В магистерской диссертации выполнен всесторонний анализ существующих инженерных решений по обеспечению устойчивости откосов карьеров, с акцентом на современные методы укрепления, применяемые в условиях сложной геомеханики. На основании глубокого литературного обзора сформулирована актуальная научная проблема, грамотно поставлены цели и задачи исследования.

Работа включает подробное исследование инженерно-геологических и гидрогеологических условий месторождения, моделирование устойчивости склонов до и после укрепления, а также обоснование выбора технологии торкретирования в сочетании с анкерным креплением и армирующей сеткой.

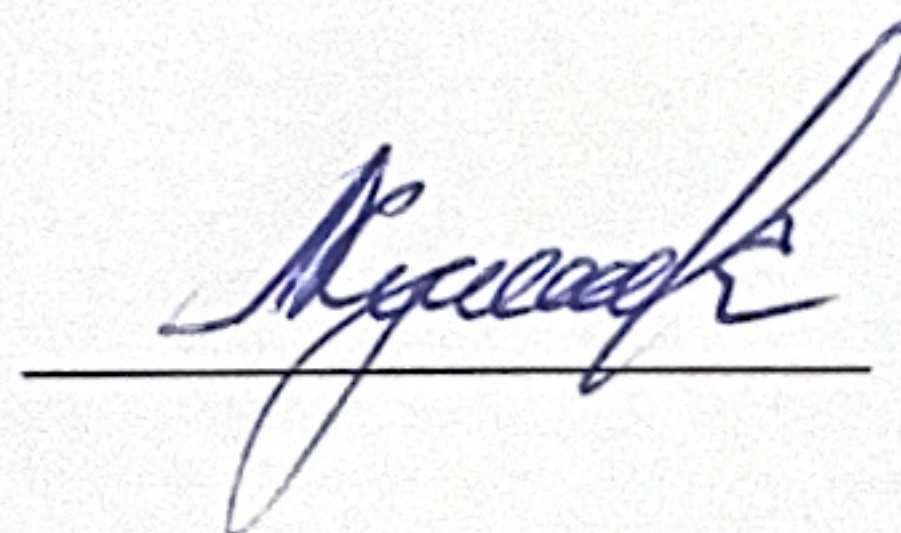
Разработанная технология укрепления прошла расчетное обоснование и технико-экономическую оценку, что подтверждает её практическую ценность и возможность внедрения на карьере «Пустынное» и аналогичных объектах. Магистрантом были проведены обоснованные инженерные расчеты, демонстрирующие уверенное владение профессиональными методиками в области горной инженерии.

Все поставленные задачи в рамках диссертации решены в полном объеме, выводы аргументированы, а структура работы соответствует требованиям к магистерским исследованиям.

Основные результаты диссертационной работы доложены на научных мероприятиях и имеют потенциал публикации в профильных изданиях.

Таким образом, магистерская диссертация Асқар Құралай Ержанқызы полностью соответствует предъявляемым требованиям, а её автор заслуживает оценки «отлично» – 95% и присуждения академической степени магистра по образовательной программе 7М07203 – Горная инженерия.

Научный руководитель
Кандидат технических наук, профессор



А.Е. Куттыбаев

«10» 06 2025 г.



Международный научный журнал «Вестник науки»

eLibrary № 206-05/2018; СМЭЛ № ФС 77 - 84401;

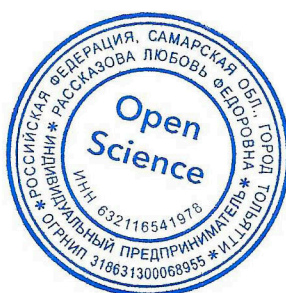
КиберЛенинка № 35342-01; Google Academy sQPTZ3UAAAAJ;

сайт: www.vestnik-nauki.pf; email: zhurnal@vestnik-nauki.com

СПРАВКА

Дана в том, что статья на тему
«ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УКРЕПЛЕНИЯ БОРТОВ И
УСТУПОВ КАРЬЕРА «ПУСТЫННОЕ»» (автор: Аскар Куралай)
опубликована в международном научном журнале «Вестник науки»
№ 4 (85) т. 2, ISSN 2712-8849 (г. Тольятти, Россия) от 13 апреля 2025 г.

Главный редактор



Рассказова Любовь Федоровна

«13» апреля 2025 г.

СЕРТИФИКАТ

о публикации в международном
научном журнале «Вестник науки» ISSN 2712-8849

статьи

«ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ

УКРЕПЛЕНИЯ БОРТОВ И УСТУПОВ

КАРЬЕРА «ПУСТЫННОЕ»»

обладатель сертификата

Аскар Куралай



eLibrary № 206-05/2018

КиберЛенинка № 35342-01

Google Academy sQPTZ3UAAAJ

СМИ ЭЛ № ФС 77 - 84401

www.vestnik-nauki.rf



Главный редактор
Рассказова Л.Ф.

г. Тольятти, Россия
13 апреля 2025 г.

УДК 621

Аскар Куралай

магистрант

Казахский национальный исследовательский технический университет

им. К.И. Сатпаева

(г. Алматы, Казахстан)

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ
УКРЕПЛЕНИЯ БОРТОВ И УСТУПОВ
КАРЬЕРА «ПУСТЫННОЕ»**

***Аннотация:** в статье рассматривается комплекс мероприятий, направленных на обеспечение устойчивости откосов в юго-западной части карьера.*

***Ключевые слова:** карьер, борт карьера, угол откоса, горная порода, деформация.*

Развитие горнодобывающей отрасли сопровождается увеличением доли открытого способа разработки месторождений, что объясняется его рядом преимуществ перед подземным методом: более высокой производительностью труда, сниженной себестоимостью, меньшими потерями полезного ископаемого, а также улучшенными и более безопасными условиями труда [1-4].

Рост масштабов открытых горных разработок приводит к увеличению числа карьеров, повышению интенсивности добычных работ и наращиванию их предельной глубины.

С увеличением глубины возрастает и требуемый срок эксплуатации бортов карьеров. В настоящее время средняя проектная продолжительность функционирования карьеров превышает 30 лет. Современный этап развития открытых горных работ характеризуется освоением месторождений, расположенных в сложных геолого-горнотехнических условиях [5-8].

Использование на карьерах мощной и высокопроизводительной горной техники требует увеличения размеров элементов горных выработок, а также способствует максимальной концентрации добычных работ. В таких условиях особую актуальность приобретает задача определения оптимальных углов откосов и обеспечения их устойчивости при ведении открытых горных разработок [9-12].

Расчёт устойчивости откосов на этапе проектирования обычно выполняется на основе ограниченного и приближённого фактического материала, в связи с чем требует последующей корректировки в процессе строительства и эксплуатации карьеров. Нарушения устойчивости склонов приводят к увеличению объёмов вскрышных работ, дополнительным затратам на переэкскавацию, сбоям в производственном процессе, простоям и авариям горнотранспортной техники, а также к значительным материальным потерям [13-16].

Эффективное обеспечение устойчивости откосов в условиях карьерной разработки, своевременное выявление и предупреждение деформационных процессов, а также корректировка углов откосов с учётом изменений горно-геологической обстановки невозможны без систематического контроля, осуществляемого геолого-маркшейдерской службой.

Комплекс мероприятий по обеспечению устойчивости включает мониторинг деформаций, расчёты устойчивости с последующим определением оптимальных параметров откосов, а также разработку и реализацию технических решений, направленных на предотвращение их разрушения [17-19].

В статье представлены результаты исследований и опытно-практических работ, направленных на укрепление уступов и бортов карьера «Пустынное». Рассмотрены следующие ключевые направления: разработка и внедрение мероприятий, предотвращающих развитие деформаций, представляющих угрозу для безопасности персонала и снижающих экономическую эффективность горных работ, определение физико-механических характеристик горных пород, необходимых для оценки их устойчивости, моделирование устойчивости откосов с учётом полученных физико-механических параметров без применения методов усиления.

Опытные работы по укреплению бортов карьера «Пустынное» проводились на участке южного борта.

Характеристика исследуемого участка: целевая порода: серпентинит, заполнение трещин: тальк, массив: среднетрециноватый, раскрытие трещин: 1–2 мм.

Прогнозирование и предотвращение деформаций откосов на карьере невозможно без анализа их состояния в текущий момент, с учётом изменения горно-геологической обстановки, а также изучения поведения и состояния пород прибортового массива при их подрезке рабочими уступами. Для этого было проведено обследование состояния откоса карьера.

Анализ результатов обследования бортов карьера показал (рисунок 1 а, б, в), что наиболее часто встречающимся видом деформации откосов являются осыпи. Эти деформации возникают вследствие выветривания и вспучивания водонасыщенных пород на поверхности откосов при отрицательных температурах окружающей среды. Осыпь проявляется в виде отрыва пород от массива и их последующего сползания вниз по откосам.

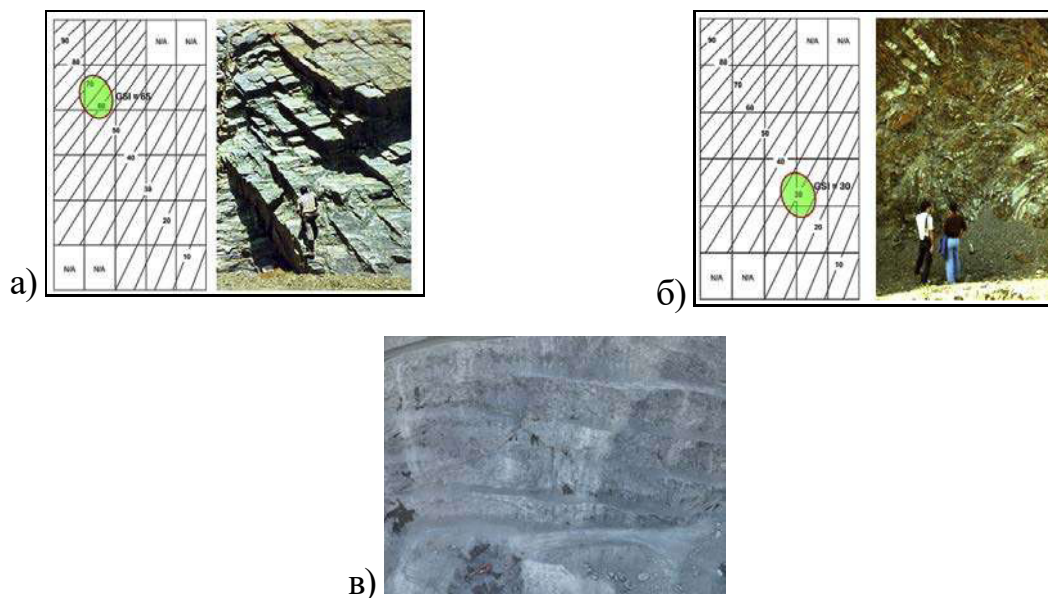


Рисунок 1. Обследования бортов карьера.

Проведённые исследования позволяют выполнить расчёты устойчивости откосов бортов карьера.

Для этого построим кривую равнопрочного откоса с использованием приближённого метода, предложенного профессором Масловым Н.Н. Этот метод основывается на двух ключевых предположениях: угол устойчивого откоса для любой горной породы соответствует углу её сопротивления сдвигу, а критическое напряжение в породе определяется равенством двух главных напряжений, равных весу столба грунта от горизонтальной поверхности до выбранной точки.

Коэффициент сдвига F_h является тангенсом угла сдвига $tg\phi$:

$$F_h = tg\phi_{pz} = tg\phi + \frac{c}{p} \quad (1)$$

Для построения кривой равнопрочного откоса задаётся ордината z , после чего определяется угол наклона отрезка поверхности откоса к горизонту, обозначаемый αz , который равен углу сдвига ϕ_{pz} .

Кривая равнопрочного откоса была рассчитана при коэффициенте устойчивости, равном 1,0. Для изменения коэффициента устойчивости следует использовать следующую формулу:

$$K_{max} = \frac{c}{\gamma K_{уст}} \quad (2)$$

$$K_{max} = 84.9/1 = 62^{\circ}44'$$

В результате этих процессов образуются углы откосов, приближающиеся к углу естественного откоса разрушенных пород ($35-40^{\circ}$).

Для защиты откосов карьера от эрозии предложена специальная сухая смесь для торкретирования MasterRoc STS 1510. Использование сжатого воздуха при нанесении торкрет-бетона позволяет эффективно "впечатывать" материал в поверхность откоса, заполняя трещины и пустоты, что предотвращает оползание пород. Таким образом, торкрет-бетон выполняет не только роль защитного покрытия для откоса, но и служит основой для установки анкеров, способствующих повышению его устойчивости.

Рекомендуется усилить меры по осушению карьера и оценить влияние мероприятий по пылеподавлению на повышение объема подземных вод. В условиях серпентинита предлагается комбинированное применение вышеуказанных методов укрепления откосов, а именно торкретирование с анкерным креплением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Hryhoriev, Y., Lutsenko, S., Systierov, O., Kuttybayev, A., Kuttybayeva, A. Implementation of sustainable development approaches by creating the mining cluster: The case of MPP "inguletskiy" (2023) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1254 (1), № 012055. DOI: 10.1088/1755-1315/1254/1/012055;
2. Б.Р. Ракишев, А.У. Кожантов, А.Е. Куттыбаев. Взаимосвязь между важнейшими параметрами и показателями системы открытой разработки полезных ископаемых. 2005, ГИАБ, Том 10, №10. Стр.220-227;
3. Б.Р. Ракишев, Г.К. Саменов, А.Е. Куттыбаев, Ж.Н. Хамметова. Влияние высоты и числа уступов на параметры рабочей зоны. 2007, ГИАБ, №2, Стр.259-265;
4. S.Lutsenko, Y.Hryhoriev, A.Kuttybayev, A.Imashev, A.Kuttybayeva. Determination of mining system parameters at a concentration of mining operations. Известия национальной академии наук Республики Казахстан, Том 1, №1(457), Стр.130-140;
5. Hryhoriev, Y., Lutsenko, S., Kuttybayev, A., Ermekekali, A., Shamrai, V. Study of the impact of the open pit productivity on the economic indicators of mining development (2023) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1254 (1), № 012050. DOI: 10.1088/1755-1315/1254/1/012050;
6. А.Ж. Имашев, Д.К. Таханов, А.А. Мусин, А.Е. Куттыбаев. О проблеме разубоживания руды при отработке маломощных рудных тел системой подэтажного обрушения. 2019, Горный журнал Казахстана, Номер 8, Стр.37-40;
7. Зейтинова Ш.Б. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород вблизи вертикального ствола //Горный журнал Казахстана. 2018. № 10. С. 18-22;

8. Ковров А.С. и др. Моделирование устойчивости карьерных откосов на эквивалентных материалах. – 2016;
9. Леонид Васильев и др. 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1156 012036, DOI 10.1088/1755-1315/1156/1/012036;
10. Ракишев Б.Р., Саменов Г.К., Куттыбаев А.Е. Уровень использования информационных технологий при подготовке специалистов по горному делу в КазНТУ //Горный журнал. – 2015. – №. 5. – С. 30-32;
11. M.Zh. Balpanova, A.E. Kuttybayev, D.K. Takhanov, A.B. Zhienbayev. Conditions of the overlaying stratum collapse with outcrop during remining the Zhaman-Aybat deposit. Горный журнал Казахстана №8, 2024. Стр. 34-40;
12. Куттыбаев А.Е., Аринов С.А. д.т.н. Казахский национальный исследовательский технический университет имени КИ Сатпаева, rahimbekov_s@mail.ru;
13. Б.Р. Ракишев, Е.Б. Мухамеджанов, Г.К. Саменов, АЕ Куттыбаев. Установление границ применения экскаваторно-автомобильных комплексов различной мощности в глубоких карьерах. 2012, ГИАБ, № 7, Стр. 65-72;
14. А.Е. Куттыбаев, А.С. Куантай. Жылжымалы ұсату-қайта тиеу кешенімен жабдықталған үзілмелі-толассыз технология. Труды университета, №2 (87), 2022, Стр. 116-122. DOI 10.52209/1609-1825_2022_2_116;
15. Ракишев Б.Р., Кожантов А.У., Куттыбаев А.Е. Влияние типоразмеров и расстановки выемочно-погрузочного оборудования на интенсивность развития открытых работ. ГИАБ. 2006. №1, стр. 221-226;
16. Куттыбаев А.Е. Буровые станки. Сатбаева К.И. КазННТУ, 2020, стр. 132 ISBN 978-601-08-0263-68;
17. Kiriia R., Smirnov A., Zhyhula T., Mishchenko T., Kuttybayev A. Development of methods for calculating the parameters of steeply inclined belt conveyors used in open pit mining. Геотехнічна механіка. 2024. Вип. 169. С. 66-73. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001542998>;
18. Zavqiddin Z. et al. THIS ARTICLE ADDRESSES THE FOLLOWING ISSUES: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11239345> //International Journal of scientific and Applied

Research. – 2024. – Т. 1. – №. 2. – С. 101-104;

19. Rakishev, B.R., Auezova, A.M., Kuttybayev, A.Ye., Kozhantov, A.U. Specifications of the rock massifs by the block sizes. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2014, Issue 6, Pages 22-27;

20. Bolatova, A., Kuttybayev, A., Kainazarov, A., Hryhoriev, Y., Lutsenko, S. Use of mining and metallurgical waste as a backfill of worked-out spaces. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2022, (1), pp. 33–38. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.137>;

21. Khaitov, O., Gulmuradov, D., Karamov, A., Kuttybaev, A., & Shvets, E. (2024). Theoretical study of priority technical and technological indicators of drilling rigs in the context of the mining industry of the Republic of Uzbekistan. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 337(3(2), 401-408. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-61>;

22. Kovrov O., Babi K., Rakishev B., Kuttybayev A. Influence of watering filled-up rock massif on geomechanical stability of the cyclic and progressive technology line. (2016) Mining of Mineral Deposits, 10 (2), pp. 55-63. DOI: 10.15407/mining10.02.055;

23. Куттыбаев А.Е., & Кожантов А.У. Некоторые результаты горно-геометрического анализа модельного карьерного поля на поперечных сечениях. Межд.научн.-практ. конф. «Подготовка кадров для реализации программ развития горно-металлургического комплекса на 2012-2014 годы», 2011. стр. 139-144;

24. Б.Р. Ракишев, З.Б. Ракишева, А.Е. Куттыбаев. Способ полного извлечения кондиционных руд из сложноструктурных блоков уступов. Патент на изобретение РК, МПК: E21C 41/00 (2006.01), Номер заявки: 2023/0880.1, Номер и дата бюллетеня №6, 07.02.2025, № 37180;

25. А.Е. Казангапов, А.Е. Куттыбаев, Г.К. Саменов, А.Н. Петрунько. Зависимость производительности экскаватора от кусковатости взорванной породы на Житикаринском карьере. 2006, Вестник КазНТУ, Номер 2, Стр.153-156;

26. Куттыбаев А.Е., Таубаев Н.Дж., Кожаметова Н.М., Еремеккали А.А. Сортировка угля на разрезе "Майкубен". Труды университета, Том 1, №1 (94), 2024.

Стр. 214-219. DOI 10.52209/1609-1825_2024_1_214;

27. Adamaev, M., Kuttybaev, A., Auezova, A. Dynamics of dry grinding in two-compartment separator mills (2015) New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral. Resources Mining, pp. 435-439;

28. Б.Р. Ракишев, А.А. Копесбаева, А.М. Ауэзова, А.Е. Куттыбаев. Интеллектуальные системы технологий взрывной подготовки горных пород. Энергетика: економіка, технології, екологія. 2015. №4. Стр. 11-16. ISSN 2308-7382;

29. Завкиддин, З., Хайитов, О., Куттыбаев, А., и Эргашева, З. В этой статье рассматриваются следующие вопросы: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11239345>. Международный журнал научных и прикладных исследований, 2024. 1(2), 101-104;

30. A Matayev, Sh Zeitinova, R Mussin, D Doni, N Shaik, A Kuttybayev, R Iskakov. Research into mechanical properties of ore and rocks in the ore deposits with assessment of the mass stress state natural field. Mining of Mineral Deposits. Volume 18 (2024), Issue 2, 71-82. DOI 10.33271/mining18.02.071

Askar Kuralai

Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev
(Almaty, Kazakhstan)

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF METHODS FOR STRENGTHENING SIDES AND BENCHES PUSTYNNOE QUARRY

Abstract: *the article considers a set of measures aimed at ensuring the stability of slopes in the southwestern part of the quarry.*

Keywords: *quarry, quarry side, slope angle, rock, deformation.*