

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И
НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени А.О. Байконырова
Кафедра «Горное дело»

Айткеш Алтынбек Мақсатұлы

Геомеханическая оценка формирования внутреннего отвалообразования в
условиях Майкубенского разреза

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

7М07203 – «Горная инженерия»

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И
НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени А.О. Байконурова

Кафедра «Горное дело»

УДК 553.441'435(043)

На правах рукописи

Айткеш Алтынбек Максатұлы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации Геомеханическая оценка формирования
внутреннего отвалообразования в условиях
Майкубенского разреза

Направление подготовки 7М07203 – «Горная инженерия»

Научный руководитель

к.т.н., ассоц. проф.

 А.Е. Куттыбаев

« 31 » 06 2023 г.

Рецензент

канд. техн. наук

 Орынгожин Е.С.

« 2 » 07 2023 г.

Нормоконтроль

Ведущий инженер

 Д.С. Мендекинова

« 2 » 07 2023 г.



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой ГД
д-р техн. наук, профессор

 С.К. Молдабаев

« 2 » 06 2023 г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И
НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени А.О. Байконырова

Кафедра Горного дела

7M07203 – «Горная инженерия»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ГД
д-р техн. наук, профессор
С. Молдабаев Молдабаев С.К.
« 2 » 06 2023г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Айткеш Алтынбек Максатұлы

Тема: Геомеханическая оценка формирований внутренних отвалов в условиях Майкубенского разреза

Утверждена приказом Ректора Университета №1779-м от «02» 11 2021 г.

Срок сдачи законченной диссертации « 30 » 05 2023 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: Объектом исследования является разрез Майкубен, который ведет разработку угольного месторождения Майкубен, расположенный в Баянаульском районе Павлодарской области. Краткое содержание магистерской диссертации:

- а) Геологическое строение района месторождения
- б) Изучение прочностных свойств горных пород
- в) Технологические вопросы ведения открытых горных работ
- г) Разработка проекта наблюдательной станции на разрезе

Перечень графического материала план разреза с расчетными профилями, профили по линиям от 0-0 по XV-XV с результатами расчета по рациональному контуру, закономерности для изучения прочностных свойств горных пород.

Рекомендуемая основная литература:

1. План горных работ промышленной разработки Шоптыкольского угольного месторождения Майкубенского угольного бассейна на 2020-2042 г.г. Корректировка.
2. План горных работ промышленной разработки Шоптыкольского угольного месторождения Майкубенского угольного бассейна на 2020-2042 г.г. Корректировка.
3. Гальперин А.М. Геомеханика открытых работ - М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003. - 473 с.

ГРАФИК

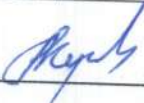
подготовки магистерской работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Объект исследования. Геологическое строение района месторождения	17.11.2021	
Геомеханическая оценка формирования внутренних отвалов разреза «Майкубен»	24.11.2021	
Технологические вопросы ведения открытых горных работ	17.14.2022	
Разработка проекта наблюдательной станции на карьере	04.04.2023	

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

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Объект исследования. Геологическое строение района месторождения	к.т.н., ассоц. проф. А.Е. Куттыбаев	31.05.23	
Исследование устойчивости бортов карьера «Коктасжал»	к.т.н., ассоц. проф. А.Е. Куттыбаев	31.05.23	
Технологические вопросы ведения открытых горных работ	к.т.н., ассоц. проф. А.Е. Куттыбаев	31.05.23	

Научный руководитель

 А.Е.Куттыбаев

Задание принял к исполнению обучающийся

 А.М. Айткеш

Дата «17» 11 2023 г.

АННОТАЦИЯ

В диссертации представлена комплексная геомеханическая оценка формирования внутренних отвалов в сложных условиях Майкубенского разреза. Внутренние отвалы, обычно встречающиеся при добыче полезных ископаемых, создают геотехнические проблемы из-за их сложного состава и переменных характеристик устойчивости. Цель этого исследования состояла в том, чтобы оценить геомеханическое поведение и оценить устойчивость внутренних отвалов на Майкубенском участке с целью предоставления ценных сведений для управления ими и обеспечения их безопасности.

АНДАТПА

Диссертацияда Майкубен разрезінің күрделі жағдайында ішкі үйінділердің қалыптасуына кешенді геомеханикалық баға берілген. Тау-кен жұмыстарында жиі кездесетін ішкі үйінділер күрделі құрамы мен өзгермелі тұрақтылық сипаттамаларына байланысты геотехникалық проблемалар тудырады. Бұл зерттеудің мақсаты геомеханикалық мінез-құлығын бағалау және оларды басқару және олардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін құнды мәліметтер беру мақсатында Майкубен учаскесіндегі ішкі үйінділердің тұрақтылығын бағалау бо



ABSTRACT

The dissertation presents a comprehensive geomechanical assessment of the formation of internal dumps in difficult conditions of the Maikuben section. Internal dumps, commonly found in mining, create geotechnical problems due to their complex composition and variable stability characteristics. The purpose of this study was to assess the geomechanical behavior and assess the stability of internal dumps at the Maykubensky site in order to provide valuable information for their management and safety.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Горно-геологическая характеристика месторождения	13
1.1 Обзор области раздела	13
1.2 Геологическое строение месторождения	15
1.3 Гидрогеологическая характеристика месторождения	18
1.4 Горно-геологические условия эксплуатации разреза	21
1.5 Попутные полезные ископаемые	24
1.6 Радиационная безопасность	25
2 Качество угля	27
2.1 Качество угля по данным геологических отчетов	27
2.2 Результаты исследований научно-исследовательских институтов	30
2.3 Фактические данные по качеству добытого угля	31
2.4 Ожидаемое качество добываемого угля	31
2.5 Качество отгружаемого угля	32
3 Границы разреза и запасы угля	34
3.1 Технические границы поля разреза	34
3.2 Геологические запасы угля	34
3.3 Промышленные запасы угля	36
3.4 Объемы и коэффициенты вскрыши	38
3.5 Параметры выемочной единицы	38
4 Проектная мощность и режим работы разреза	40
4.1 Режим работы разреза	40
4.2 Режим горных работ	40
4.3 Производительность по углю	41
4.4 Производительность по вскрыше	41
5 Вскрытие и порядок отработки поля разреза	43
6 Устойчивость уступов и бортов разреза	49
7 Отвальное хозяйство	51
7.1 Общая характеристика отвальных работ	51
7.2 Технология отвалообразования и механизация отвальных работ	52
8 Геомеханическая оценка устойчивости внутренних отвалов.	55
8.1 Предельная высота отсыпки 1 яруса отвала	56
8.2 Предельная высота отсыпки 2 яруса отвала.	59
8.3 Оценка геомеханической устойчивости отвала на наклонном основании.	61
Заключение	66
Список использованной литературы	67

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования является разрез Майкубень, который ведет разработку угольного месторождения Майкубень, расположенный в Баянаульском районе Павлодарской области.

Цель исследования

Результаты этого исследования имеют большое значение для горнодобывающей промышленности Майкубенского участка и аналогичных геологических условий. Углубляя понимание геомеханического поведения внутренних отвалов, операторы горных работ могут принимать упреждающие меры для снижения рисков и оптимизации методов управления отвалами. В конечном счете, это исследование вносит вклад в более широкую область геомеханики и обеспечивает основу для будущих исследований в области геотехнической оценки и управления внутренними отвалами.

Данная диссертация посвящена проведению геомеханической оценки для определения безопасных параметров внутреннего отвала на Майкубенском месторождении, расположенном в Казахстане. Исследование направлено на достижение следующих целей:

Выполнить численное моделирование и геомеханические оценки, чтобы установить безопасные параметры для внутреннего сброса на конкретном интересующем участке. В этом анализе будут учитываться физические и механические свойства складываемых горных пород, а также нагрузки от горнодобывающего и транспортного оборудования. Для этой цели будет использоваться программа анализа методом конечных элементов Phase2.

Выявить устойчивые параметры внутренних отвалов, расположенных в пределах карьера, с учетом пологих и слабонаклонных оснований с углами падения до 10° .

Дать обоснованное обоснование определения стабильных параметров нетранспортной вскрыши при бульдозерной отвалке.

Решая эти задачи, данное исследование призвано внести вклад в понимание геомеханических аспектов, связанных с внутренними отвалами на Майкубенском месторождении. Выводы помогут установить безопасные параметры внутренних отвальных работ, обеспечивающих устойчивость и безопасность отвалов при карьерных работах.

Область геомеханики применительно к отвалам имеет важное значение для обеспечения безопасности и эффективности открытых горных работ. Он включает в себя управление устойчивостью бортов карьеров и отвалов путем оценки состояния массива горных пород. В этой области проведены обширные исследования, в результате которых разработано около 300 методов изучения геомеханических процессов в откосах и отвалах карьеров. Эти методы позволяют прогнозировать стабильность с учетом природных и техногенных факторов.

Идея магистерской работы

Методология исследования включала сочетание полевых наблюдений, лабораторных испытаний, геотехнического анализа и численного моделирования. Геотехнические свойства материалов отвала, включая гранулометрический состав, прочность на сдвиг и проницаемость, были охарактеризованы для создания основы для геомеханической оценки. Для анализа характеристик устойчивости и деформации внутренних отвалов при различных условиях нагрузки использовались различные геомеханические модели и программное обеспечение.

Результаты геомеханической оценки предоставили ценную информацию о поведении внутренних отвалов на Майкубенском разрезе. Анализ устойчивости выявил потенциальные геомеханические опасности и факторы, влияющие на них, такие как угол наклона и состояние грунтовых вод. Путем сравнения результатов с существующими стандартами и руководствами были получены рекомендации по управлению свалкой и обеспечению безопасности. Кроме того, исследование выявило ограничения и области для дальнейших исследований, чтобы улучшить понимание геомеханических аспектов, связанных с внутренними отвалами.

Методология

Данная диссертация посвящена проведению геомеханической оценки для определения безопасных параметров внутреннего отвала на Майкубенском месторождении, расположенном в Казахстане. Исследование направлено на достижение следующих целей:

Выполнение численного моделирования и геомеханические оценки, чтобы установить безопасные параметры для внутреннего сброса на конкретном интересующем участке. В этом анализе будут учитываться физические и механические свойства складированных горных пород, а также нагрузки от горнодобывающего и транспортного оборудования. Для этой цели будет использоваться программа анализа методом конечных элементов Phase2.

Актуальность темы исследования

Тема исследования имеет большое значение в свете интенсификации разработки угольных месторождений открытым способом в Республике Казахстан, что привело к значительному увеличению количества вскрышных пород, транспортируемых в отвалы.

Внешние отвалы, обнаруживаемые на угольных предприятиях, представляют собой искусственные сооружения неправильной формы в виде усеченного конуса, на которые влияет рельеф местности, где они расположены. Эти отвалы обладают такими характеристиками, как площадь, высота, углы наклона и вместимость. Многоярусные отвалы также могут различаться по количеству и высоте отдельных ярусов, углам наклона и ширине уступов между ярусами. Изучение геометрических параметров отвальных горных предприятий региона выявляет широкий диапазон

размеров, при этом отдельные отвалы занимают площадь от десятков до сотен гектаров и различаются по высоте.

На коэффициент устойчивости отвальных откосов влияет множество факторов. Эти факторы включают в себя как технологические аспекты, такие как результирующие углы наклона и высота отвала, так и природные факторы, такие как литология и состав вскрышных пород, инженерно-геологические условия, гидрогеологические условия и многое другое.

Вопросы исследования

В этой главе изложены исследовательские вопросы, которые будут рассмотрены в данной диссертации. Вопросы исследования призваны направить исследования по геомеханической оценке образований внутренних отвалов в условиях Майкубенского разреза. Отвечая на эти исследовательские вопросы, исследование направлено на то, чтобы внести вклад в понимание устойчивости отвалов и дать представление об эффективном управлении отвалами в аналогичных геологических условиях. Были сформулированы следующие исследовательские вопросы:

Каковы геомеханические свойства пород отвала Майкубенского разреза?

Как ведут себя внутренние отвалы Майкубенского разреза при различных условиях загрузки?

Какие факторы влияют на устойчивость внутренних отвалов Майкубенского разреза?

Какие методики и модели геомеханической оценки можно применить для оценки устойчивости внутренних отвалов?

Каковы безопасные параметры и стабильные условия внутренней отсыпки на Майкубенском участке?

Эти исследовательские вопросы будут направлять исследование и обеспечат всестороннее понимание геомеханического поведения и устойчивости внутренних отвалов в пределах изучаемой территории. Отвечая на эти вопросы, данное исследование направлено на то, чтобы внести свой вклад в существующую совокупность знаний в области геомеханики и предоставить практические рекомендации по управлению внутренними отвалами и обеспечению их безопасности.

1 Горно-геологическая характеристика месторождения

1.1 Обзор области раздела

Шоптыкольское бурогольное месторождение занимает значительную часть обширного Майкубенского бурогольного бассейна общей площадью 1040 км². В этом бассейне около 170 км² отведено под промышленный уголь, что делает его ценным ресурсом. Шоптыкольское месторождение расположено в пределах Баянаульского района Павлодарской области, в 160 км к юго-западу от г. Павлодара и в 65 км к юго-востоку от Экибастузского угольного бассейна. В 50 км южнее расположен районный центр, село Баян-Аул, а в 25 км севернее – пгт Майкаин (как показано на рис.1.1).

Создана эффективная транспортная инфраструктура для облегчения доступа к месторождению и обратно. Железнодорожная ветка с хорошим транспортным сообщением связывает месторождение со станцией Ушкулын, являясь важным транспортным маршрутом с дальнейшим сообщением со станцией Майкаин. Кроме того, через бассейн реки Майкубен проходит крупная автомагистраль, связывающая такие ключевые районы, как город Павлодар, Экибастуз, поселок Майкаин и поселок Баян-Аул. Поселок Шоптыколь, расположенный на территории месторождения, является неотъемлемой частью местного сообщества.

С точки зрения экономического развития территория бассейна еще обладает значительным неиспользованным потенциалом. Предпринимаются усилия по содействию его росту и максимальному использованию ресурсов. В геоморфологическом отношении территория бассейна характеризуется пологими равнинами с переменными абсолютными отметками от 230,0 до 250,0 м на востоке и до 300,0 м на западе. Рельеф обеспечивает благоприятные условия для добычи полезных ископаемых и развития инфраструктуры.

Территория бассейна относится к климатической зоне, относящейся к засушливой и резко континентальной, характерной для сухих и холодных степей. Он испытывает отчетливые сезонные колебания с суровой зимой и жарким летом. Среднегодовая температура в регионе зафиксирована на уровне +2,2°C. Ежемесячные колебания температуры колеблются от -17,2°C в феврале до +21,6°C в июле, демонстрируя контрастные погодные условия. Наблюдались экстремальные температуры до +40°C и -43°C, поэтому необходимо учитывать влияние этих диапазонов температур на различные аспекты горных работ. В регионе наблюдается снежный покров, который держится около 150 дней, при этом почва промерзает на глубину 2,5-3,0 м. Годовое количество осадков относительно скромное, в среднем 207 мм. Теплый период, характеризующийся среднесуточной температурой выше 0°C,

Район бассейна известен своими преобладающими ветрами, которые бывают частыми и сильными. При скоростях ветра, иногда достигающих 24 м/сек, район испытывает влияние этих ветров, особенно юго-западного направления. Летом преобладают сухие ветры, временами перерастающие в

пыльные бури, которые могут повлиять на добычу полезных ископаемых. Зимние месяцы приносят снежные бури, что приводит к тяжелым условиям труда. Скопление снежного покрова достигает глубины до 82 мм, что еще раз подчеркивает важность учета факторов, связанных с погодой, при планировании и проведении горных работ.

Состав почв на территории бассейна сложен и весьма разнообразен. Для него характерны в первую очередь солонцы и каштановые солонцы разной степени засоления. Сложный почвенный покров создает геотехнические проблемы, которые необходимо решить для обеспечения стабильности и безопасности горных работ.

Таким образом, Шоптыкольское бурогольное месторождение, расположенное в Майкубенском бурогольном бассейне, обладает значительным потенциалом для экономического развития. Стратегическое расположение, благоприятные геоморфологические особенности и уникальные климатические условия, а также развитая транспортная инфраструктура делают его привлекательным районом для добычи угля. Однако тщательный учет геологических и геотехнических характеристик региона имеет решающее значение для обеспечения эффективной и устойчивой добычи угольных ресурсов.

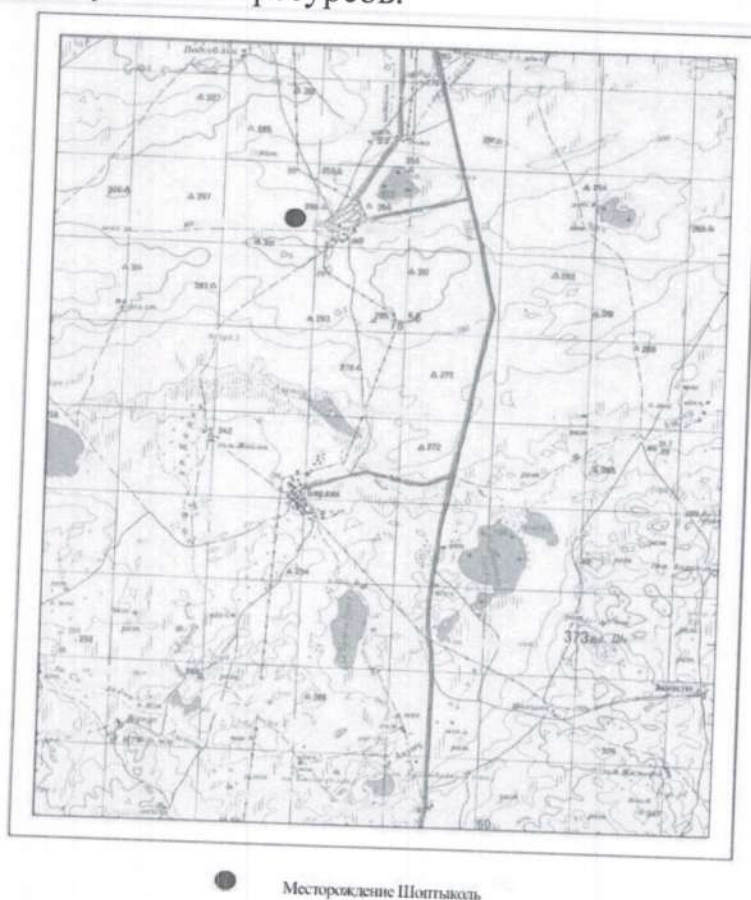


Рисунок 1.1 – Обзорная карта географического положения месторождения Шоптыколь

1.2 Геологическое строение месторождения

Шоптыкольское месторождение расположено в пределах вытянутой впадины широтной ориентации, приуроченной к мезозойским отложениям. Эти мезозойские отложения можно разделить на четыре отдельные свиты в зависимости от их литологического состава и содержания угля. Начиная снизу эти свиты известны как ащикольские, талдыкольские, шоптыкольские и жиренкольские свиты. Среди них талдыкольская и шоптыкольская свиты выделяются как наиболее значимые с точки зрения угленосности.

Ащикольская свита, расположенная на самом нижнем уровне мезозойских отложений, имеет отчетливые литологические характеристики и ограниченную угленосность. Двигаясь вверх, талдыкольская свита, имеющая большое значение с точки зрения угольных ресурсов, представляет собой следующую свиту. Эта формация отличается отчетливым литологическим составом и значительной угленосностью.

Продолжая движение вверх по стратиграфической последовательности, мы встречаем шоптыкольскую свиту, которая также демонстрирует значительное присутствие угольных месторождений. Эта формация играет жизненно важную роль в общем потенциале угольных ресурсов Шоптыкольского месторождения. Наконец, на самом верхнем уровне мы находим жиренкольскую свиту. Хотя эта формация обладает определенными литологическими характеристиками, содержание угля в ней относительно ограничено по сравнению с предыдущими формациями.

Талдыкольская и шоптыкольская свиты, обладающие значительным угленосным потенциалом, представляют особый интерес в геологическом строении месторождения. Эти пласты открывают большие перспективы для добычи и использования угольных ресурсов Шоптыкольского месторождения. Таким образом, углубленная разведка и оценка этих формаций необходимы для дальнейшего понимания их геологии и оптимизации операций по добыче угля на месторождении.

Общая толщина мезозойских отложений в бассейне составляет около 1000 м, в том числе охватывающих различные формации: Ащикольскую толщиной от 200 до 750 м; Талдыкольскую толщиной от 170 до 340 м; Шоптыкольскую толщиной от 190 до 290 м; и Жиренкольскую свиту толщиной до 100 м.

Мезозойские отложения состоят из конгломератов, песчаников с различным размером зерен, алевролитов, углеродистых аргиллитов и бурых углей.

Формация Ащиколь, которая залегает под палеозойским фундаментом и над почвой угольного горизонта IVT, остается относительно неисследованной и состоит из крупных и средних конгломератов, мелкозернистых песчаников и озерных алевролитов.

Талдыкольская свита простирается по всей площади месторождения и располагается между границами IV-N угольного горизонта и II-I угольного

горизонта. Общая толщина пласта варьируется от 170 м в восточном регионе до 340 м в западном регионе месторождения.

Толщина пласта постепенно увеличивается с севера на юг. В среднем толщина отложений в пределах пласта составляет 255 м. Все угольные горизонты локализованы в пределах нижней части пласта.

Верхняя часть, толщиной около 90 м, в основном состоит из конгломератов, песчаников и алевролитов. Распределение литологических вариаций внутри формации можно резюмировать следующим образом: песчаники - 30%, гравелиты и конгломераты - 21%, алевролиты - 25%, аргиллиты - 5%, углеродистые породы - 4%, сидериты - 0,2% и угли - 15%.

Обширная шоптыкольская формация покрывает все месторождение, простираясь обширно от охватывающего грунта III угольного горизонта до обширного пространства грунта J2, вмещающего в себя целый ряд геологических чудес. Пласт может похвастаться впечатляющей толщиной, простирающейся от 200 до 290 метров, что символизирует его значительное присутствие в геологической картине. Если углубиться в его стратиграфический состав, то самый верхний сегмент формации демонстрирует отсутствие угольных отложений, но по мере того, как мы углубляемся, нижний участок раскрывает свою истинную сущность, скрывая жемчужины углеродонасыщенности: замечательные I-W и II-W угольные горизонты.

Углубляясь в область литологии, Шоптыкольская формация демонстрирует симфонию существенных вариаций горных пород, каждая из которых раскрывает свой уникальный характер. Среди множества геологических чудес конгломераты и гравелиты занимают свое место, внося внушающий благоговейный трепет 14% в состав, в то время как решительные песчаники занимают заметные 29%. Переплетаясь в этом геологическом гобелене, алевролиты создают свой изящный внешний вид, добавляя свой художественный штрих, составляя завораживающие 14% пласта. Наконец, но, безусловно, не в последнюю очередь, настоящими чемпионами становятся угли, занимающие внушительную долю в 25%, являясь воплощением сокровищницы природы в этом очаровательном ландшафте.

Жиренкольская формация, которая служит кульминацией мезозойских осадочных толщ в пределах бассейна, является замечательным дополнением к геологическому составу. Ограниченное подстилающим грунтом угольного пласта J2 и вышележащим участком эрозии, это образование имеет свой особый характер на относительно компактной территории площадью около 15 квадратных километров в западной части месторождения Шоптыколь. Его сложный состав демонстрирует интригующую смесь озерных алевролитов, песчаников и конгломератов, причем аргиллиты и угли играют второстепенную роль среди разнообразного скопления.

Примечательно, что это образование может похвастаться наличием двух угольных пластов, что повышает его геологическое значение. Однако важно подчеркнуть, что только нижняя формация L2 демонстрирует значительную

продуктивность, демонстрируя похвальную продуктивность в 5-6 метров, хотя и ограниченную ограниченной областью в пределах этого геологического гобелена.

Обратив наше внимание на тектонический каркас, который управляет месторождением Шоптыколь, мы сталкиваемся с относительно простой структурой. Угленосные пласты вместе с сопутствующими им породами элегантно выстраиваются в моноклиальный узор, постепенно спускаясь к северу под углом от 5 до 10 градусов. По мере продвижения к западным границам месторождения углы наклона постепенно увеличиваются, достигая пика в 10-12 градусов, тем самым добавляя дополнительную интригу геологическому строению этого увлекательного места.

Основное содержание угля в бассейне преимущественно связано с Шоптыкольской и Талдыкольской свитами, представляющими собой основные залежи угля в этом районе.

Среди них именно Шоптыкольская формация может похвастаться самой высокой концентрацией угля, характеризующейся наличием двух четко выраженных угольных горизонтов. Примечательно, что верхний горизонт (называемый I-W) имеет замечательную толщину, охватывающую несколько десятков метров.

Эти угольные горизонты обладают примечательными особенностями, характеризующимися их значительной мощностью, а также сложной и постоянно меняющейся структурой. Они состоят из сложных слоев, которые сходятся и сливаются, образуя прочные и многогранные одиночные слои в определенных регионах. Разделение угольных горизонтов, полное вскрытие и замещения происходят вдоль провала и распространяются как в западном, так и в восточном направлениях.

1.3 Гидрогеологическая характеристика месторождения

Гидрогеологические характеристики разреза Майкубен играют решающую роль в понимании динамики подземных вод и ее потенциальных последствий для различных видов деятельности в этом районе. Разрез Майкубен имеет разнообразный гидрогеологический профиль, на который повлияло сочетание геологических формаций и структурных особенностей. В верхней части преобладают проницаемые слои песчаника, которые служат значительными резервуарами для хранения и движения подземных вод.

На поток подземных вод на участке Майкубен в первую очередь влияют региональные градиенты и местные геологические структуры. Топография и литологические вариации в значительной степени определяют направление и скорость движения подземных вод. Существование непроницаемых слоев, таких как глина или ил, создает замкнутые системы водоносных горизонтов, ограничивая вертикальное движение грунтовых вод.

Важно отметить, что гидрогеологические характеристики разреза Майкубен со временем могут меняться. Природные факторы, в том числе

режим выпадения осадков, сезонные колебания и изменение климата, могут оказывать существенное влияние на уровень грунтовых вод и характер стока. Деятельность человека, такая как добыча сельскохозяйственных и промышленных подземных вод, также может нарушать гидрогеологический баланс, влияя на общую доступность и качество ресурсов подземных вод.

Понимание гидрогеологии участка Майкубен жизненно важно для устойчивого управления водными ресурсами и принятия обоснованных решений в отношении землепользования, водоснабжения и защиты окружающей среды. Регулярный мониторинг и гидрогеологические исследования необходимы для оценки долгосрочного поведения подземных вод и обеспечения их устойчивого использования в различных областях.

Юрские отложения охватывают четыре отдельных комплекса водоносных горизонтов в пределах жыренкольской, шоптыкольской, талдыкольской и ащикольской свит, что способствует общему гидрогеологическому разнообразию.

Среди этих образований водоносный комплекс в пределах среднеюрских отложений жыренкольской свиты имеет относительно ограниченное распространение, преимущественно приуроченное к западной части месторождения.

Подземные воды в этом комплексе водоносных горизонтов в основном встречаются в угольных пластах, песчаниках и конгломератах. Глубина водного зеркала колеблется от 17 до 25 метров, а абсолютные отметки колеблются от 272 до 277 метров. Пьезометрическое давление относительно слабое и составляет от 3 до 8 метров. Содержание воды в породах свиты относительно невелико.

Удельные дебиты в пределах этого водоносного комплекса колеблются от 0,05 до 0,12 литров в секунду на метр. Коэффициент фильтрации находится в пределах от 0,06 до 0,30 м/сут, что свидетельствует о проницаемости пласта.

По химическому составу подземные воды в пределах этой формации отличаются высокой минерализацией, в основном относятся к хлоридно-натриевому и хлоридно-сульфатно-натриевому типам. Содержание сухого остатка колеблется от 6,0 до 15,0 граммов на литр, что свидетельствует о наличии растворенных минералов, а общая жесткость колеблется от 47 до 62 миллиграммов на эквивалент на литр.

Гидрогеологические характеристики участка Майкубен имеют решающее значение для понимания сложной динамики подземных вод и их широкого влияния на различные виды деятельности в этом районе.

Разрез Майкубен демонстрирует разнообразный гидрогеологический профиль, на который влияет сочетание геологических формаций и структурных особенностей. В пределах разреза можно выделить четыре различных комплекса водоносных горизонтов, а именно жиренкольскую, шоптыкольскую, талдыкольскую и ащикольскую формации. Эти образования вносят свой вклад в общее гидрогеологическое разнообразие, каждое из которых обладает уникальными характеристиками.

Начиная с Жиренкольской свиты, комплекс водоносных горизонтов в пределах среднеюрских отложений относительно ограничен по распространению, в основном приурочен к западной части месторождения. Подземные воды в пределах этого комплекса в основном приурочены к угольным пластам, песчаникам и конгломератам. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 17 до 25 метров, а абсолютные высоты колеблются от 272 до 277 метров. Пьезометрическое давление относительно слабое и колеблется от 3 до 8 метров. Содержание воды в породах пласта относительно незначительно. Удельные скорости потока в пределах этого комплекса водоносных горизонтов колеблются от 0,05 до 0,12 литров в секунду на метр, что указывает на различные характеристики проницаемости. Коэффициент фильтрации колеблется от 0,06 до 0,30 метров в сутки. Химически подземные воды в пределах этой формации высокоминерализованы, в основном относятся к хлоридно-натриевому и хлоридно-сульфатному типам. Содержание сухого остатка колеблется от 6,0 до 15,0 граммов на литр, в то время как общая жесткость колеблется от 47 до 62 миллиграммов в эквиваленте на литр.

Обращаясь к Шоптыкольской формации, мы отмечаем, что содержание воды в породах варьируется по всей площади. Центральная часть Шоптыкольской мульды, состоящая из углей, песчаников и конгломератов, более насыщена водой по сравнению с западным и восточным крыльями мульды. Удельные скорости потока в этом резервуаре колеблются от 0,01 до 0,50 литров в секунду на метр, что указывает на широкий диапазон проницаемости. Коэффициент фильтрации для скважин колеблется от 0,005 до 0,5-0,7 метров в сутки. Пьезометрическое давление колеблется от 5 до 20 метров. Примечательно, что коэффициент фильтрации угольного горизонта I-W колеблется от 0,16 до 0,85 метров в сутки. По химическому составу подземные воды Шоптыкольской свиты относятся к высокоминерализованному хлоридно-натриево-магниевому типу. Содержание сухого остатка колеблется от 2,9 до 13,0 граммов на литр, в то время как общая жесткость колеблется от 15,0 до 83,0 миллиграммов в эквиваленте на литр.

Переходя к Талдыкольской формации, которая залегает под Шоптыкольской формацией, содержание воды в породах изучалось в основном в пределах Сарыкольского месторождения на глубине 50-100 метров. Удельные дебиты скважин, нацеленных на угольные горизонты в пределах Талдыкольской свиты, составляют от 0,10 до 0,37 литра в секунду на метр. Коэффициент фильтрации колеблется от 0,76 до 1,30 метров в сутки, что свидетельствует об относительно высокой проницаемости. Подземные воды Талдыкольской формации характеризуются как солоноватые, с содержанием сухого остатка от 1,9 до 5,0 граммов на литр. Жесткость воды колеблется от 5,0 до 9,7 миллиграммов в эквиваленте на литр, а тип воды классифицируется как хлоридно-натриево-магниевая.

Водоносный комплекс Ащикольской свиты, расположенный в основании мезозойских отложений, широко распространен по всему месторождению. Эта формация в основном состоит из конгломератов, алевролитов и аргиллитов, которые в основном приурочены к угольным пластам.

Содержание воды в формации Ащиколь демонстрирует поразительный уровень однородности, что указывает на постоянную насыщенность по всей площади. Удельный расход достигает 0,02 литра в секунду на метр, что свидетельствует об умеренной проницаемости. Однако важно отметить, что поток воды внутри этой формации относительно ограничен по сравнению с другими водоносными горизонтами в регионе. Соленость воды заметно высока, а содержание сухого остатка колеблется от 2,9 до 8,6 грамма на литр. Кроме того, жесткость воды находится в диапазоне от 20,9 до 35,0 миллиграммов в эквиваленте на литр. Состав воды соответствует типу хлоридно-натриевой.

Учитывая характеристики упомянутых выше водоносных горизонтов, можно сделать вывод, что условия формирования и накопления подземных вод в пределах четырех свит мезозойских пород, слагающих бассейн, относительно схожи. Геологические образования в бассейне способствуют созданию устойчивой гидрогеологической среды.

Первичные потоки воды в диапазоне от 0,5 до 16,7 литров в секунду обычно наблюдаются на глубинах от 20 до 50 метров, что составляет примерно 30% случаев. Кроме того, эти водные потоки распространяются на большие глубины, в частности, в диапазоне от 70 до 110 метров, что составляет более 55% случаев. Основными источниками этих водных потоков являются конгломераты, песчаники, алевролиты и угли. Интервалы расхода воды охватывают широкий диапазон, варьируясь от 6-20% до 55-100% от водоносной толщи. В среднем зона притока воды не превышает 36% от общей емкости водоносного горизонта, что подчеркивает различную степень доступности воды в системах водоносных горизонтов.

1.4 Горно-геологические условия эксплуатации разреза

Физические и механические свойства горных пород в пределах месторождения Шоптыколь демонстрируют заметные вариации, на которые влияют как их литологический состав, так и глубина залегания. Вскрышные породы месторождения преимущественно состоят из песчаников и алевролитов, что составляет примерно 60% состава породы. Гравелиты и конгломераты, хотя и менее распространены, все же составляют около 19% состава месторождения. Аргиллиты составляют относительно меньшую долю, составляя около 5%, а сидериты и сидеритизированные породы встречаются еще реже - примерно 0,7%. Угли и углеродсодержащие породы имеют значительное присутствие, составляя 14,4% залежи.

Основываясь на их отличительных свойствах, породы, найденные в месторождении, можно разделить на три основные группы. Первая группа состоит из слабых пород, обладающих прочностью на сжатие до 120-150 кгс/см². Вторая группа включает породы средней прочности, с пределом прочности при сжатии в пределах 150-400 кгс/см². Наконец, к третьей группе относятся породы с повышенной прочностью, превышающей 400 кгс/см².

Среди этих групп породы средней прочности наиболее распространены в пределах вскрыши, на их долю приходится примерно 62% состава месторождения. Слабые породы составляют около 28% залежи и обычно залегают на глубинах до 200 метров. К этой категории относятся алевролиты, аргиллиты, углеродистые породы, а также менее консолидированные песчаники и конгломераты. Напротив, высокопрочные породы составляют примерно 10% состава месторождения и встречаются преимущественно на глубинах, превышающих 200 метров.

Примечательно, что распределение прочности горных пород по глубине обнаруживает интригующую закономерность. Даже на относительно небольших глубинах, например, до 50 метров, можно обнаружить прочные скальные образования с прочностью на сжатие 600 кгс/см². Более того, сидериты, которые присутствуют как во вскрышных породах, так и в прослоях, обладают самой высокой плотностью и прочностью, колеблющимися в пределах 1500-2350 кгс/см².

Что касается углей, найденных на месторождении Шоптыколь, то их прочность была тщательно изучена институтом "УкрНИИпроект". Средние значения прочности этих углей колеблются от 83,1 до 156,9 кгс/см², что указывает на значительные различия в пределах этого конкретного типа породы.

Эти всесторонние данные о физических и механических свойствах горных пород месторождения Шоптыколь способствуют более глубокому пониманию геологических характеристик месторождения. Такие знания жизненно важны для эффективного планирования и осуществления горнодобывающих и геологических работ в этом районе.

Состав вскрышных пород в этом районе в первую очередь характеризуется преобладанием песчаников и конгломератов, составляющих примерно 60% состава горных пород. Аргиллиты и алевролиты составляют около 25% состава, в то время как уголь и углеродистые породы составляют примерно 14%. Сидериты, относительно менее распространенный тип горных пород, составляют около 0,7% от общего состава. С точки зрения прочности горных пород большинство из них относятся к VII и VI категориям, основанным на классификации, разработанной профессором М.М. Протодьяконовым. Эти категории указывают на прочность на сжатие до 200 кгс/см². Важно отметить, что угли обладают несколько более низкими значениями прочности при сжатии, варьирующимися от 83,1 до 156,9 кгс/см². Эти данные, касающиеся состава и прочности вскрышных пород, дают ценную информацию о геологических характеристиках этого района.

Понимание распределения и свойств этих пород имеет решающее значение для различных видов деятельности, таких как добыча полезных ископаемых, строительство и инжиниринг.

Обширные исследования, проведенные в районе месторождения, выявили заметную закономерность в распределении твердых включений по всему региону. Примечательно, что эти включения демонстрируют более равномерное распределение в породах, составляющих внешнюю вскрышную породу угольных горизонтов I-Sh и II-Sh. И наоборот, внутри самих угольных горизонтов твердые включения имеют тенденцию концентрироваться в восточной, северной и западной периферийных частях месторождения. Эта концентрация возникает там, где угольные горизонты раздваиваются, что приводит к преобладанию слоев горных пород над угольными пластами.

Напротив, в районах месторождения, характеризующихся более простыми угольными горизонтами, представленными одним существенным слоем, твердые включения встречаются относительно редко. Когда они присутствуют, эти включения локализованы и принимают небольшие размеры, проявляясь в виде изолированных линз и прослоев. Что касается продуктивной толщины залежи, то твердые включения имеют относительно равномерное распределение. Однако их численность и общий объем постепенно уменьшаются с увеличением глубины.

Среди различных слоев горных пород наружные вскрышные породы демонстрируют самую высокую концентрацию прослоев, содержащих твердые включения. Эти прослои часто встречаются в кровле и почве угольных горизонтов, преимущественно в аргиллитах и алевролитах и реже в песчаниках. Внутри самих угольных горизонтов твердые включения в основном связаны с угольными пластами, особенно в местах вклинивания, а также с внутрислойными прослоями аргиллитов и алевролитов.

Углубленные исследования, проведенные лабораториями ассоциации "Центрказгеология" и института "УкрНИИпроект", позволили охарактеризовать физико-механические свойства этих твердых включений. Среди них сидериты обладают самой высокой прочностью, со средним сопротивлением временному сжатию в диапазоне от 640 до 790 кгс/см² и коэффициентом прочности от 6,4 до 7,9. Эти находки дают ценную информацию о природе и характеристиках твердых включений в пределах месторождения, помогая в оценке и понимании геологических условий для различных применений и операций.

Сидериты, отличающиеся своей замечательной плотностью и удельным весом до 3,54 г/см³, проявляют исключительные прочностные свойства в пределах месторождения. Эти плотные разновидности сидеритов обладают особенно высокой прочностью на сжатие, колеблющейся от 1500 до 2350 кгс/см². Их прочная природа делает их грозными компонентами геологической формации.

Напротив, сидеритизированные породы, которые подверглись частичному изменению из-за присутствия сидерита, демонстрируют

несколько более низкие прочностные характеристики. В пределах месторождения прочность на сжатие сидеритизированных пород находится в диапазоне от 330 до 630 кгс/см². Хотя эти сидеритизированные породы несколько менее опасны, чем чистые сидериты, они все же сохраняют значительную прочность, внося свой вклад в общую структурную целостность геологического состава.

Наличие в месторождении как плотных вариаций сидерита, так и сидеритизированных пород подчеркивает разнообразие литологических формаций и их различную степень прочности. Эти результаты имеют важное значение для геологических оценок и инженерных соображений, предоставляя ценную информацию о механических свойствах горных пород в пределах месторождения.

Проведенные обширные исследования показали, что твердые включения в горных породах и углях Шоптыкольского месторождения широко распространены и обладают значительной прочностью. Эти твердые включения проявляются в виде изолированных прослоек, линз и конкреций, размер которых варьируется от нескольких сантиметров до 1,5 метров. Наличие этих твердых включений в угленосных отложениях месторождения создаст определенные проблемы при его разработке и должно быть тщательно учтено при выборе подходящего метода добычи.

Тщательный анализ и изучение месторождения Шоптыколь выявили примечательную характеристику его слоев — они обладают высокой взрывоопасностью, когда речь заходит об угольной пыли. Это важное открытие подчеркивает потенциальные риски и соображения безопасности, которые необходимо принимать во внимание при добыче полезных ископаемых на месторождении.

Кроме того, было определено, что почти все породы, присутствующие в месторождении, за исключением углеродистых разновидностей и сидеритов, содержат значительное количество свободного диоксида кремния, превышающее порог в 10%. Такое присутствие диоксида кремния представляет значительную опасность из-за его природы, вызывающей образование силикозы. Крайне важно признавать и устранять потенциальные риски для здоровья, связанные с воздействием таких пород, подчеркивая важность внедрения надлежащих мер безопасности и стратегий смягчения последствий для защиты работников и сведения к минимуму любых потенциальных неблагоприятных последствий.

Эти результаты подчеркивают необходимость тщательной оценки рисков, тщательного планирования и внедрения строгих протоколов безопасности при работе на месторождении Шоптыколь. Уделяя приоритетное внимание безопасности и благополучию работников и эффективно управляя взрывоопасной природой угольной пыли и опасностью силикоза, которую представляют горные породы, можно осуществлять горнодобывающую деятельность контролируемым и безопасным образом.

1.5 Попутные полезные ископаемые

В непосредственной близости от Майкубенского бассейна находится обширное месторождение известняка, известное как Керегетас, обладающее значительными запасами, которые поддерживают активную разработку карьеров. Обширные поисковые изыскания, проведенные в 1954 году ЦКСУ (Центральной комиссией по недропользованию) в районе Майкубенского бассейна, выявили наличие в этом районе нескольких ценных строительных материалов.

Среди примечательных находок исследования выявили наличие высококачественного бутового камня, который служит ценным ресурсом для строительных целей. Кроме того, исследования выявили залежи известняка, подходящие для обжига извести — важного компонента различных промышленных процессов. Кроме того, были обнаружены богатые запасы кирпичной глины и строительного песка, что еще больше увеличило ассортимент ценных строительных материалов, присутствующих в окрестностях. Следует отметить, что в пределах Шоптыкольского месторождения непосредственно попутных полезных ископаемых в ходе поисково-разведочных работ не обнаружено. Однако наличие близлежащего месторождения известняка Керегетас в сочетании с наличием других важных строительных материалов в Майкубенском бассейне открывает многообещающие возможности для строительства и промышленной деятельности в регионе.

Обширные исследования, проведенные на образцах угольной золы, выявили заметные концентрации германия и галлия в составе золы. Некоторые отдельные образцы продемонстрировали повышенное содержание бериллия и молибдена, достигающее 8 и 10 граммов на тонну соответственно. Эти результаты подчеркивают присутствие этих ценных элементов в угольной золе, подчеркивая их потенциал для различных промышленных применений. В дополнение к анализу угольной золы важно подчеркнуть наличие рыхлых конгломератов среди вскрышных пород. Эти конгломераты обладают большой полезностью, поскольку их можно эффективно использовать для заполнения насыпей вдоль железнодорожных путей и автомагистралей. Кроме того, их состав делает их пригодными для включения в процессы производства бетона, предлагая универсальный строительный материал для строительных проектов. Идентификация этих рыхлых конгломератов представляет собой ценную возможность для оптимизации ресурсов и экологически безопасных методов строительства. Используя эти конгломераты, можно не только добиться эффективного строительства набережных, но также можно производить устойчивые и долговечные бетонные конструкции, способствуя общему развитию инфраструктуры в регионе.

1.6 Радиационная безопасность

На этапе геологоразведки были проведены обширные исследования и всесторонние оценки для выявления и оценки первичных источников, влияющих на радиационную обстановку в обозначенном районе.

Собственная естественная радиоактивность горных пород района обычно колеблется в пределах 10-14 мкР/ч, в отдельных случаях достигая до 20 мкР/ч. Примечательно, что эти уровни естественной радиоактивности находятся в допустимых пределах.

Что касается аномальных зон, то их протяженность остается ограниченной, как правило, толщиной от 2 до 5 метров. Интенсивность гамма-излучения в пределах этих аномальных зон составляет примерно 10-15 микрорентген в час. Важно отметить, что эти уровни интенсивности излучения находятся в пределах ожидаемого диапазона для геологических характеристик района. Примечательно, что на территории бассейна не обнаружено заслуживающих внимания гамма-аномалий или радиоактивных аномалий, что свидетельствует о благоприятной радиационной обстановке. Эти результаты подтверждают отсутствие каких-либо серьезных проблем, связанных с радиацией, в указанном регионе.

Всесторонний анализ радиационной обстановки в полевых условиях дает ценную информацию для обеспечения безопасности и благополучия людей, работающих в этом районе или рядом с ним. При отсутствии значительных гамма-аномалий или радиоактивных аномалий общие радиационные условия в районе бассейна считаются находящимися в допустимых пределах, что еще раз подтверждает осуществимость и ход геологических работ и других соответствующих мероприятий в регионе.

2 Качество угля

2.1 Качество угля по данным геологических отчетов

Бурые угли Шоптыкольского месторождения отличаются высокой степенью метаморфизма, классифицируются как ЗБ, с длиннопламенной характеристикой (Г). В пределах горизонта IW зольность угольной массы колеблется от 10 до 15 %, а в зоне расщепления горизонта увеличивается до 15-20 %. На зольность геологического рядового угля, состоящего исключительно из пластов пород мощностью до 1,0 метра, непосредственное влияние оказывает строение угольного горизонта или отдельных угольных пластов. Как правило, она превышает зольность угольной массы примерно на 6-10%. В отдельных пласт пересечениях, где породные скопления затрагивают пласты, зольность рядового угля может превышать зольность угольной массы на 20-25%. В области оплавленной структуры горизонта IW зольность рядового угля в среднем составляет около 24 %.

По влажности по угольному горизонту ИВ средняя аналитическая влажность углей составляет 11,8 % при первичной добыче и 20,0 % при рабочих условиях[1,3].

Выход летучих веществ, на который сильно влияет природа исходного органического вещества, сильно варьирует. Она колеблется в широких пределах, от 37% до 50% для отдельных угольных пластов и пачек, иногда доходит до 55%.

Содержание гуминовых кислот в расчете на сухое топливо в углях Шоптыкольской свиты не превышает 5 %, в среднем по угольному горизонту ИВ - 2,3 %.

По сравнению с горизонтом IW угольный горизонт II-W имеет несколько более высокую зольность. Средняя зольность угольной массы составляет 21,5 %, а зольность рядового угля обычно превышает зольность угольной массы в среднем на 6 %. Что касается влажности по горизонту углей II-W, то средне аналитическая влажность углей составляет 10,9 %, а рабочая влажность - 18,5 %. Выход летучих веществ на горючую массу колеблется от 35,2 до 47,0 % при среднем значении 41,4 %. В угольном горизонте IT средняя зольность угольной массы составляет 17,5 %, а рядовой уголь имеет зольность 28,8 %. Аналитическая влажность показывает среднее значение 10,0%, при рабочей влажности 16,8%. Выход летучих веществ колеблется от 33,1 до 49,5 % при среднем значении 40,1 %. В пределах горизонта IV-T средняя зольность угольной массы составляет 18,8 %, а рядовой уголь имеет зольность 30,9 %. Среднее значение аналитической влажности составляет 8,9 %, при рабочей влажности 15,7 %. Выход летучих веществ на горючую массу колеблется от 31,5% до 49,4% при среднем значении 40,1%. В таблице 2.1 приведены средние показатели качества угля Шоптыкольского месторождения.

По своим технологическим свойствам малозольные угольные месторождения имеют различное применение. Они могут служить топливом

для металлургических печей и применяться в коксохимическом производстве в качестве разжижающей добавки к шихте. Они пригодны для бытового использования, послойного и пылевидного сжигания, а также для производства кирпича, извести, цемента, жидкого и газообразного топлива, агломерированного топлива, активированного угля.

Майкубенский уголь демонстрирует достаточную теплостойкость и сопротивляемость атмосферным воздействиям.

Угли, присутствующие в месторождении, обладают определенной степенью пожароопасности. Однако в зоне умеренного климата их можно спокойно хранить в открытых штабелях в течение 3-4 месяцев.

Газоносность угольных пластов относительно невелика, что не создает риска газификации разреза. Поэтому угольные пласты не представляют опасности по внезапным выбросам угля и газа.

Подробную информацию о составе угольной золы см. в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Характеристика состава золы углей Шоптыкольского месторождения

Индекс угольного горизонта	Состав золы, %								Температура плавления золы, град.
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	
I-III	47,8	27,8	10,0	6,1	2,0	3,2	0,86	2,18	1250
II-III	53,1	25,0	9,0	6,7	2,1	2,3	-	-	1443
I-T	60,5	23,3	4,7	6,8	1,8	2,1	1,9	2,2	1742
IV-T	56,8	25,7	7,3	6,8	1,3	1,9	1,8	2,1	1235

2.2 Результаты исследований научно-исследовательских институтов

Исследования, проводимые институтами ИОТТ и КНИУИ., были сосредоточены на изучении качества майкубенских углей в разные годы.

В 1990 г. институтом ИОТТ было проведено опытно-промышленное обогащение майкубенских углей на Жилевской БПОФ. Результаты этого исследования задокументированы в отчете под названием «Проведение исследования и оценка принципиальной возможности и эффективности обогащения майкубенского угля» (х/д 92/511 139251 10 00).

Результаты исследований свидетельствуют о том, что майкубенские угли имеют склонность к повышенному шламообразованию. Флотированность шлама оказывается сложной для обогащения, что приводит к низкой зольности ($A_d = 32,5-37,8 \%$) отходов флотации [1,3].

Таблица 2.1 – Средние показатели качества углей Шоптыкольского месторождения

Индекс угольного горизонта	Зольность, A^d , %		Низшая удельная теплота сгорания рабочего топлива, ккал/кг	Влажность, %		Содержание серы, S^d , %	Содержание фосфора P^d , %	Выход летучих веществ на горючую массу, V^{daf} , %	Объемная масса, γ , т/м ³	
	балансового угля (чистых угольных пачек)	рядового угля (с 100% засорением внутренними породными прослоями)		аналитическая, W^a	рабочая, W^r				балансового угля	рядового угля
I-III	18,3	26,2	4030	$\frac{7,4-14,5}{11,8}$	18,5	0,60	$\frac{0,07-0,054}{0,030}$	$\frac{38,0-50,4}{43,2}$	1,34	1,40
II-III	22,3	29,3	3780	$\frac{6,8-15,6}{10,9}$	18,5	0,64	0,021	$\frac{35,2-47,0}{41,4}$	1,36	1,42
I-T	17,5	28,8	3840	$\frac{6,5-14,3}{10,0}$	16,8	0,63	$\frac{0,01-0,086}{0,020}$	$\frac{33,1-49,5}{40,1}$	1,33	1,42
IV-T	18,8	30,9	3680	$\frac{5,8-10,9}{8,9}$	15,7	0,54	$\frac{0,001-0,099}{0,019}$	$\frac{31,5-49,4}{40,12}$	1,34	1,44

Вмещающие породы классифицируются как легкопроницаемые, а пневматическое обогащение определено как наиболее подходящий метод обогащения майкубенских углей из-за отсутствия контакта с водой. Однако селективность дробления между углем и породой ограничена, что делает использование машин селективного дробления нецелесообразным.

Угли Шоптыкольского месторождения имеют среднезернистый гранулометрический состав, содержание общей серы в них колеблется от 0,50 до 1,8 %. Эти угли претерпевают высокую степень метаморфоза. Минеральные примеси состоят в основном из глинистых веществ, включений пирита, в незначительном присутствии присутствуют карбонаты и сидерит.

Содержание углерода и водорода в рядовом угле находится в пределах от 72,4 до 74,01% и от 4,33 до 5,49% соответственно, при зольности рядового угля от 28,1% до 35,6%. Высшая теплота сгорания сухого беззольного топлива составляет 7704 ккал/кг и 6728 ккал/кг при зольности 28,1% и 35,6% соответственно.

Институт КНУИ провел исследования майкубенских углей с использованием пластовых и эксплуатационных проб, анализируя ситовой и фракционный состав. Выход крупных классов +25 мм и +13 мм составляет 66,97% и 85,49% соответственно. Выход классов 0,5-1,0 мм и 0-0,5 мм незначителен и составляет 0,72% и 2,02% соответственно.

Исследования по обогащению бурых углей Шоптыкольского месторождения выявили его отнесение по ГОСТ 10100-75 к очень труднообогащаемым с выходом фракции 1,4-1,8 мм на массу нечистоты 22,7%.

Угли бассейна Майкубен отличаются значительно более высоким содержанием углерода по сравнению с бурыми углями других месторождений. Это повышенное содержание углерода, наряду с их высокой теплотворной способностью, указывает на высокую степень карбонизации. Испытания на механическую прочность показали, что угли Майкубенского бассейна по прочности сравнимы с каменными углями.

Следует отметить, что бурые угли Майкубенского бассейна обладают близкой к каменным углям механической прочностью, иногда проявляя длиннопламенные характеристики. По коэффициенту прочности, установленному по шкале профессора М. М. Протодяконова, для угля коэффициент составляет от 1,0 до 1,4, для вскрышных пород - от 4 до 8.

2.3 Фактические данные по качеству добытого угля

Начало добычи и отгрузки угля на шахте «Майкубенский» относится к ноябрю 1987 года. За эти годы накопленная добыча угля достигла солидной цифры в 107,5 млн тонн на 1 января 2020 года. содержание от 13,0% до 23,0%.

В 2019 году были измерены удельные показатели качества угля. Теплотворная способность угля была зафиксирована на уровне 4671 ккал/кг, что свидетельствует о его энергетическом потенциале. Кроме того, зольность

угля в этот период была относительно низкой и составляла 13,3%, что указывает на благоприятную характеристику качества.

2.4 Ожидаемое качество добываемого угля

В рамках этого проекта была проведена всесторонняя оценка качества угля путем применения методов выборочной выемки с упором на угольные и горные комплексы мощностью 1,0 м и более. При оценке учитываются различные факторы, такие как зольность геологического рядового угля, эксплуатационные потери угля и возможное взаимодействие горных пород на границах угольно-каменных комплексов. Кроме того, в проекте учтены требования к качеству продуктивного угля.

Сроки эксплуатации, указанные в этом проекте, охватывают период с 2020 по 2042 год, что соответствует договорному периоду на недропользование. Для определения зольности угля за годы эксплуатации используется средневзвешенный подход, учитывающий зольность угля как в Восточном, так и в Центральном разрезе. Значения зольности в этих горных районах рассчитаны на основании данных о зольности углей по геологическим скважинам с учетом объема добычи угля[5].

Расчетные значения зольности для разведочных профилей устанавливаются путем расчета средневзвешенной зольности, полученной из проб угля, полученных из геологических скважин в пределах горного блока. Такой комплексный подход обеспечивает точную оценку зольности угля на протяжении всего проекта.

По расчетам становится очевидным, что разрез Восточный имеет среднюю зольность от 22,62% до 26,14%. Аналогично Центральный участок демонстрирует среднюю зольность от 14,50% до 16,84%. При рассмотрении общего состава разреза средневзвешенная зольность угля находится в диапазоне от 18,39 до 21,39 %.

Эти цифры дают ценную информацию о распределении зольности на участках Восточный и Центральный. Видно, что разрез Восточный в целом обладает более высокой зольностью по сравнению с разрезом Центральный. При расчете средневзвешенной зольности учитываются пропорции проб угля из разных мест в разрезе, что обеспечивает более точное представление об общей зольности в этом районе. Эти выводы имеют решающее значение для оценки качества и пригодности угля в соответствующих разрезах. Зольность угля играет важную роль в различных применениях и отраслях промышленности, поскольку более высокая зольность может повлиять на эффективность сгорания и привести к увеличению выбросов. Таким образом, понимание средней зольности в разных разрезах позволяет принимать обоснованные решения относительно методов использования и переработки угля.

2.5 Качество отгружаемого угля

Майкубенский уголь обладает технологическими свойствами, соответствующими требованиям различных энергетических применений, таких как пылевидное и послойное сжигание. Кроме того, он обеспечивает потребности коммунально-бытового и технологического секторов, в том числе металлургической промышленности, производства кирпича, производства цемента и извести.

Универсальность майкубенского угля открывает несколько потенциальных направлений его использования. К ним относятся коксование, агломерация, производство жидких и газообразных топлив, создание гуминовых препаратов из окисленных углей, изготовление активированных углей, возможность брикетирования.

Для обеспечения удовлетворения требований потребителей требования к качеству майкубенских углей устанавливаются и регламентируются утвержденным Государственным стандартом Республики Казахстан СТ РК 1689-1-2012 "Угли Майкубенского бассейна. Часть 1. Шоптыколь". Депозит. Технические условия."

Государственный стандарт Республики Казахстан устанавливает предельно допустимые пределы показателей качества угля в конкретных областях использования. Эти нормы, определенные СТ РК 1689-1-2012, приведены в таблицах 2.5-2.13 тома I книги 3.

Согласно СТ РК 1689-1-2012 зольность углей находится в пределах от 6 до 28 %, общая влажность от 18 до 22 %, содержание серы от 0,4 до 1,2 %, летучие содержание вещества (daf) находится в пределах от 40% до 48%.

В таблице 2.5 представлен обзор объемов и стандартов качества отгрузки угля с шахты в период с 2020 по 2042 год. Обеспечивается соответствие плановой добычи угля стандартам качества, установленным СТ РК 1689-1-2012.

3 Границы разреза и запасы угля

3.1 Технические границы поля разреза

Выемку запасов угля на Шоптыкольском месторождении планируется осуществлять за счет использования единственного участка, известного как «Майкубенский». Границы района добычи совпадают с границами горнорудной отрасли, которые определяются максимальным коэффициентом вскрыши 10 м³/т. Южная часть месторождения представляет собой выход угольного горизонта IW для насосов.

Горно-геологические условия, включая конфигурацию, углы падения, мощность горизонтов и коэффициенты вскрыши, а также различную угленасыщенность по площади распространения угольных горизонтов, привели к разделению месторождения на пять эксплуатационных участков. Эти участки вводятся в эксплуатацию в определенном порядке: Восточный, Центральный, Западный, Восточный резерв и Западный резерв[4].

Линии разведки служат границами между операционными площадками. Эти линии расположены между Восточным заповедником и Восточным участком (RL X), между Восточным и Центральным участком (RL XVI), между Центральным и Западным участком (RL XXIII) и между Западным и Западным участком заповедника (RL XXIX).).

С 1991 года Восточный заповедник активно не эксплуатировался и в настоящее время находится на временной консервации. Необходимые мероприятия по временной консервации Восточного резервного участка будут подробно изложены в проекте «План ликвидации последствий добычи бурого угля на Майкубенском участке Шоптыкольского месторождения Майкубенского угольного бассейна».

В этом плане будут изложены шаги и действия, которые необходимо предпринять для смягчения и устранения последствий, возникающих в результате ведения горных работ на Майкубенском участке Шоптыкольского месторождения.

3.2 Геологические запасы угля

Отработку запасов угля на Шоптыкольском месторождении планируется вести в рамках одного участка. Такой подход обеспечивает соответствие геологических запасов угля в пределах месторождения разреза общим геологическим запасам месторождения.

Проведена расширенная разведка угольных горизонтов IW, II-W Шоптыкольского месторождения, предварительная разведка угольных горизонтов IT и IV-T. Подсчет запасов угля документирован в таких отчетах, как «Сводный геологический отчет по Майкубенскому буроугольному бассейну» и «Геологический отчет о предварительной разведке талдыкольской свиты».

Балансовые запасы Шоптыкольского каменноугольного месторождения по угольным горизонтам IW, II-W, IT и IV-T утверждены ГКЗ СССР с последующим уточнением Научно-техническим советом. ООО "Центрказгеология". Эти запасы подсчитаны для всей площади Шоптыкольского месторождения и учтены на всю глубину погружения угольного пласта.

Инвентаризационный расчет проводился в соответствии с условиями, установленными ГКЗ СССР. Минимальная емкость резервуара как для простых, так и для сложных конструкций была установлена равной 2,0 м, а максимально допустимая зольность угля с учетом 100%-ной кольматации внутрипластовыми породными пластами до 1,0 м ограничивалась 40%. При этом суммарная мощность слоев пород со сложным строением не должна превышать 50 % от общей мощности пачки угля.

На основании заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых и последующих протоколов балансовые запасы Шоптыкольского каменноугольного месторождения подсчитаны по состоянию на 01.01.2001. Эти запасы были отнесены к категориям А, В и С1 и составили 1328,1 млн тонн.

Однако в дальнейшем были произведены перерасчеты, в результате которых некоторые документы были признаны недействительными. В «ТЭО условий добычи и подсчета запасов угля» для приоритетного участка добычи месторождения Шоптыколь представлены обновленные оценки.

Согласно утвержденным ТЭО, угольные горизонты И-Ш и II-Ш выделены для открытой разработки в границах приоритетного участка. Эти горные работы планируется продолжать до 2042 года в рамках Контракта на недропользование. Приоритетный участок охватывает Восточный и Центральный участки[1].

Разведка запасов угля Шоптыкольского месторождения была комплексной. Были проведены детальные исследования геологического строения, качества угля, гидрогеологических аспектов, горных условий и других природных факторов. Угольные горизонты Шоптыкольского месторождения отнесены ко II группе сложности по «Классификации запасов месторождений угля и горючих сланцев», что свидетельствует об их готовности к промышленной отработке открытым способом.

По состоянию на 01.01.2020 г. балансовые запасы угля по Майкубенскому разрезу, включая угольные горизонты IW, II-W, IT и IV-T, составили 1 255,449 млн тонн. Эти запасы были дополнительно классифицированы по категориям А, В и С1. В частности, в пределах приоритетного участка открытой разработки балансовые запасы по угольному горизонту И-Ш составили 114,204 млн тонн с отнесением по категориям А, В и С1.

3.3 Промышленные запасы угля

При определении промышленных запасов угля учитываются эксплуатационные потери и кольятация угля вмещающими породами. Эти потери происходят при выборочных горных работах, а также при очистке кровли угольного горизонта и удалении грунта из пласта угольного горизонта.

Для количественной оценки эксплуатационных потерь и засорения угля следуют указаниям и методикам, указанным в «Инструкции по отраслевому учету запасов угля» и «Методике нормирования эксплуатационных потерь угля». Эти методические рекомендации были установлены Министерством угольной промышленности СССР и ВНИМИ (Ленинград).

Дополнительно учитываются рекомендации, изложенные в книге «Прогнозирование и оптимизация качества угля по разрезам», изданной «Недрой» в Москве в 1980 г.

Согласно Контракту на недропользование, добыча полезных ископаемых до 2042 года ведется исключительно открытым способом на угольном горизонте И-Ш. Запасы по горизонту II-Ш, первоначально предназначенные для открытой разработки, в соответствии с решением Комитета геологии и недропользования переведены на подземную разработку.

Эксплуатационные потери угля при разработке плотной части горизонта IW оцениваются в среднем для одноковшовых экскаваторов в 3,2%. В частности, ожидается, что на восточном участке потери составят 3,4%, а на центральном участке - 3,0%.

Ожидается, что засорение угля породой в горизонте IW составит 3,6% для одноковшовых экскаваторов, при этом на восточном участке наблюдается несколько более высокий показатель - 4,2%, а на центральном участке - более низкий показатель - 3,0%.

По состоянию на 1 января 2020 года балансовые запасы геологического рядового угля месторождения, намеченного к добыче, составили 1255,449 млн тонн. Обратитесь к таблице 3.1 для подробного представления этих запасов.

Таблица 3.1 – Запасы угля по Шоптыкольскому угольному месторождению на 01.01.2020 г

Индекс угольного горизонта	Запасы геологические, тыс.т					Запасы угля забала совые, тыс.т
	балансового угля				Уголь каменный марки Д	
	всего	в т.ч. по категориям				
		А	В	С ₁		
I-III, II-III	942 990	292 094	315 622	323 639	11 635	-
I-T, IV-T	312 459	-	170 251	142 208	-	791 056
Итого	1 255 449	292 094	485 873	465 847	11 635	791 056

В таблице 3.2 представлены запасы угля II горизонта в границах приоритетного участка Шоптыкольского месторождения, предназначенные для отработки открытым способом по состоянию на 1 января 2020 года.

Эти запасы имеют решающее значение для текущих операций и планирования на приоритетном участке. В таблице представлена подробная информация о количестве и распределении запасов угля на обозначенном участке.

Таблица 3.2 – Запасы угля в границах первоочередного участка на 01.01.2020 г

Индекс угольного горизонта	Запасы геологические, тыс.т					Уголь каменный марки Д
	балансового угля					
	всего	в том числе по категориям				
		А	В	С ₁		
I-III	114 204,0	55 069,0	37 344,0	10 156,0	11 635,0	

Шоптыкольская свита имеет значительные промышленные запасы угля, которые официально признаны и задокументированы. Согласно справке, предоставленной ТОО «Майкубен-Вест», Государственный баланс запасов угля на 2019 год свидетельствует о том, что общие промышленные запасы угля в пределах Шптыкольской свиты составляют значительные 928,7 млн тонн.

Кроме того, в границах приоритетного участка, конкретно по угольному горизонту И-Ш, имеются значительные промышленные запасы в объеме около 116,4 млн тонн. Эти запасы имеют особое значение и предназначены для приоритетной добычи и добычи полезных ископаемых. Эти цифры подчеркивают значительный потенциал и ценность Шоптыкольской свиты как жизненно важного источника угля для различных отраслей промышленности и производства энергии. Задокументированные запасы служат важным ориентиром для заинтересованных сторон, позволяя эффективно планировать и использовать эти ценные ресурсы. Шоптыкольская свита имеет значительные промышленные запасы угля, которые официально признаны и задокументированы. Согласно справке, предоставленной ТОО «Майкубен-Вест», Государственный баланс запасов угля на 2019 год свидетельствует о том, что общие промышленные запасы угля в пределах Шптыкольской свиты составляют значительные 928,7 млн тонн[5].

Кроме того, в границах приоритетного участка, конкретно по угольному горизонту И-Ш, имеются значительные промышленные запасы в объеме около 116,4 млн тонн. Эти запасы имеют особое значение и предназначены для приоритетной добычи и добычи полезных ископаемых.

Эти цифры подчеркивают значительный потенциал и ценность Шоптыкольской свиты как жизненно важного источника угля для различных отраслей промышленности и производства энергии. Задокументированные запасы служат важным ориентиром для заинтересованных сторон, позволяя эффективно планировать и использовать эти ценные ресурсы.

3.4 Объемы и коэффициенты вскрыши

Месторождение содержит значительный объем вскрышных пород, которые можно дополнительно разделить на внешние и внутренние вскрышные породы. Внешняя вскрыша охватывает отложения и коренные породы над кровлей И-Ш угольного горизонта. С другой стороны, внутренняя вскрышная порода относится к комплексам горных пород, которые будут выборочно отрабатываться вместе с углем[1,4]

В период с 2020 по 2042 год общий объем вскрышных работ, необходимых для добычи полезных ископаемых, оценивается примерно в 287,86 млн кубометров. В том числе 279,60 млн кубометров внешней вскрыши и 8,26 млн кубометров внутренней вскрыши.

Для лучшего понимания эффективности процесса добычи рассчитывается средний коэффициент общей вскрыши на тонну угля. Для всего участка этот коэффициент прогнозируется на уровне 2,47 м³/т, при этом на внешнюю вскрышу приходится 2,40 м³/т, а на внутреннюю вскрышу всего 0,07 м³/т.

Полную разбивку коэффициентов объема и вскрыши для каждого участка, а именно Восточного, Центрального и Западного, можно найти в Таблице 3.3. Эти цифры дают ценную информацию о масштабах и характере вскрышных работ, необходимых для успешной добычи угля на обозначенных участках.

Таблица 3.3 – Объемы и коэффициенты вскрыши по разрезу и участкам отработки

Наименование	Объем вскрыши, млн.м ³			Коэффициент вскрыши, м ³ /т		
	внешней	внутренней	общей	внешней	внутренней	общей
Разрез «Майкубенский»	279,60	8,26	287,86	2,40	0,07	2,47
Участок Восточный	125,43	6,36	131,79	2,17	0,11	2,28
Участок Центральный	153,67	1,73	155,40	2,67	0,03	2,70
Участок Западный	0,50	0,17	0,67	0,44	0,15	0,59

3.5 Параметры выемочной единицы

Выемочная единица относится к обозначенному участку в пределах поля, который демонстрирует стабильные геологические условия и технологические параметры добычи. Для него характерна стабильная система разработки с фиксированными параметрами и единообразие оборудования, используемого для добычи полезных ископаемых. В случае «Майкубенского» месторождения Восточный, Центральный и Западный участки были выделены в качестве выемочных единиц в связи с их относительно однородными

геологическими условиями, включая мелкое залегание пласта, постоянную мощность пласта и сходные физико-механические свойства пород[5].

Для облегчения горных работ в пределах этих выемочных комплексов выделен парк горно-транспортной техники. Сюда входят одноковшовые экскаваторы и механические лопаты для погрузки угля в транспортные средства, гидравлические экскаваторы, оборудованные для погрузочных работ, и экскаваторы-драглайны, используемые для погрузки и реэвакуации материалов во внутренний отвал при вскрышных работах.

С учетом вышеперечисленных факторов как в текущем проекте, так и в ранее утвержденном «Проекте строительства Майкубенского участка ЗАО «Майкубен-Вест» весь участок признан и принят в качестве дноуглубительного комплекса. Это решение было основано на геологической закономерности, технологических требованиях и совместимости оборудования, наблюдаемых в пределах Восточного, Центрального и Западного участков месторождения.

4 Проектная мощность и режим работы разреза

4.1 Режим работы разреза

Разрез «Майкубенский» работает круглогодично, придерживаясь определенного режима работы, принятого на весь расчетный период с 2020 по 2042 год. График работы включает в себя различные мероприятия в рамках горных работ. Вот основные параметры принятого режима работы:

1. Рабочие дни: Участок работает 365 дней в году, обеспечивая непрерывное производство.

2. Рабочие смены: Добычные, вскрышные, отвальные и транспортные работы выполняются в две смены в день по 12 часов каждая. Это позволяет эффективно использовать ресурсы рабочей силы и техники.

3. Буровзрывные работы: Буровзрывные работы ведутся 300 дней в году при продолжительности одной смены 12 часов. Эта деятельность имеет решающее значение для процесса добычи и тщательно спланирована и выполнена.

В проектной документации под названием «План горных работ...» сохраняется и отражается режим работы, принятый предприятием на участке «Майкубенский». Такой режим работы сохраняется на весь проектный период, включая отработку запасов в технических границах участка опережающего развития, включая Центральный, Восточный и вновь открываемый Западный участки. Стабильность режима работы обеспечивает системный и планомерный подход к добыче запасов в прогнозируемые сроки.

4.2 Режим горных работ

Режим отработки, реализованный на Майкубенском участке, отвечает основным требованиям оптимального подхода к отработке. Он включает комплексное отслеживание и управление объемами добычи угля, вскрышными работами и качеством добытого угля. Цель состоит в том, чтобы свести к минимуму текущие коэффициенты вскрыши, которые показывают отношение вынутой вскрыши к добытому углю.

В процессе работы участка возможны корректировки горных работ, исходя из рыночного спроса на майкубенский уголь в энергетическом угольном комплексе и конкретных требований потребителей к качеству угля. Сохраняется гибкость, чтобы согласовать направление добычи полезных ископаемых с потребностями рынка.

Детальное распределение объемов добычи планируется на каждый год работы участка в рамках Годовой программы развития горных работ (ПРГР). Данная программа учитывает фактическое состояние горных работ по разрезу и учитывает перспективное развитие, намеченное в Программе развития горных работ на 2020 год, предоставленной ТОО «Майкубен-Вест» и заданиями на проектирование.

Добыча полезных ископаемых распределена по отдельным участкам участка, включая Восточный участок, Центральный участок и недавно открытый Западный участок. Этот проект ориентирован на режим добычи с 2020 по 2042 год, охватывающий весь запланированный период.

4.3 Производительность по углю

Начальный этап горных работ на Шоптыкольском месторождении сосредоточен на Майкубенском руднике. В частности, горные работы ведутся на угольном горизонте И-Ш в пределах Восточного и Центрального участков. По результатам работы в 2019 году добыто около 4,237 млн тонн угля и вскрышных работ 11,387 млн куб.

На 2020 год планируется добыть 4,50 млн тонн угля при отработке 12,55 млн кубометров вскрышных работ. Планируемые объемы производства на последующие годы были установлены на основании методических указаний «Технического задания...» со следующими целевыми показателями:

2021-2024: 4,8 млн тонн угля ежегодно

2025-2027: 5,0 млн тонн угля ежегодно

2028-2030: 5,1 млн тонн угля ежегодно

2031-2042: 5,2 млн тонн угля ежегодно

К 2041 году разработка распространится на Западный участок, а попутная добыча при строительстве Западного участка с 2041 по 2042 год оценивается на уровне 1,13 млн тонн[3].

Проектная мощность, которая включает в себя как промышленные запасы, так и производительность, количество и расположение горнодобывающего оборудования, была тщательно рассмотрена. Предусмотрено также количество технологического транспорта, задействованного в перевозке угля. Эти факторы способствуют эффективному и экономичному достижению принятой проектной мощности.

4.4 Производительность по вскрыше

В 2019 году на Майкубенском участке успешно отработано 11,387 млн кубометров вскрыши. В перспективе до 2020 года объем вскрышных работ прогнозируется на уровне 12,55 млн куб. м, в том числе 12,39 млн куб. м внешней вскрыши и 0,16 млн куб. м внутренней вскрыши.

Производительность внутренней вскрышной секции определена исходя из годовой добычи угля и коэффициента внутренней вскрыши. По наружной вскрыше проектная производительность Майкубенского участка в разные периоды работы колеблется от 10,64 млн м³ до 12,81 млн м³.

Всего за расчетный период с 2020 по 2042 год на Майкубенском участке предполагается отработать 287,86 млн куб. м вскрыши, из них 279,63 млн куб. м - наружная вскрыша и 8,23 млн куб. м - внутренняя вскрыша. Средний

коэффициент вскрыши за этот период оценивается в 2,47 м³/т по общей вскрыше, 2,40 м³/т по внешней вскрыше и 0,07 м³/т по внутренней вскрыше.

Важно отметить, что в процессе эксплуатации участка возможны отклонения от плановых объемов добычи угля и вскрышных пород. Эти отклонения могут изменяться в обе стороны, уменьшаясь или увеличиваясь, в зависимости от конкретных требований к поставке угля потребителям. Гибкость необходима для удовлетворения меняющихся потребностей рынка.

5 Вскрытие и порядок отработки поля разреза

Горно-геологические условия угольных горизонтов в пределах месторождения выявили, что участки Восточного и Центрального участков имеют минимальный коэффициент вскрыши. Майкубенский участок начал добычу угля на горизонте И-Ш участка Восточный в 1987 году, а в 1999 году Центральный участок начал освоение своих запасов.

В связи с пологим залеганием горизонта IW и выходом его в южную часть поля разреза способ разработки предполагает отработку горизонта с юга на север однонаправленным способом. Южная сторона раскопа остается неподвижной, в то время как северная сторона активно отрабатывается.

По состоянию на 1 января 2020 года участок имеет длину по простиранию 6,49 км и ширину 0,66 км. Горные работы достигли глубины 80 метров (горизонт +215 метров). Для обеспечения эффективной транспортировки на участке реализована транспортная система разработки, которая включает вывоз вскрышных пород как на внутренний, так и на внешний Западный отвал[4].

Разработка вскрышных и горных уступов осуществляется горизонтальным послойным подходом, при этом каждый слой имеет высоту до 15,1 метров. При удвоении уступов их высота может достигать 20,1 метров с учетом максимальных возможностей используемых экскаваторов. Угольный горизонт отрабатывают планомерно горизонтальными пластами с выборочным выемкой внутренних вскрышных пород по мере продвижения нижнего горного уступа.

Эта стратегия добычи обеспечивает систематический и контролируемый прогресс по мере того, как секция продолжает свою работу, оптимизируя эффективность добычи ресурсов.

Для оптимизации транспортировки вскрышных пород на Восточном участке шахты была создана дорожная система для транспортировки вскрышных пород с ПК-2+49 по ПК-4+10 как к внутренним, так и к внешним отвалам участка. Самосвальный мост используется для сокращения расстояния, необходимого для транспортировки угля и вскрышных пород. Количество и размещение отвальных мостов вдоль фронта горных работ определяются ежегодно в рамках программы развития горных работ на участке.

В целях оптимизации операций часть объемов вскрышных работ, предназначенных для автомобильного транспорта, будет передана подрядчикам на аутсорсинг. В настоящее время добыча угля и вскрышные работы на участке ведутся с использованием буровзрывных работ, при этом скважины бурятся буровой установкой DM-45.

На 2022 год производственные показатели включают 4,7 млн тонн угля и 11 млн м³ вскрышных пород, включая 10,7 млн м³ внешней вскрышной работы и 0,34 млн м³ внутренней вскрышной работы. Общий коэффициент

вскрытия, по прогнозам, составит 2,3 м³/т, при этом 2,19 м³/т для внешней вскрытия и 0,08 м³/т для внутренней вскрытия.

Горные работы охватывают весь фронт разреза как на восточном, так и на центральном участках, применяя послойный подход и используя автомобильные съезды для доступа к горным горизонтам. В 2022 году планируется добыть 2,40 млн тонн угля, при этом на участке "Восточный" будет добыто 5,19 млн тонн. Общий объем вскрышных работ за год составит 5,19 млн м³, при этом 5 млн м³ приходится на внешнюю вскрышную работу и 0,3 млн м³ - на внутреннюю вскрышную работу[1].

Горные работы на 2022 год запланированы в горизонтах на высотах +230,0 и +210,0. Используемое оборудование включает в себя одноковшовый экскаватор модели ЭКГ-10, гидравлический экскаватор типа Hitachi EX-1200 и самосвалы грузоподъемностью 40 тонн и 70 тонн для погрузки.

Вскрышные горизонты будут разрабатываться с использованием гидравлических экскаваторов Hitachi EX-2600 и одноковшовых экскаваторов ЭКГ-10, при этом вскрышные породы будут загружаться в самосвалы и транспортироваться на внутренний отвал на участке Восточный.

По прогнозам, добыча угля на участке "Центральный" в 2022 году достигнет 2,49 млн тонн. В процессе разработки будет задействован нижний карьерный уступ на высоте +200 м с использованием одноковшового экскаватора типа ЭКГ-10 и гидравлического экскаватора Hitachi EX-1200 для погрузки в самосвалы. Уголь будет транспортироваться на дробильно-сортировочный комплекс (ДСК) и угольный склад, а затем транспортироваться по железной дороге через станцию погрузки "Угольная".

На участке "Центральный" в 2022 году будут введены в эксплуатацию четыре вскрышных горизонта на высотах +275,0, +260,0, +245,0 и +230,0. Общий объем вскрышных пород оценивается в 5,74 млн м³, при этом 5,66 млн м³ отнесены к внешним вскрышным породам и 0,08 млн м³ - к внутренним вскрышным породам. Вскрышные горизонты будут разрабатываться с использованием одноковшовых экскаваторов ЭКГ-10 и гидравлических экскаваторов Hitachi EX-1200, при этом вскрышные породы будут загружаться в транспортные средства и транспортироваться на Внутренний отвал (центральная площадка) и внешний отвал породы на запад.

В пределах разведочных линий XX и XXI горизонт вскрышных пород на отметке +230 будет вырыт с использованием экскаватора-драглайна ЭШ-11.75 по бестранспортной технологии. Повторная выемка вскрышных пород будет производиться экскаватором-драглайном ЭШ-13.50 во внутренний отвал Центральной площадки.

Чтобы свести к минимуму расстояние транспортировки вскрышных пород к внутреннему отвалу, в настоящее время разрабатываются планы по строительству мостов для транспортировки породы и отвала высотой до 30 м в пределах зоны добычи. На 2022 год в границах Майкубенского участка будут установлены два транспортных самосвальных моста с учетом системы застройки и протяженности фронта работ.

Добычным и вскрышным работам предшествует подготовка к буровзрывным работам, при этом скважины бурятся с использованием буровых станков DM-45.

Заглядывая в будущее до 2032 года, проект предполагает добычу 5,3 млн тонн угля и 13,01 млн м³ вскрышных работ, включая 12,49 млн м³ внешней вскрышной работы и 0,52 млн м³ внутренней вскрышной работы. Общий коэффициент вскрытия, по оценкам, составляет 2,52 м³/т, при этом 2,39 м³/т для внешней вскрытия и 0,08 м³/т для внутренней вскрытия [3].

В соответствии с запланированными сроками добычи угля и вскрышных работ на Майкубенском участке, проект направлен на выравнивание фронта горных работ и осуществление более интенсивной разработки на участке Восточный в период с 2023 по 2032 год. Доступ к горным горизонтам на обоих участках осуществляется через систему автомобильных выездов, обеспечивающих доступ к внутрикарьерному угольному складу, расположенному в зоне внутреннего отвала на Центральной площадке, а также к мобильным дробильно-сортировочным комплексам (ДСК).

На площадке "Восточный" прогнозируемый объем добычи угля составит 2,79 млн тонн, при этом общий объем вскрышных работ составит 5,86 млн м³. Это включает в себя 5,55 млн м³ внешней вскрышной работы и 0,32 млн м³ внутренней вскрышной работы. Горные работы ведутся в горах на высотах +200,0 и +182 м с использованием гидравлических экскаваторов типа Hitachi EX-1200 для погрузки в самосвалы.

На участке Восточный имеется несколько текущих вскрышных горизонтов, в том числе +275, +260, +245, +230, и +215. Эти вскрышные породы обрабатываются с помощью гидравлических экскаваторов Hitachi EX-1200 и Hitachi EX-2600, которые загружают их в самосвалы для вывоза на внутренний отвал площадки "Восточный".

В 2032 году планируется, что добыча угля на участке "Центральный" достигнет 2,38 млн тонн. Процесс добычи включает в себя два горных уступа на высотах +200,0 и +182,5 м с использованием гидравлических экскаваторов типа Hitachi EX-1200.

Вскрышные работы на центральном участке проводятся на возвышенностях +275, +260, +245, +230, и +215. В 2032 году общий объем вскрышных работ на этом участке, по прогнозам, составит 7,09 млн м³, включая 7,02 млн м³ внешней вскрышной работы и 0,07 млн м³ внутренней вскрышной работы. К 2032 году планируется заменить устаревшие карьерные экскаваторы ЭКГ-10 новыми экскаваторами Hitachi, включая EX-1200, EX-1800 и одноковшовый экскаватор типа ЭКГ-12US. Транспортировка внешней вскрышной породы облегчается с помощью самосвалов, которые доставляют ее на внутренний отвал Центральной секции и внешний отвал породы на запад, используя транспортный отвальный мост. Перед проведением горных работ и вскрышных работ проводится подготовка к буровзрывным работам, при этом скважины бурятся буровыми машинами DM-45 как на горных, так и на вскрышных уступах.

В 2042 году на участке планируется добыть 5,2 млн тонн угля и провести в общей сложности 11,39 млн м³ вскрышных работ, в том числе 10,95 млн м³ внешней вскрышной работы и 0,44 млн м³ внутренней вскрышной работы. Общий коэффициент вскрытия, по прогнозам, составит 2,19 м³/т, при этом внешний объем вскрытия составит 2,11 м³/т, а внутренний - 0,08 м³/т.

Горные работы охватывают всю переднюю часть разрезаемого месторождения на восточном и центральном участках. В 2041 году состоялось открытие западного участка в границах реки л. XXIII-XXIV приступает к максимальному использованию недр. Примечательным аспектом открытия в этом году является то, что все вскрышные породы вскрыты до заданного контура. По мере приближения проекта к завершению нижний выступ вскрышных пород разрабатывается до минимально возможного размера с защитной насыпью в 15 м. В результате объем вскрышных работ значительно сокращается. Однако, если участок продолжит работу по новому контракту, он будет оснащен подготовленными запасами для обеспечения первых лет эксплуатации.

Доступ к горизонтам горных пород на участках осуществляется через систему магистралей и съездов, расположенных как на рабочей, так и на стационарной сторонах участка. Эти точки доступа обеспечивают подключение к внутренним свалкам для эффективной транспортировки и управления ими [5].

Планируемый объем вскрышных работ на площадке "Восточный" оценивается в 7,21 млн м³, включая 6,89 млн м³ внешней вскрышной породы и 0,32 млн м³ внутренней вскрышной породы. Наружные вскрышные породы обрабатываются гидравлическими экскаваторами Hitachi EX-1200 и EX-1800 в горах с высотами +275, +260, +245, +230.0, +215, и +200. Эти экскаваторы загружают вскрышную породу в самосвалы, которые затем транспортируют ее по транспортно-отвальному мосту на внутренний отвал в центральной секции. Внутренняя зачистка хранится во внутреннем отвале, расположенном под нижним основанием яруса отвала.

Добыча угля на площадке "Восточный" ведется тремя уступами. Верхний уступ, расположенный на высоте +185,0 м над уровнем моря, разрабатывается экскаватором EX1200-6 с обратной загрузкой лопатой с последующей транспортировкой на мобильные дробильно-сортировочные комплексы (ДСК). Средний карьерный уступ, расположенный на высоте +165,0 м над уровнем моря, и нижний уступ на высоте +157,5 м над уровнем моря обрабатываются гидравлическими экскаваторами Hitachi EX-1200.

Вскрытию горных горизонтов способствует центральная система автомобильных выездов, обеспечивающая доступ к погрузочной станции на стационарной стороне Восточного участка и станции Угольная. Вскрышные работы на участке "Восточный" ведутся в горах с высотами +275, +260, +245.0, +230, +215 и +200. Гидравлические экскаваторы различных типов, включая Hitachi EX-1200, EX-1800 и EX-2600, используются для внешней зачистки.

Эти экскаваторы загружают вскрышный материал в самосвалы для транспортировки на внутренний отвал в пределах участка Восточный.

В 2042 году планируемый объем вскрышных работ на участке "Центральный" составит 3,90 млн м³, включая 3,85 млн м³ внешней вскрышной работы и 0,05 млн м³ внутренней вскрышной работы. Общий коэффициент вскрытия, по прогнозам, составит 2,39 м³/т, при этом внешняя вскрытие составит 2,36 м³/т, а внутренняя - 0,03 м³/т. Внешняя вскрышная порода транспортируется автомобильным транспортом через транспортно-отвальный мост на внутренний отвал в пределах центральной секции. Внутренняя вскрышная порода хранится во внутреннем отвале, расположенном под нижним основанием яруса отвала.

Вскрышные работы на центральном участке охватывают горы с высотами +275, +260, +245, +230, +215 и +200. Наружная вскрышная работа проводится с использованием гидравлических экскаваторов, включая Hitachi EX-1200 и EX-1800, а также одноковшового экскаватора типа EKG12US. Эти экскаваторы загружают вскрышный материал в самосвалы, которые затем вывозят его на внутреннюю свалку, расположенную на центральной площадке [1].

Добыча угля на участке "Центральный", по прогнозам, достигнет 1,63 млн тонн. Доступ к горным горизонтам участка осуществляется через систему автомобильных выездов, которые ведут к внутрибарьерному угольному складу, расположенному внутри внутреннего отвала Центральной секции. Кроме того, доступ к углю можно получить со стационарных и мобильных установок ДСК.

Добыча угля на центральном участке ведется по двум уступам. На верхнем уступе, расположенном на высоте +165,0 м над уровнем моря, для погрузки угля в самосвалы используются гидравлические экскаваторы Hitachi EX-1200. Затем уголь транспортируется на внутрикарьерный угольный склад и передвижную ДСК. Нижний карьерный уступ, расположенный на высоте +140,0 м над уровнем моря, также обрабатывается гидравлическими экскаваторами Hitachi EX-1200, которые загружают уголь в самосвалы.

На участке "Западный" горные работы ведутся с использованием гидравлического экскаватора EX1200-6 с обратным захватом от горизонта (+271,5 м). На этом участке добывается около 0,64 миллиона тонн угля, который затем сортируется на стационарных и передвижных установках ДСК перед погрузкой в вагоны для доставки потребителям.

Внутренняя вскрышная порода извлекается с помощью горного гидравлического экскаватора, оснащенного прямой лопатой, и укладывается в забой. Объем внутренних вскрышных работ в 2042 году оценивается в 0,07 млн м³. Погрузчик обрабатывает отгрузку внутренней зачистки из штабеля, загружая ее в самосвалы для транспортировки на внутреннюю свалку, расположенную на центральной площадке, расположенной под нижним основанием яруса отвала.

Внутренний вскрышный материал, извлекаемый одноковшовыми экскаваторами, также транспортируется с помощью самосвалов. Что касается хранения внешних вскрышных пород, то был создан специальный западный внешний отвал вместимостью приблизительно 0,22 млн м³ материала.

6 Устойчивость уступов и бортов разреза

Устойчивость уступов и бортов разреза зависит от трех ключевых факторов: геологического состава, гидрогеологических условий и технологических соображений. Геологические факторы охватывают состав, состояние, структуру и свойства горных пород. Гидрогеологические факторы связаны с влиянием грунтовых вод, которые могут изменять свойства массива. Технологические факторы включают в себя способ вскрытия среза, систему проявки и отдельные производственные процессы.

Любое нарушение устойчивости бортов разреза может привести к увеличению объема вскрышных пород, дополнительным затратам на выемку грунта, сбоям в работе, простоям, авариям оборудования и значительным материальным потерям.

Угол наклона боковых сторон разреза должен в первую очередь удовлетворять требованиям устойчивости и обеспечивать подходящие платформы и бортики. Расчеты боковых углов были выполнены Казначейством в их отчете за 1992 год, озаглавленном "Рекомендации по разработке оптимальных параметров бортов и уступов на Майкубенском участке", компанией "Экибастузуголь", Караганда.

Согласно вышеупомянутому отчету, южная сторона имеет угол наклона 35° , в то время как северная сторона колеблется от 30° до 34° . Горные уступы имеют высоту 10,0-15,0 м, в то время как размеры вскрышных пород составляют 10,0-20,0 м. Рабочие и стационарные выступы имеют углы наклона 75° , а стационарные выступы в выветренных породах - 40° .

Простая традиционная технология, включающая вертикальную взрывную обработку скважин, может быть использована для разработки стационарных уступов высотой до 20,0 м. Однако крайне важно рассчитать требуемую ширину защитных бортов, учитывая естественное выветривание уступов и осыпание породы, в результате чего угол сплющивания (α) составит $70-75^\circ$.

Для стационарного выступа высотой 20,0 м максимальный угол наклона составляет 75° .

Угол наклона верхнего уступа высотой от 10 до 20 метров не должен превышать 55° . Традиционно рабочие уступы любой практической высоты разрабатываются путем бурения вертикальных скважин [5].

В настоящее время на участке ведутся вскрышные работы с использованием одноковшовых экскаваторов ЭКГ-10-мехлопатов и гидравлических экскаваторов Hitachi, которые загружают вынутый материал в самосвалы. На горных уступах работы выполняются одноковшовыми экскаваторами ЭКГ-10-мехлопатами и гидравлическими экскаваторами Hitachi EX-1200, загружающими материал в самосвалы.

Ширина рабочих площадок определяется на основе различных факторов, включая маршрут подхода, "обрушение" горных пород после взрывных работ, размещение транспортной полосы для транспортных средств

и обеспечение защитной насыпи. Рекомендации по этим параметрам можно найти в "Типовых технологических схемах ведения горных работ на угольных шахтах" (Челябинск, 1991).

Начиная с 2020 года планируется перейти к добыче угля и вскрышным работам с более высокими уступами, в частности, высотой 15 и 20 метров.

Поскольку конкретных рекомендаций по оптимальным параметрам устойчивых бортов при работе с высокими уступами на Майкубенском разрезе не существовало, максимальные углы устойчивости были приняты на основе анализа данных аналогичных проектов и справочной литературы, как указано в "Руководстве по открытой добыче полезных ископаемых" под редакцией К.Н. Трубецкого (Москва, Горное бюро, 1994). Для рабочего выступа высотой 20,0 м угол устойчивости установлен равным 75° . Для выступов высотой до 15,0 м угол наклона колеблется от 75° до 80° . Угол устойчивого наклона составляет 55° , а угол рабочей стороны колеблется от 20° до 25° .

Углы устойчивости, указанные в проекте, подлежат корректировке на основе научно-технических исследований, проведенных специализированными исследовательскими организациями. Важно следить за состоянием бортов, пандусов, откосов и уступов в карьере, независимо от того, присутствуют ли и соблюдаются ли указанные параметры бортов и уступов.

Раздел 33 "Единых правил безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом" (Алматы, 1994) предусматривает, что максимальные углы наклона нерабочих уступов и бортов (углы устойчивости), установленные проектом, могут быть изменены путем научно-технических исследований, проводимых в процессе эксплуатации карьера.

Следовательно, необходимо поддерживать контроль за устойчивостью высоких бортов и постоянно уточнять их параметры на основе геодезических наблюдений за деформациями горных пород. При обнаружении каких-либо признаков подвижки горных пород необходимо принять соответствующие меры для предотвращения неблагоприятных последствий деформаций и смещения уступов и боковых откосов в угольной шахте.

7 Отвальное хозяйство

7.1 Общая характеристика отвальных работ

Процесс укладки вскрышных пород в отвал служит заключительным этапом вскрышных работ, проводимых на участке. На Майкубенском участке горная масса, образовавшаяся в результате разработки выступов вскрышных пород, удаления угольного пласта и выборочной выемки комплексов горных пород, в настоящее время хранится в существующих отвалах ТОО "Майкубен-Вест".

Благодаря относительно пологим угольным пластам в основной части месторождения (в диапазоне от 4 до 12 градусов) стало возможным хранить вскрышные породы в пределах выработанного пространства участка. Это привело к снижению транспортных расходов и уменьшению площади, занимаемой внешними свалками [4].

Внешний железнодорожный отвал "Восточный" используется для складирования вскрышных пород с 1987 года. С 1987 по 2020 год общий объем вскрышных пород, хранящихся на внутреннем отвале, достиг 49,9 миллиона кубометров. Западные, центральные и Восточные внутренние автомобильные отвалы были созданы в 2001 году, при этом объемы хранящихся вскрышных пород составили 39,5 млн кубометров, 29,6 млн кубометров и 14,2 млн кубометров соответственно.

Таблица 7.1 – Основные фактические горно-технические показатели существующих отваловразреза «Майкубенский» на 01.01.2020 год

Наименование отвалов	Показатели				
	Год ввода отвала в эксплуатацию	Объем пород в отвале, м ³	Площадь, занимаемая отвалом, м ²	Количес тво ярусов, шт	Высота отвала, м
Восточный внешний ж.д отвал	1987	49 923 693	2 206 329	2	49
Внутренний ж.д отвал Восточный	2001	14 157 486	748 305	1	13-70
Центральный внутренний автоотвал	2001	29 637 802	740 762	2	30-80
Западный внешний автоотвал	2004	25 664 901	848 723	1	22-50
Западный внутренний автоотвал	2001	39 475 767	1 703 117	2	48-80
Западный внешний ж.д отвал	2008	7 975 497	516 816	1	12-27

Формирование Западной внешней свалки началось в 2004 году, со временем объем хранилища составил 25,7 миллиона кубометров.

Аналогичным образом, в 2008 году была создана Западная внешняя железнодорожная свалка, объем хранящихся вскрышных пород которой достиг 7,9 миллиона кубометров.

В непосредственной близости от ст. Временная насыпь была построена с использованием пустой породы, предназначенной для будущего использования при содержании автомобильных дорог, засыпке ям, ремонте выбоин и других целях (см. черт. Р190919-109.1-ГОРЫ, л.1-3).

В таблице 7.1 приведены основные эксплуатационные и технические показатели существующих отвалов на Майкубенском участке.

7.2 Технология отвалообразования и механизация отвальных работ

Выбор технологии отвалообразования был основан на существующих методах транспортировки, используемых на Майкубенском участке для удаления вскрышных пород, а также на специфических требованиях процесса разработки зоны вскрышных пород.

В плане добычи полезных ископаемых, рассчитанном на период 2020-2042 годов, предусмотрена транспортная система, использующая циклические экскаваторы и самосвалы грузоподъемностью 40 тонн, 70 тонн и 130 тонн для обработки вскрышных пород. Бульдозерный отвал используется на Западном внешнем отвале и Внутреннем проектном отвале, который образуется путем использования существующих внутренних отвалов, таких как Центральный отвал и Восточный автоотвал в пределах Майкубенского участка.

Самосвалы типа БелАЗ-75131, а также грузовики грузоподъемностью 40 тонн и 70 тонн отвечают за транспортировку вскрышных пород на отвалы. Для процесса отваливания планируется использовать бульдозеры, в частности модели Т-35 и DET-250. В таблице 7.2 представлен обзор ключевых показателей эффективности бульдозеров-самосвалов.

Таблица 7.2 – Сводные показатели производительности отвальных бульдозеров

Наименование	Производительность расчетная			
	часовая м³/час	сменная м³/см	суточная м³/сут	годовая млн.м³/г
Бульдозер на базе трактора Т-35	478,7	5745,0	11489,0	3,52 5
Бульдозер на базе трактора ДЭТ-250	263,9	3166,0	6332,0	1,91 3

В соответствии с этим планом горных работ, в центральной части участка будет использоваться технология, не требующая транспортировки, включающая повторное вскрытие вскрышных пород и их размещение во внутреннем отвале.

Процесс разработки вскрышных пород без использования транспорта осуществляется с помощью экскаватора-драглайна ЭШ-11/70, в то время как экскаватор-драглайн ЭШ-13/50 специально используется для этапа повторного вскрытия. Методология проведения самосвальных работ с использованием технологии, не требующей транспортировки, представлена на рисунке 7.1

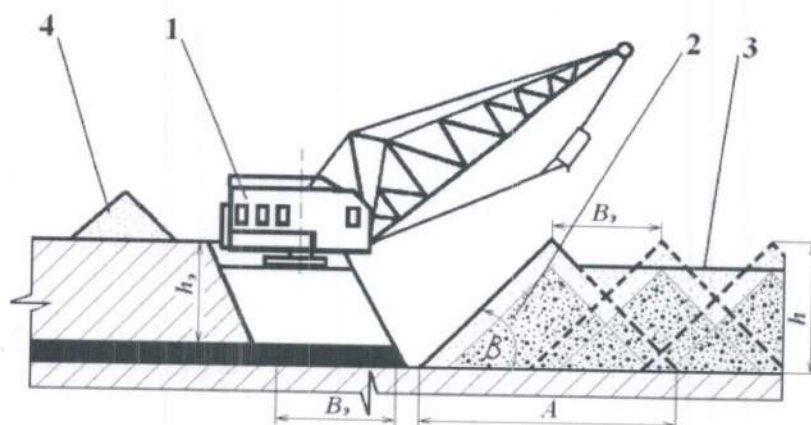


Рисунок 7.1 – Экскаваторная технологическая схема формирования откосов и рекультивации внутренних отвалов вскрышных пород на угольных разрезах: 1-драглайн; 2-отвалы песчаников и неплодородных пород; 3-спланированные отвалы; 4-предварительно снятые плодородный и потенциально-плодородный слои породы

В таблице 7.3 представлен обзор ключевых показателей производительности самосвальных экскаваторов с краткой информацией об их важных параметрах и технических характеристиках.

Таблица 7.3 – Сводные показатели производительности отвальных экскаваторов

Наименование	Производительность расчетная			
	часовая м ³ /час	сменная м ³ /см	суточная м ³ /сут	годовая млн.м ³ /г.
Экскаватор-драглайн ЭШ-11/70	504	4431	8863	2,425
Экскаватор-драглайн ЭШ-13/50	624	6888	13777	3,442

Способ отсыпки отвального моста предполагает использование бульдозерной технологии, при этом процесс отсыпки происходит от верхнего горного уступа к внутреннему отвалу. Примечательно, что нижний уровень отвала выровнен с уровнем кровли угольного пласта.

Для обеспечения безопасного движения транспортных средств ширина самосвального моста в верхней части должна составлять минимум 39,4 м. Эта ширина включает в себя различные компоненты, такие как проезжая часть

шириной 24,0 м, обочины размером 2х1,50 м и ширина основания направляющего вала 2х5,2 м.

Количество отвальных мостов, а также их расположение вдоль фронта горных работ и продолжительность их использования определяются на основе годовой программы развития горных работ на данном участке[2].

Процесс демонтажа транспортно-самосвального моста осуществляется в несколько этапов. В этом проекте описана трехэтапная процедура демонтажа с использованием гидравлического экскаватора. Учитывая тип используемого экскаватора, высота каждого демонтированного слоя самосвального моста составит 10,0 м. Вскрышные породы, образующиеся в процессе демонтажа, складироваться на внутреннем отвале с помощью методов перевалки.

8 Геомеханическая оценка устойчивости внутренних отвалов

Численное моделирование геомеханических процессов в массивах отвалов проводилось с использованием лицензированной программы анализа конечных элементов Phase2 Rocscience Inc. Программа Phase2 предназначена для моделирования геомеханических процессов в массивах грунта и позволяет анализировать снижение прочности на сдвиг в массивах горных пород с использованием метода снижения прочности на сдвиг. Используя функцию снижения прочности на сдвиг в фазе 2, можно выполнить анализ методом конечных элементов и рассчитать критический коэффициент снижения прочности, известный как PCB (SRF - коэффициент снижения прочности). Этот коэффициент эквивалентен коэффициенту запаса устойчивости (КЗУ) [3].

Рекомендуемые значения коэффициента запаса устойчивости для отвальных массивов приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1 – Значения коэффициентов запаса устойчивости для отвальных массивов

Отвалообразующие породы	Тип отвала	Основание отвала	Рекомендуемый коэффициент запаса устойчивости
Скальные и полускальные	Внешний	Прочное	1,05
	Внутренний	Слоистое	1,05*–1,10
Рыхлые песчано-глинистые	Внешний	Прочное	1,10
		Слоистое	1,10*–1,20
	Внутренний	Прочное	1,10*–1,15
		Слоистое	1,20
Слабые глинистые	Внешний	Прочное	1,20
		Слабое	1,20*–1,30
		слоистое	1,20
	Внутренний	Прочное	1,20*–1,30
		Слоистое	
Скальные, полускальные Рыхлые песчано-глинистые	Нагруженный	Любое	1,10*–1,20
			1,20–1,30
* Показатели физико-механических свойств пород отвалов и их оснований определяются методом обратных расчетов или натурными испытаниями.			

Алгоритм расчета коэффициента устойчивости массива отвалов включает итеративные вычисления прочностных характеристик во всех

элементах массива. Это достигается за счет поэтапной загрузки модели, в результате чего напряжение достигает предела прочности на сдвиг внутри склона и последующее смещение горных пород (оползень). Процесс вычисления коэффициента устойчивости повторяется до тех пор, пока склон не потеряет свое стабильное состояние, визуальное представленное наиболее вероятной линией скольжения, вдоль которой смещается массив. Коэффициент устойчивости (КСП), превышающий 1, указывает на стабильное состояние, в то время как значение КСП, меньшее 1, указывает на возникновение оползня.

8.1 Предельная высота отсыпки 1 яруса отвала

На параметры отвалов в первую очередь влияют такие факторы, как несущая способность их оснований, прочностные характеристики складированных пород и технологические параметры используемого горного оборудования.

На основании инженерно-геологических изысканий, проведенных на Майкубенском участке, расчетные прочностные характеристики горных пород, сбрасываемых в отвалы, при коэффициенте запаса устойчивости (n), равном 1,20, имеют следующие значения: адгезия (S_p) $1,6 \text{ тс/м}^2$ ($0,016 \text{ МПа}$), внутренняя угол трения (φ_p) составляет 29° , а плотность (γ) - $1,72 \text{ т/м}^3$.

Процесс формирования отвала осуществляется с помощью бульдозера D-394 на базе трактора Т-330R. Удельная нагрузка этого бульдозера на грунт составляет $P = 4,39 \text{ тс/м}^2$ ($0,043 \text{ МПа}$).

Согласно методическим рекомендациям [4], максимальная высота вертикального склона рассчитана как $H_{90} = 0,6 \text{ м}$, а сопротивление горной породы сжатию составляет $\sigma_0 = 5,43 \text{ тс/м}^2$ ($0,054 \text{ МПа}$). Учитывая, что угол наклона ($\alpha_{отк}$) свежесыпанного отвала равен 35° , условная высота склона (H') составляет 27 м. Принимая во внимание вес бульдозера D-394, формирующего отвал, максимальная предельная высота склона (H) составит $H = N' \cdot H_{90} = 16,2 \text{ м}$.

Геомеханическое моделирование играет решающую роль в определении оптимальных параметров строительства внутренних отвалов и оценке их устойчивости. При этом учитываются физические и механические характеристики основания и вскрышных пород, а также нагрузка, оказываемая горным оборудованием для различных систем формирования отвалов [2].

На рисунке 8.1 показана геомеханическая модель, используемая для анализа устойчивости двухъярусного внутреннего отвала при отваливании бульдозером. Модель имеет размеры $600 \times 120 \text{ м}$, при этом скальная порода, представляющая собой основание, имеет размеры $600 \times 75 \text{ м}$. Согласно проекту формирования отвала на Майкубенском участке и предварительным инженерным расчетам, высота первого яруса отвала составляет 40 м, а второго яруса достигает до 40 м.

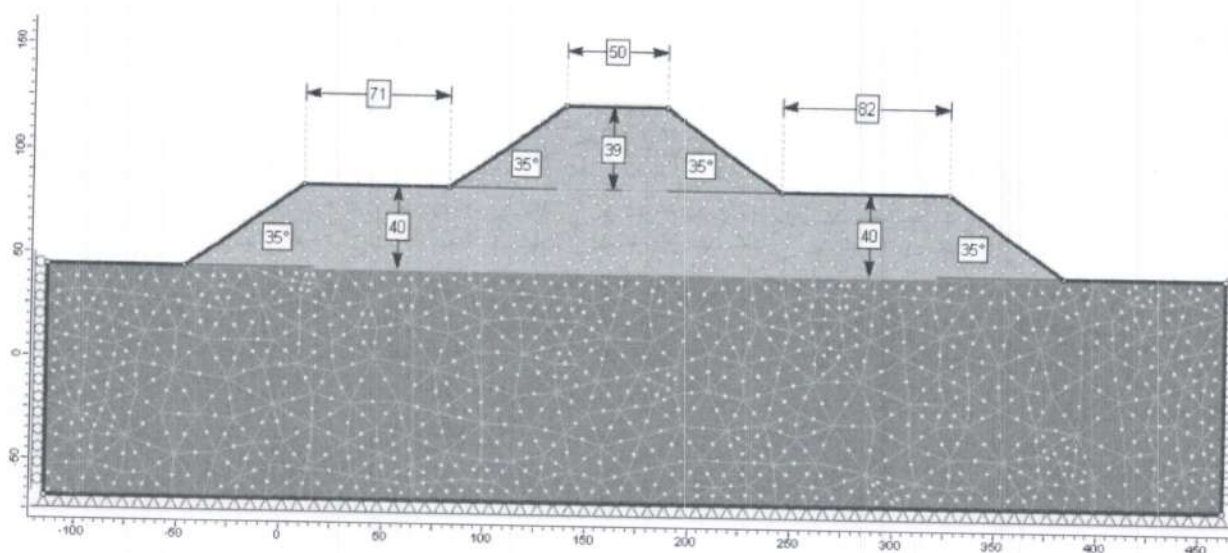


Рисунок 8.1 – Модель для расчета устойчивости внутреннего отвала

Устойчивость отвала оценивалась путем систематического увеличения высоты (H) отвала с шагом 10 м при одновременной регулировке положения бульдозера D-394 на базе трактора Т-330R на расстоянии (b) от 2 до 10 м с шагом 2 м по направлению к отвалу, край свалки.

Во время формирования начального слоя высотой $H=10$ м в присклонной области отвальных вскрышных пород наблюдались преимущественно горизонтальные смещения (U_x) в диапазоне от 0,03 до 0,06 м. Наблюдаемые максимальные деформации сдвига ($\epsilon_{\max}$) достигли значений 0,15. Важно отметить, что расстояние $b=4$ м от бульдозера до края отвала создает критическую ситуацию, так как существует риск смещения породы.

По мере увеличения высоты отвала до $H=20$ м устойчивость откосов, учитывая свежесасыпанный отвал с углами наклона ($\alpha_{\text{отк}}$) 35° , снизилась с 2,4 до 1,56 без учета нагрузок на оборудование. Максимальные деформации сдвига увеличились до значений $\epsilon_{\max}=0,3$, сопровождаясь горизонтальными смещениями (U_x) в диапазоне от 0,6 до 1,2 м. На расстоянии $b=6$ м от бульдозера до края отвала ситуация становится критической, приближаясь к пределу устойчивости.

Эти результаты подчеркивают важность тщательной оценки устойчивости отвала в процессе формирования, принимая во внимание высоту отвала, положение бульдозера и потенциальные риски, связанные со сдвиговыми деформациями, горизонтальными смещениями и возможностью смещения породы [4].

По мере увеличения высоты отвала до $H=30$ м устойчивость откосов в свежесыпанном отвале с углом наклона ($\alpha_{\text{отк}}$) 35° снижается с 1,56 до 1,32 без учета нагрузок на оборудование. Максимальные деформации сдвига достигают значений $\epsilon_{\max}=0,1$, а горизонтальные смещения (U_x) в пределах участков склона составляют от 0,6 до 1,2 м. Примечательно, что по мере увеличения высоты отвала в основании первого яруса отвала, прилегающего к коренным породам, начинают появляться зоны повышенных деформаций.

При $H=40$ м эти зоны становятся более выраженными и способствуют дестабилизации основания отвала, что приводит к увеличению сдвиговых деформаций и возникновению поверхности скольжения. Общий коэффициент стабильности (КПУ) рассчитан как равный 1,25, без учета нагрузки на оборудование. Максимальные деформации сдвига достигают значений $\epsilon_{\max} = 0,54-0,6$, а горизонтальные смещения (U_x) в пределах участков склона составляют от 0,6 до 0,9 м. Критическая ситуация возникает на расстоянии $b = 10$ м от бульдозера до края отвала, где в горном массиве образуется участок прокола, служащий начальной точкой для поверхности скольжения (см. рис. 8.2).

Согласно рекомендуемым руководящим принципам, для обеспечения устойчивости самосвала коэффициент устойчивости (КЗУ) должен быть больше или равен 1,2 при эксплуатации до 5 лет и больше или равен 1,3 при эксплуатации более 5 лет.

Рисунок 8.3 иллюстрирует зависимости коэффициента устойчивости (КЗУ) первого яруса отвала от положения горного оборудования. Результаты расчета КЗУ для высот отвалов в диапазоне от 10 до 40 м представлены в виде аналогичных линий тренда мощности.

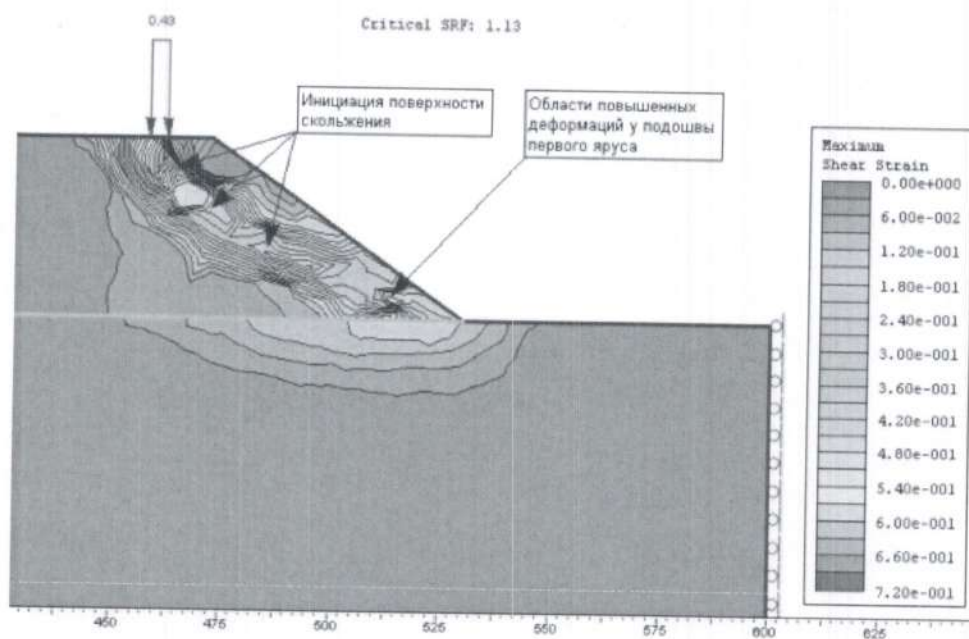


Рисунок 8.2 – Нарастание деформаций и возникновение поверхности скольжения в подошве отвала первого яруса при $H=40$ м

Сооружение отвала высотой, превышающей высоту первого яруса $H \geq 40$ м, нецелесообразно из-за неблагоприятного увеличения сдвиговых деформаций в зоне склона отвала и вдоль границы с породами основания. Эти условия создают благоприятную среду для обширных оползневых процессов

внутри массива, которые со временем приведут к уменьшению угла наклона отвала приблизительно до $\alpha_{отк}=28-30^\circ$.

Интересно, что, поскольку высота первого яруса превышает 40 м, устойчивость отвала претерпевает лишь незначительные изменения в узких пределах. Коэффициент устойчивости (КЗУ) колеблется от 0,99 до 1,09 на определенных расстояниях от края бульдозера до края бровки, которые составляют b =от 2 до 10 м.

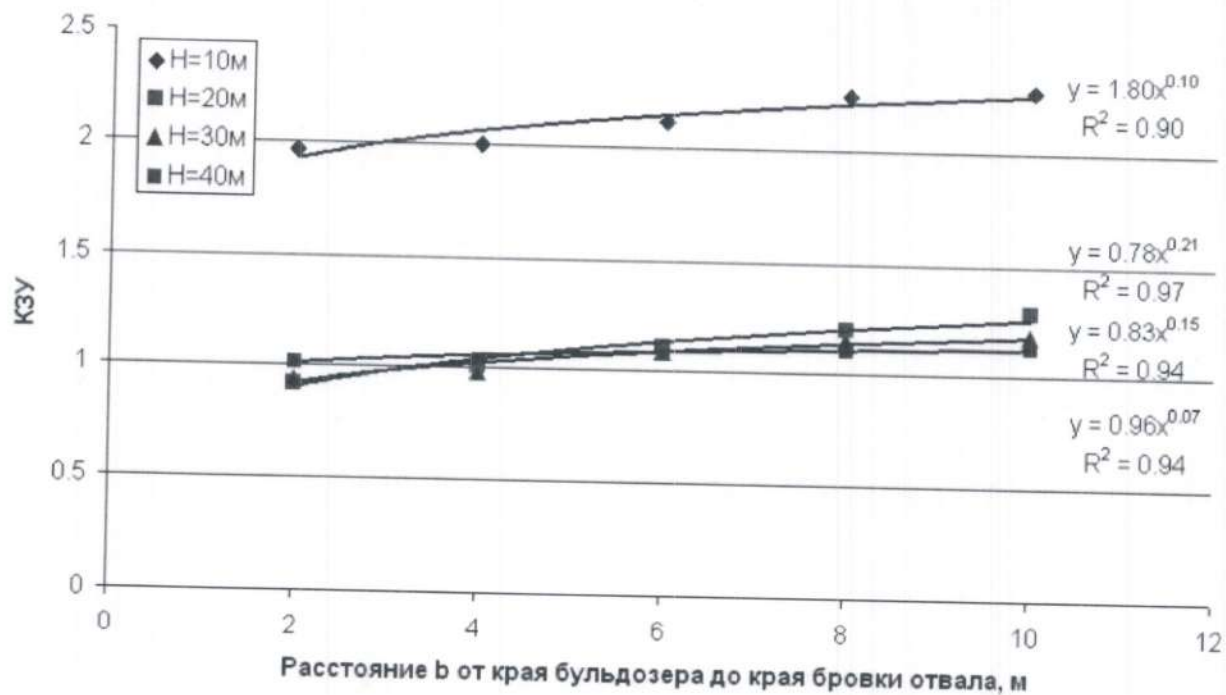


Рисунок 8.3 – Зависимость коэффициента запаса устойчивости первого яруса отвала от расположения горнотранспортного оборудования

8.2 Предельная высота отсыпки 2 яруса отвала

Оценка устойчивости полигона во время засыпки второго яруса проводилась аналогично этапам численного моделирования, используемым для оценки устойчивости первого яруса. Это включало постепенное увеличение высоты свалки, H , с шагом в 10 м и регулировку положения бульдозера D394 по направлению к краю свалки в диапазоне $b=2...10$ м. Ширина защитной насыпи, обозначенной буквой a , была сохранена на уровне 75 м в соответствии со спецификациями проекта.

Во время формирования первого слоя высотой $H=10$ м на полигоне вскрышных пород наблюдались незначительные деформации и смещения, которые оказали минимальное влияние на общую устойчивость массива горных пород по сравнению с предыдущим этапом возведения первого яруса. Горизонтальные смещения, U_x , варьировались от 0,1 до 0,2 м, а максимальные сдвиговые деформации (ϵ_{max}), оставались незначительными в диапазоне от 0,03 до 0,05. Коэффициент использования устойчивости (КЗУ), был определен

равным 1,23 как без нагрузки от бульдозера, так и с учетом нее, в первую очередь под влиянием деформаций склонов первого яруса [3].

При увеличении высоты полигона до $H=20$ м устойчивость склонов при заданных углах наклона, $\alpha_{отк}=35^\circ$, несколько снизилась в коэффициенте использования (КЗУ), с 1,23 до 1,20, без учета нагрузок на оборудование. Максимальные сдвиговые деформации на склонах второго яруса достигали значений $\epsilon_{max}=0,09$, а горизонтальные смещения, U_x , варьировались от 0,1 до 0,2 м. Коэффициент использования, КЗУ, варьировался от 1,20 до 1,22 на различных расстояниях, b , в пределах 2...10 м.

Дальнейшее увеличение высоты второго яруса до $H=30$ м не повлияло на устойчивость откосов при заданных углах наклона, $\alpha_{отк}=35^\circ$. Максимальные деформации сдвига (ϵ_{max}), оставались неизменными при значениях от 0,09 до 0,1, а горизонтальные смещения, U_x , на участках склона измерялись в диапазоне от 1,0 до 1,3 м. Коэффициент использования устойчивости, КЗУ, был определен равным 1,21 на расстояниях, (b) , в диапазоне от 2 до 10 м.

На высоте $H=40$ м отчетливые зоны деформации в массиве демонстрировали явные признаки дестабилизации основания свалки, о чем свидетельствовало выдавливание породы. Возрастающие сдвиговые деформации в этих зонах способствовали возникновению поверхности скольжения, что привело к крупномасштабным оползневым процессам внутри массива. Общий коэффициент использования центрального процессора для обеспечения стабильности, без учета нагрузки на оборудование, составил 1,21. Максимальные деформации сдвига достигали значений $\epsilon_{max}=0,12-0,16$, а горизонтальные смещения, U_x , на участках склона варьировались от 2,0 до 2,5 м. Эти смещения увеличивались в зависимости от близости горного оборудования к краю свалки, что свидетельствует о значительных оползнях в массиве. Поверхность скольжения на склонах второго яруса была четко различима (рисунок 8.4).

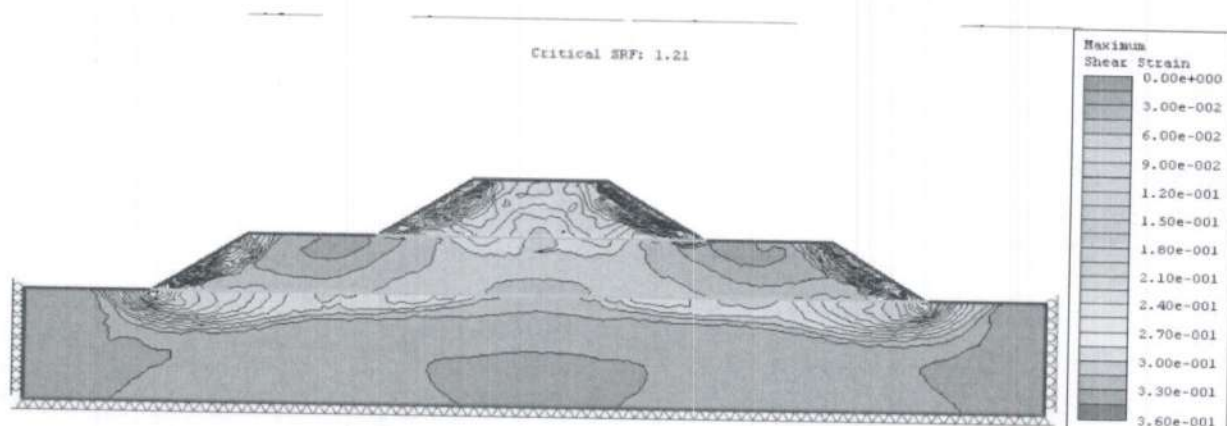


Рисунок 8.4 – Нарастание деформаций и возникновение поверхности скольжения в подошве отвала 2 яруса ($H=40$ м)

Основываясь на вышеупомянутых результатах, можно сделать вывод, что высота $H=30$ м служит максимальным пределом для второго яруса свалки,

учитывая указанные углы наклона для свежесыпанной свалки, $\alpha_{отк}=35^\circ$, и физико-механические характеристики горных пород. Расстояние между бульдозером и краем свалки, находящееся в пределах $b=2\ldots 10$ м, не оказывает существенного влияния на общую устойчивость горного массива. Несмотря на относительно незначительные колебания, наблюдаемые в полученных значениях КЗУ, в диапазоне от 1,21 до 1,23, соответствующих заданным высотам отвала и положению бульдозера на уступе, существенные смещения внутри массива и возникновение крупномасштабных оползневых процессов очевидны при $H=40$ м. Поэтому рекомендуется ограничить заполнение второго яруса высотой $H=30$ м.

8.3 Оценка геомеханической устойчивости отвала на наклонном основании

Учитывая горно-геологические условия Майкубенского разреза и особенности технологии разработки угольных пластов, использование технологии внутреннего отвалообразования оказывается экономически целесообразным инженерным решением. Однако одной из основных проблем этой технологии, специфичной для горно-геологических условий участка, является залегание наклонных пластов полезных ископаемых. Кроме того, планировка участка имеет пологий профиль, и хранение вскрышных пород на наклонном основании может привести к нестабильному состоянию отвалов[5].

Для решения этой проблемы внедрение численного моделирования и оценки геомеханической устойчивости отвала на наклонном основании становится решающим шагом в применении технологии внутреннего отвалообразования. Анализ устойчивости отвала на наклонном основании проводился аналогично этапам численного моделирования многоярусных отвалов. Для геомеханической оценки была принята конструктивная схема с двухъярусным отвалом. Исходя из полученных результатов, рекомендуется ограничить максимальную высоту первого яруса до 40 м, а второго яруса - до 30 м. Рассматриваемые переменные включают угол наклона основания отвала (β) с шагом 5° , положение горного оборудования от края отвала (b) с шагом 2 м и угол наклона отвала (α) с шагом 5° . Предполагается, что абсолютная высота отвала, обозначаемая как h , постоянна и составляет 40 м.

На рисунке 5 показан профиль отвала на наклонном основании с углом падения породы (β), равным 5° , и углом наклона отвала (α), равным 15° . При заданных геометрических параметрах наблюдаются значительные смещения массива (U_x) в диапазоне от 2,7 до 3,0 м на уровне границы между складированными породами и наклонным основанием, независимо от нагрузок от горного оборудования на поверхность отвала. Коэффициент использования для обеспечения стабильности (КЗУ) определен равным 1,5 (рисунок 8.5).

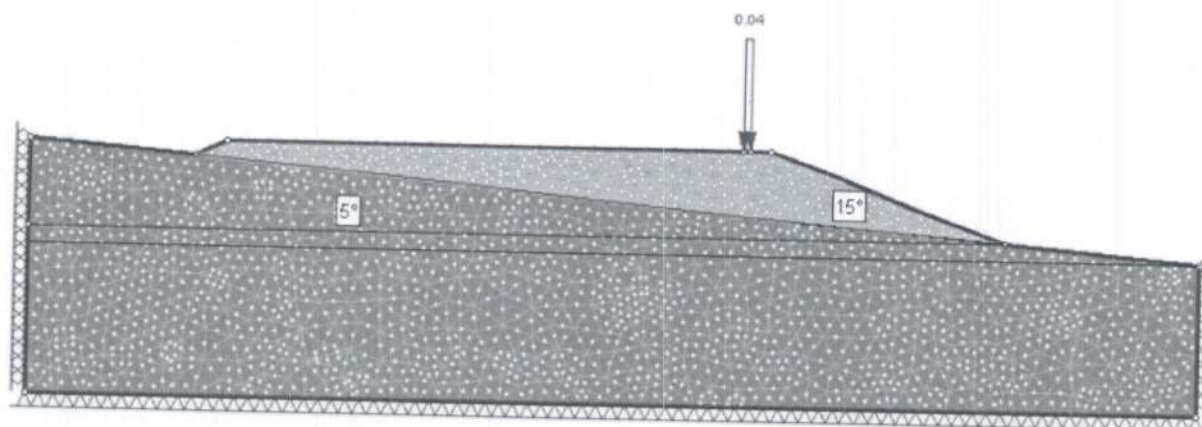


Рисунок 8.5 – Профиль отвала на наклонном основании с углом падения пород $\beta=5^\circ$

При увеличении угла наклона отвала до $\alpha=20^\circ$ коэффициент использования устойчивости (КЗУ) достигает 1,42. Наблюдаются горизонтальные смещения (U_x) в диапазоне от 2,7 до 3,0 м, на которые незначительно влияют нагрузки от оборудования для транспортировки руды на поверхность отвала в пределах дальности действия $b=2\ldots 10$ м.

При дальнейшем увеличении угла наклона лопасти до $\alpha=30^\circ$ коэффициент использования устойчивости (КЗУ) уменьшается до 1,21. Смещения (поток) увеличиваются до 3,6...3,8 м, что указывает на протекание интенсивных оползневых процессов в присклонной области массива. Деформации на нижнем краю отвала и смещение массива в основном происходят вдоль контакта слоев в результате скольжения горных пород, засыпанных в отвал. Следует отметить, что в процессе выравнивания склона фактический угол наклона может быть меньше расчетного.

При угле наклона $\alpha=35^\circ$ коэффициент использования устойчивости (КЗУ) падает до 1,07. Учитывая указанные физико-механические характеристики горных пород внутри отвала, массив становится неустойчивым, а горизонтальные смещения (поток) достигают 3,0 м, что указывает на значительные оползневые процессы в районе склона массива. Еще раз важно учитывать, что фактический угол наклона может быть уменьшен в процессе выравнивания склона[1].

Исходя из полученных результатов относительно устойчивости отвалов на пологонаклонном основании с углом падения породы $\beta=5^\circ$, можно сделать вывод, что высота первого яруса отвала, исходя из абсолютных отметок нижнего и верхнего краев, не должна превышать $h=40$ м. Кроме того, угол наклона отвала должен быть ограничен $\alpha \leq 30^\circ$. Соблюдая эти технические требования, можно обеспечить требуемый коэффициент устойчивости отвалов, $KЗУ \geq 1,2$. На рисунке 8.6 показано Смещения в массиве отвала на наклонном основании ($\beta=5^\circ$, $\alpha=15^\circ$).

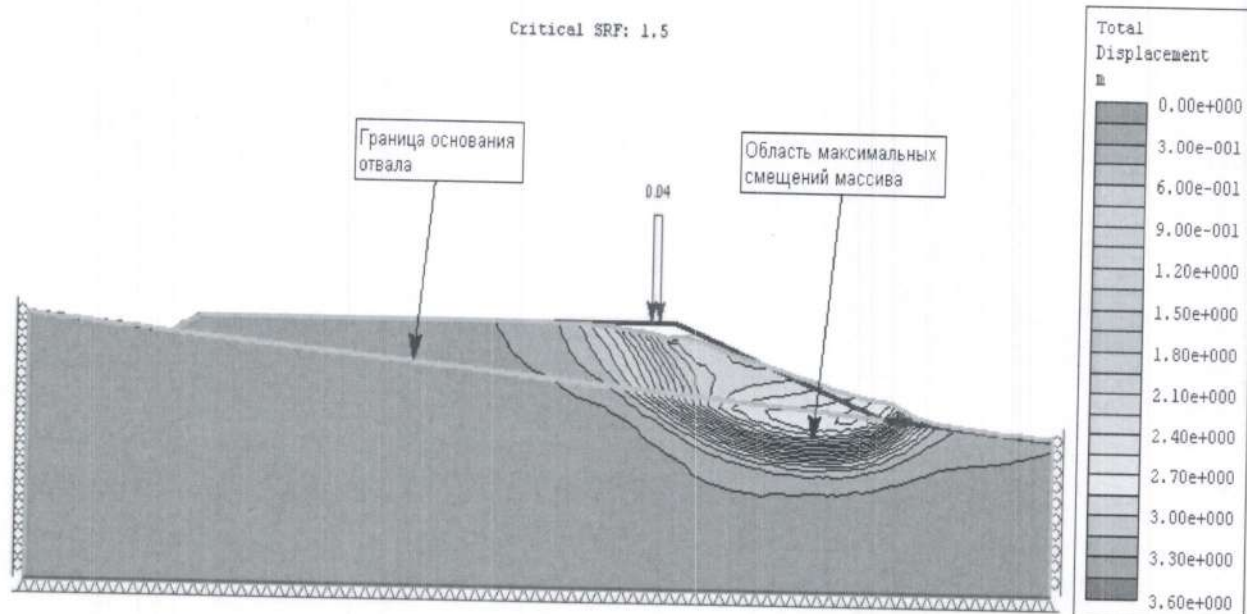


Рисунок 8.6 – Смещения в массиве отвала на наклонном основании ($\beta=5^\circ$, $\alpha=15^\circ$)

Принимая во внимание расстояние $b=75$ м от края верхнего выступа, никаких деформаций или смещений массива не наблюдается. Следовательно, это расстояние следует рассматривать как обозначенный интервал между верхним выступом первого яруса и нижним выступом второго яруса.

На рисунке 8.7 показан профиль отвала на наклонном основании, при этом результирующий угол падения породы (β) равен 10° , а угол наклона для второго яруса $\alpha_2=15^\circ$

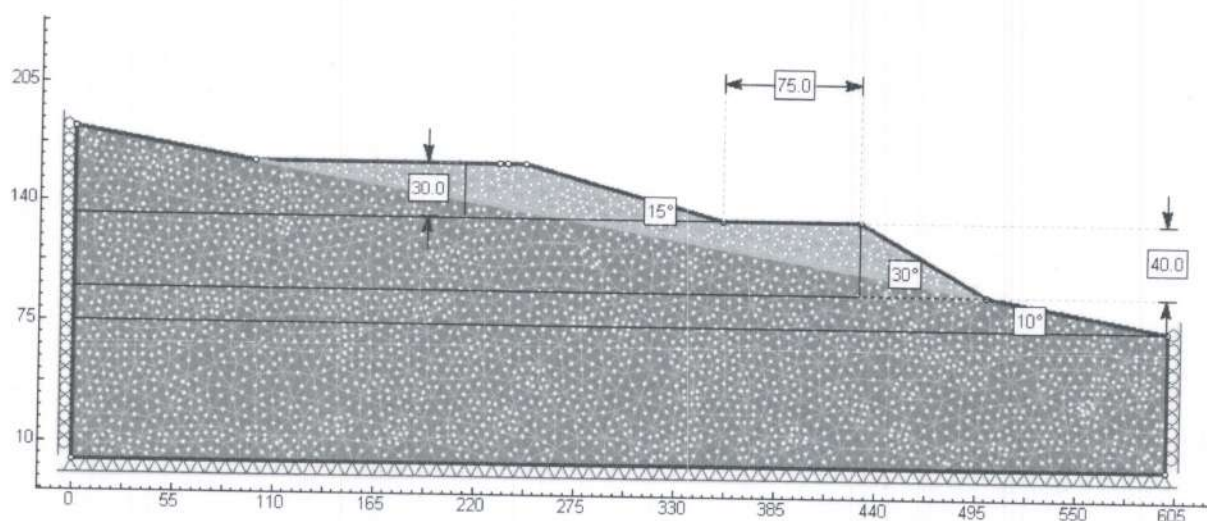


Рисунок 8.7 – Профиль 2-ярусного отвала на наклонном основании ($\beta=10^\circ$, $\alpha_1=30^\circ$, $\alpha_2=15^\circ$)

Максимальные смещения внутри массива, варьирующиеся от $U_x=3,0$ до $3,3$ м, в основном сосредоточены на нижнем выступе первого яруса, где он соприкасается с породами основания. На втором ярусе отвала существенных деформаций не наблюдается, и коэффициент устойчивости (КЗУ) остается на уровне 1,24. Расположение горного оборудования на уступе не оказывает какого-либо заметного влияния на стоимость КЗУ. Аналогичные закономерности смещения и значение КЗУ, равное 1,24, наблюдаются, когда угол наклона второго яруса (α_2) установлен равным 20° .

Поскольку угол наклона второго яруса увеличивается до $\alpha_2=25^\circ$, существенных изменений в характере максимальных смещений внутри массива не происходит. Смещения в диапазоне от $U_x=3,6$ до $4,8$ м по-прежнему сосредоточены на нижней кромке первого яруса отвала. На втором ярусе существенных деформаций не наблюдается, и коэффициент устойчивости (КЗУ) остается на уровне 1,23.

Однако по мере дальнейшего увеличения угла наклона второго яруса до $\alpha_2=30^\circ$ наблюдается заметное увеличение сдвиговых деформаций внутри массива (как показано на рисунке 8). Это увеличение связано с изменением уклона и дополнительной нагрузкой, создаваемой горным оборудованием, что приводит к деформационным процессам внутри основного массива горных пород. Кроме того, становится очевидной крупномасштабная поверхность скольжения, проходящая сквозь породы основания отвала. Коэффициент стабильности (КЗУ) достигает своего максимально допустимого значения 1,21.

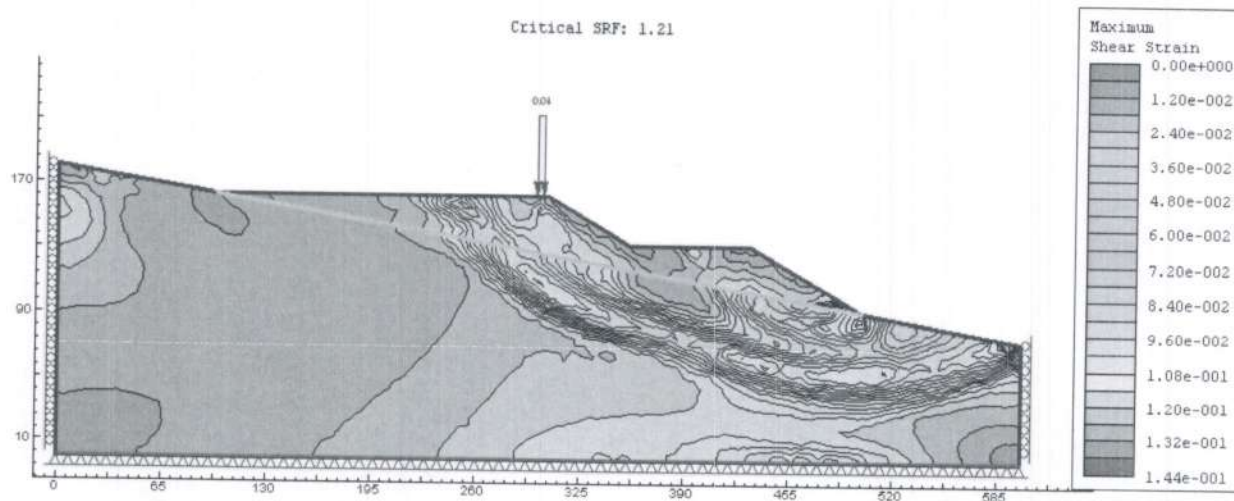


Рисунок 8.8 – Максимальные сдвиговые деформации в массиве для 2-ярусного отвала на наклонном основании с углом падения пород ($\beta=10^\circ$, $\alpha_1=30^\circ$, $\alpha_2=30^\circ$)

2-й ярус отвала демонстрирует значительные смещения, достигающие значений $U_x=2,0-2,5$ м, что указывает на протекание интенсивных оползневых процессов внутри массива.

Следовательно, не рекомендуется сооружать 2-й ярус внутреннего отвала с углом наклона (α_2) более 30° из-за критических условий устойчивости. Однако, принимая во внимание необходимость складирования вскрышных пород в пределах вырытой территории карьера, можно рассмотреть возможность формирования 3-го яруса отвала над уровнем земли, включающего в себя защитную насыпь с расстоянием $b=75$ м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, учитывая горно-геологические условия Майкубенского участка и специфические особенности разработки угольных пластов, внедрение технологии внутреннего отвалообразования оказывается жизнеспособным инженерным решением. Однако из-за наклонного профиля разрабатываемого участка хранение вскрышных пород на наклонном основании может привести к нестабильности отвалов.

С помощью численного моделирования с использованием программы анализа конечных элементов Phase2 была проанализирована геомеханическая устойчивость внутренних отвалов на наклонно-полом основании, что привело к определению оптимальных геометрических параметров.

Для отвала на плоском основании было установлено, что высота первого яруса не должна превышать $H = 40$ м с учетом указанных углов наклона для свежезаполненного отвала ($\alpha_{отс} = 35^\circ$). Аналогично, для плоского основания высота второго яруса не должна превышать $H = 30$ м.

При размещении внутренних отвалов на основании с полым наклоном ($\beta \leq 10^\circ$) рекомендуется, чтобы высота первого яруса, исходя из абсолютных отметок нижнего и верхнего краев, не превышала $h = 40$ м, а угол наклона отвала (α_1) должен быть сохранен ниже или равным 30° для достижения требуемого коэффициента устойчивости $KЗУ \geq 1,2$. Кроме того, высота второго яруса не должна превышать $h = 30$ м, и угол наклона отвала (α_2) также должен поддерживаться ниже или равным 30° .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 План горных работ промышленной разработки Шоптыкольского угольного месторождения Майкубенского угольного бассейна на 2020-2042 г.г. Корректировка.
- 2 Левченко Я.В. Влияние морфологических, геомеханических и технических факторов на изменение вскрываемых запасов угля. Горный информационно-аналитический бюллетень – 2015. – No 7. – С. 416–422.
- 3 Левченко, Я.В. Порядок и принципы отработки крупных угольных брахисинклиналей. Д.П. Мелехов, В.И. Супрун, Д.В. Пастихин, С.А.Радченко, Я.В. Левченко, О.Л. Панченко. Уголь. – 2013. – No 6. – С. 22–26.
- 4 Левченко Я.В. Влияние морфологических, геомеханических и технических факторов на изменение вскрываемых запасов угля. Горный информационно-аналитический бюллетень – 2015. – No 7. – С. 416–422.
- 5 Супрун В.И., Радченко С.А., Левченко Я.В., Панченко О.Л. Проблемы и перспективы отработки каменноугольного месторождения. Уголь. – 2013. – No 2. – С. 8–10.