

-МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра Горное дело

Смагулов Нуржан Нурланович

Разработка эффективной технологии добычи полезных ископаемых
гидромеханическим способом на примере Обуховского месторождения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

7М07203 – Горная инженерия

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра Горное дело

7М07203 – «Горная инженерия»



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ГД

д-р техн. наук, профессор

Молдабаев С.К.

2024 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Смагулов Нуржан Нурланович

Тема: Разработка эффективной технологии добычи полезных ископаемых гидромеханическим способом на примере Обуховского месторождения

Утверждена приказом ректора университета № 408/р «23» 11 2022 г.

Срок сдачи законченной диссертации «19» июля 2024 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: Материалы, собранные в процессе обучения

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) Изучение геологии Обуховского месторождения и особенностей его строения;
- б) Рассмотрение опыта освоения месторождения автомобильно-экскаваторным комплексом;
- в) Разработка эффективной технологии добычи полезных ископаемых гидромеханическим способом на примере Обуховского месторождения

Перечень графического материала: 28 таблиц, 5 рисунков

Рекомендуемая основная литература:

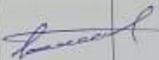
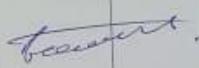
- 1) Методические рекомендации по технологическому проектированию горнодобывающих предприятий открытым способом разработки. Утвержденные Приказом Комитета по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью Республики Казахстан от «19» сентября 2013 года № 42.
- 2) Ваулин О. В. Разработка и обогащение россыпей золота : справочник. – Бишкек : Рокизол, 2016. – 623 с.
- 3) Деревяшкин И.В. Гидромеханизация открытых горных работ. Гидромониторно-землесосные комплексы: учебное пособие – Москва : Инфра-М, 2023. – 140 с.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

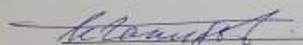
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Срок представления научному руководителю	Примечание
Изучение геологии Обуховского месторождения и особенностей его строения	25.05.2023г.	
Рассмотрение опыта освоения месторождения автомобильно-экскаваторным комплексом	07.10.2023г.	
Разработка эффективной технологии добычи полезных ископаемых гидромеханическим способом на примере Обуховского месторождения	10.06.2024г.	

Подписи

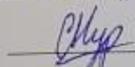
консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Изучение геологии Обуховского месторождения и особенностей его строения	профессор Бегалинов А.Б.	25.05.2023	
Рассмотрение опыта освоения месторождения автомобильно-экскаваторным комплексом	профессор Бегалинов А.Б.	07.10.2023	
Разработка эффективной технологии добычи полезных ископаемых гидромеханическим способом на примере Обуховского месторождения	профессор Бегалинов А.Б.	10.06.2024	
Нормоконтролер	Ведущий инженер Медкинова Д.С.	18.06.24	

Научный руководитель

 Бегалинов А.Б.

Задание принял к исполнению обучающийся

 Смагулов Н.Н.

Дата

« 11 » ноября 2024 г

АНДАТПА

Диссертациялық жұмыс халықаралық тәжірибеге негізделген Гидромеханикалық әдіспен пайдалы қазбаларды өндірудің тиімді технологиясын әзірлеуді зерттеуге арналған. Зерттеу барысында кен орнының геологиясы, оның генезисі, қолданыстағы игеру шарттары және олардың экономикалық тиімділігі талданды. Нәтижелер Гидромеханикалық әдіспен қайта өңделген сумен жабдықтауды пайдалану арқылы игеруге болатындығын көрсетті. Жұмыста гидромониторлық-жер сору кешенін енгізу бойынша автор қабылдаған шешімдерге техникалық-экономикалық талдау жүргізілді. Негізгі тұжырымдар кәсіпорынның экономикалық тиімділігін арттыру мақсатында гидромониторлық-жерсеріктік кешенді енгізу бойынша ұсыныстарды қамтиды.

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа посвящена исследованию разработки эффективной технологии добычи полезных ископаемых гидромеханическим способом, основанной на международном опыте. В рамках исследования анализировались геология месторождения, его генезис, действующие условия разработки и их экономическая эффективность. Результаты показали, что освоение гидромеханическим способом возможно при использовании оборотного водоснабжения. В работе был проведен технико-экономический анализ принятых автором решений по внедрению гидромониторно-землесосного комплекса. Основные выводы включают рекомендации по внедрению гидромониторно-землесосного комплекса, с целью повышения экономической эффективности предприятия.

ABSTRACT

The dissertation work is devoted to the study of the development of an effective technology for the extraction of minerals by a hydromechanical method based on international experience. The study analyzed the geology of the deposit, its genesis, the current conditions of development and their economic efficiency. The results showed that the development of a hydromechanical method is possible with the use of recycled water supply. The work carried out a technical and economic analysis of the decisions taken by the author on the introduction of a hydraulic monitoring and dredging complex. The main conclusions include recommendations on the introduction of a hydraulic monitoring and dredging complex in order to increase the economic efficiency of the enterprise.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В диссертационной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

Закон Республики Казахстан «О науке» от 18.02.2011. № 407-IV

Закон Республики Казахстан «Об образовании» от 27 июля 2007 года №319-III ЗРК (с изменением и дополнением по состоянию на 26.02.2023г);

Закон Республики Казахстан «О техническом регулировании» от 30 декабря 2020 года №396-VI ЗРК;

Типовые правила деятельности организаций, реализующих образовательные программы высшего профессионального образования, утвержденные приказом Министра науки и высшего образования Республики Казахстан» от 18.11.2022г. №145;

ГОСО РК 5.04.019-2022 «Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан. Высшее Образование. Бакалавриат. Основные положения», утвержденный приказом Министра науки и высшего образования Республики Казахстан от 20 июля 2022г. №2 (с изменениями и дополнениями от 20.02.2023г. №23);

Правила организации учебного процесса по кредитной технологии обучения, утвержденные приказом Министра образования и науки Республики Казахстан от 20 апреля 2018г. №152 (с изменениями и дополнениями от 23.09.2022г. №79);

Кодекс Республики Казахстан «О недрах и недропользовании» от 27 декабря 2017 года № 125-VI ЗРК;

Закон Республики Казахстан «О гражданской защите» от 11 апреля 2014 года № 188-V ЗРК.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Алгоритм оптимизации – алгоритм, позволяющий находить те точки в области определения функции, на которых она достигает минимального или максимального значения.

Выемка и погрузка горных пород — это отделение от массива и погрузка мягкой породы или навала предварительно разрыхленной крепкой породы с последующей погрузкой в средства транспорта или непосредственно в отвал.

Выемочно-отвальный комплекс (ВО) - используют при разработке горизонтальных и пологих месторождений с перемещением мягких пород в выработанное пространство консольными отвалообразователями и транспортно-отвальными мостами.

Экскаваторно-отвальный комплекс (ЭО) - предназначен для перевалки мягкой и скальной вскрыши в выработанное пространство при разработке горизонтальных и пологих месторождений.

Выемочно-транспортно-отвальный комплекс (ВТО) - на современных карьерах применяют для выемки мягких пород, перемещаемых в отвалы средствами транспорта. Создание машин непрерывного действия, разрабатывающих полускальные и скальные породы, позволит расширить область его применения. Наиболее универсален экскаваторно-транспортно-отвальный комплекс (ЭТО), включающий выемочно-погрузочные машины циклического действия и все виды транспорта.

Технико-экономические показатели – система экономических показателей, характеризующая комплексное использование экономических ресурсов.

Экономико-математическая модель – математическое описание экономического процесса или объекта, произведенное в целях их исследования и управления ими: математическая запись решаемой экономической задачи.

Горнотранспортная система – упорядоченная управляемая совокупность взаимосвязанных транспортных устройств, предназначенных для транспортирования по горным выработкам полезного ископаемого и породы.

Динамическое программирование – способ решения сложных задач путем разбиения их на более простые подзадачи.

Комбинированный транспорт – совокупность нескольких видов транспорта, последовательно расположенных, взаимозависимых и работающих в единой транспортной цепи карьера.

Комплексный подход – направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов.

Открытая добыча – способ добычи полезных ископаемых с поверхности земли с помощью горных выработок

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 Геология Обуховского месторождения	13
1.1 Общие сведения о районе и месторождении	13
1.2 Геологическая характеристика месторождения	15
1.3 Обоснование границ карьера и подсчет запасов	18
1.4 Оценка сложности геологического строения карьерного поля	21
2 Опыт освоения месторождения автомобильно-экскаваторным комплексом	26
2.1 Основные параметры освоения месторождения	26
2.2 Типы и модели горно-транспортного оборудования	31
2.3 Отвалообразование	33
3 Разработка эффективной технологии добычи полезных ископаемых гидромеханическим способом на примере Обуховского месторождения	35
3.1 Расчет размыва и смыва пород	35
3.2. Расчет напорного гидротранспорта	41
3.3 Водоснабжение гидравлических работ	50
3.4. Обогащение титан-циркониевых песков	55
4. Технико-экономический анализ принятых решений	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	70

ВВЕДЕНИЕ

Обоснование необходимости проведения диссертационной исследовательской работы: горнодобывающая промышленность является основой промышленного на территории нашей необъятной Родины имеется большое количество открытых месторождений несущих промышленную минерализацию, в том числе редкоземельных металлов, элементов относящихся к зонам выветривания и титан ильменитовым россыпям. Редкоземельные месторождения обычно имеют низкие средние содержания руды, при этом содержат попутную минерализацию ценных руд.

Рассматриваются различные аспекты комплексного освоения редкоземельных месторождений руд, которые в данное время не применены на практике. Попутные компоненты обычно используются в высокотехнологических отраслях, их изучение в россыпях редкоземельных металлов позволит увидеть и рассмотреть возможность экономически выгодной эксплуатации, которая позволит укрепить минерально-сырьевую базу страны.

Основанием для разработки темы является потребность и необходимость повышения производительности выемочно-погрузочного оборудования в сложных условиях Обуховского месторождения. В современных условиях производства одной из главных задач любого предприятия является повышение эффективности транспортного процесса при минимальных расходах. В диссертации на основании анализа научно-технической литературы и полученных статистических данных на карьерах приняты исходные данные для разработки темы диссертации.

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы. является тенденция постоянного увеличения стоимости ископаемого топлива повышают стоимость операций по добыче полезных ископаемых.

Необходимость выполнения настоящей научно-исследовательской работы продиктована наличием возможностей внедрения гидромеханических машин, путем установления влияния эксплуатационных факторов на производительность автомобильно-экскаваторного и гидромеханического комплекса.

На основании анализа исследований рассмотрена эффективность использования новых технических решений направленных на повышение производительности карьерного автомобильного транспорта. В диссертации приведены результаты научного анализа современного состояния научно-технической проблемы и содержание полученных результатов по повышению производительности экскаваторно-автомобильных комплексов.

В диссертационной работе планируется снижение стоимости добычных операций за счет автоматизации процессов и использования электроэнергии.

Актуальностью темы служит то, что в мировой практике большинство производимых титана используется в виде диоксида титана, который широко

используется в производстве низких токсичных красок, кирпичей и лаков, бумаги, пластика и других областей промышленности. В Казахстане большая часть титановосодержащего сырья направлена на производство металла. Также его рекомендуется в медицине, а также в качестве порошка для 3D-принтеров.

Циркония в 85% используется в минеральной форме- Циркон, который используется в мировой практике в производстве огнеупорных, литевых смесей для точного литья и высококачественной сантехнической керамики. Диоксид циркония обладает уникальной комбинацией различных свойств: высокая прочность, растрескивание, износостойкость, химическая стойкость и устойчивость к радиации. Уменьшение размера частиц на нанометр позволяет не только улучшить механические свойства керамических материалов, но и существенно изменить их физические свойства. Стабилизированные нанотрубки диоксида циркония повышают ионную проводимость электролита, улучшают каталитическую способность анода и катода, снижают температуру фильтрации, уменьшают потери поляризации, гомогенизируют распределение легированных добавок, позволяют образовывать пленки толщиной менее 10-15 мкм. Они расширяют сферы применения циркониевой керамики: в энергетике-топливные элементы, ионные химические источники, мембраны для солнечных панелей, детали обшивки турбин, пары трения. В химической промышленности-части химического оборудования, поставщики катализаторов, сорбентов, покрытий, металлургия. В электронике-пилеры и лезвия для волоконно-оптических приборов, датчиков, датчиков влажности. В машиностроении-режущие инструменты, фильтры и нанокompозитные материалы. В медицине-протезы фильтры-ионные заменители, ингаляторы, скальпели. Нанопоры диоксида циркония находят все более широкое применение в энергетике, металлургии и угольной промышленности.

В мире производство и использование титана и циркония возрастает. В настоящее время объем мирового потребления диоксида титана составляет около 12 млн. т. В настоящее время объем мирового потребления диоксида титана составляет около 12 млн.т , металлического титана - 80-90 тыс. т, циркона (в пересчете на диоксид)- около 3 млн. т. В США в 2020 г. использовалось 1000 тыс. т диоксида и 40 тыс.т металлического титана, около 100 тыс. т циркона.

В мировых подтвержденных запасах титана, оцениваемых Геологической службой США, на россыпи приходится порядка 80%, а запасы циркона оцениваются исключительно в россыпных месторождениях. Коренные титановые руды, учитываемые в мировых запасах, по минеральному типу относятся к ильменитовым или анатаз-перовскит-рутиловым, и продуктом их передела являются концентраты титановых минералов. По оценкам экспертов мировые запасы титана составляют более 200 млрд долл.

Обеспеченность мировой промышленности запасами россыпей высокая. ключевую извлекаемую ценность в россыпях составляют титановые минералы, как ввиду значительно более высокого содержания относительно дешевого (500-800 долл./т) ильменита по сравнению с другими рудными минералами, так и в связи с высокой ценой рутила (2000 долл/т). Содержание рутила сопоставимо с содержанием циркона, цена которого в последнее время превысила 2700 долл/т. Масштабы разработки россыпей определяются потребностью в титановых минералах, а циркон, хотя и представляет один из основных компонентов, добывается попутно. Отсюда обеспеченность запасами россыпных месторождений определяется не титановым минералом. Для мира в целом по современному уровню их добычи она превышает сто лет. В будущем мировые запасы могут еще увеличиться за счет разведки внутриконтинентальных погребенных россыпей, которые, кроме Австралии и США, практически нигде не изучались. Из этого следует вывод, - что россыпи длительное время будут оставаться преобладающим индустриальным источником титановых минералов и циркона.

В Казахстане разведаны 7 циркон-рутил-ильменитовых россыпей с небольшими запасами титана. Начата отработка Сатпаевского (бывшего Бектемировского) месторождения (Восточно-Казахстанская область), идут работы на Обуховском (Акмолинская область) и Шокашском (Актюбинская область) месторождениях. По данным 2020 года на Казахстан приходится свыше 11% всего производимого в мире титана.

Также по данным АГМП за 2020 год запасы Казахстана по титаносодержащей руде составляют 24 100 000 тонн.

Новизна темы заключается в установлении возможности внедрения гидромониторного комплекса с использованием оборотного водоснабжения.

Научная новизна исследований:

1. Рассмотрена возможность внедрения системы оборотного водоснабжения с использованием подземных вод
2. Рассмотрены стоимости добычных операций при использовании гидромониторного и автомобильно-экскаваторных комплексов.

Цель диссертационного исследования состоит в развитии и совершенствовании технологии выемочно-погрузочных работ на Обуховского месторождении с применением гидромеханизации

Объект исследования – выемочно-погрузочные работы на Обуховском месторождении с применением гидромеханизации.

Предмет исследования – совершенствование технологии выемочно-погрузочных схем карьера с применением гидромеханизации.

Задачи исследования, их место в выполнении научно-исследовательской работы в целом.

-исследование геологии месторождения и возможности использования подземных вод ;

-установление основных характеристик грузовых потоков карьера;

-обзор и анализ известных технических и технологических способов увеличения производительности размыва горных пород гидромонитором и методик расчета параметров технологии;

-технико-экономическая оценка предлагаемых технологических решений

Поставленные задачи последовательны и логичны, определяют внутреннее единство научно-исследовательской работы в целом.

Методологическая база научных исследований.

При выполнении научных исследований использовались анализ и обобщение научно-технической информации. В ходе лабораторных работ использовано теоретическое обобщение экспериментальных данных, рентгенофазовый метод изучения минералогических характеристик образцов ядерного материала горных пород и седиментообразующих компонентов.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. В условиях открытой разработки россыпных месторождений при наличии водных ресурсов разработка гидромеханическим способом более выгодна;

2. Для условий россыпных, на примере Обуховского месторождения, на основе экономико-математической модели установлены оптимальные параметры гидромониторной разработки.

Практическая значимость работы.

Для условий доработки Обуховского месторождения установлены оптимальные параметры использования гидромониторного комплекса.

Публикации и апробация работы.

По теме диссертации опубликована 1 научная статья:

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации составляет 70 страниц машинописного текста, 34 таблицы, 1 рисунок, списка литературы, включающих 20 наименований.

1 Геология Обуховского месторождения

1.1 Общие сведения о районе и месторождении

Обуховский участок Обуховского месторождения размещен на территории Тайыншинского района Северо-Казахстанской области (рис 1.1), недалеко поселка Жанатлек, в 40 км к северу от г. Кокшетау, в 8 км к западу от автотрассы Кокшетау-Петропавловск. дистанция до кратчайшей железнодорожной станции Азат - 12 км. Месторождение соединено со станцией гравийной автодорогой длиной 15км. В 5 км на юг проходит ж. ветка Каолинового ГОКа, которая примыкает к станции Азат.

Ландшафт в районе месторождения равнинный, карьеры и все объекты рудника размещены в границах высотных отметок 205-220 м, с редкими возвышениями до 230 м. Географические координаты центра месторождения 53°37с. и 69°17в.

Климат района резко континентальный. Продолжительность безморозного периода составляет в среднем 114 дней, стабильных морозов 133 дня. постоянные холода наступают к середине ноября и заканчиваются в конце марта. Среднегодовая температура воздуха +3°С, абсолютный максимум +41°С, минимум -51°С. Годовое количество осадков колеблется в пределах 298-315 мм/год. Средняя глубина промерзания почвы 184 мм. Поверхностные водоемы практически отсутствуют, ближайшие незначительные озера и речка Чаглинка расположены в 10-15 км от месторождения. Почвы представлены, как правило, луговыми черноземами подходящими для аграрного хозяйства.

В течении года наблюдается 119 дней с сильными ветрами. Суммарное количество дней в году со средней скоростью более 5,3 м/с составляет 266 дней или 73 % в году. Наиболее ветренными периодами года являются весна (средняя скорость ветра от 5,8 м/с до 8,1 м/с), осень (средняя скорость ветра от 5,4 м/с до 8,3 м/с) и зима (средняя скорость ветра от 8,1 м/с до 8,7 м/с). В наименее ветреный летний период средняя скорость ветра изменяется от 4,3 м/с до 4,8 м/с. Именно в этот период не наблюдаются ветровые потоки с высокими скоростями (более 13,9 м/с). Однако даже в каждый летний месяц суммарное количество дней со средней скоростью более 5,3 м/с превышает полмесяца (от 15,5 дней до 18 дней).

Район Обуховского участка Обуховского месторождения относится к густонаселенному и может обрабатываться за счет использования автохтонных трудовых ресурсов. Ведущая отрасль производства - сельское хозяйство. Промышленность - как правило перерабатывающая сельхозпродукцию. Личных топливных ресурсов область не имеет. Рабочая сила в регионе имеется. Поселок Обуховка сопряжен с областным и районным центром асфальтовой дорогой. Промышленность области развивалась так, что основные индустриальные предприятия расположены в областном центре г. Кокшетау и в городах — Щучинске, Красноармейске, Степняке.

Район полностью охвачен национальной энергосистемой: в 40 км юго-восточнее от центра месторождения проходит ЛЭП- 115 кВт Экибастуз-Центр, в 10 км восточнее - ЛЭП - 220 кВт, в 5 км западнее - ЛЭП- 110 кВт, от которой прежде производилось энергоснабжение Обуховского ГОКа (ячейка №5 линии 10 кВ от ТП 110/10 «Каолиновый ГОК «Насосная 2-го подъема»).

Обуховское титан-циркониевое месторождение открыто в 1958г. и разведывалось до 1970 г. По конечным результатам этих работ на основе ратифицированных ГКЗ СССР постоянных кондиций КЗ СССР 12. впервые утвердила по состоянию на 01. 70 г. запасы месторождения. Принимая во внимание с введением новых ГОСТов на концентраты, в 1984-1989 гг. были проведены мероприятия, сосредоточенные на доразведке месторождения с дополнительным изучением схемы обогащения руд Обуховского месторождения.

По конечным результатам доразведки месторождения и дополнительных научно-технических изысканий были разработаны новые кондиции и утверждены запасы месторождения. В 1997 г. в связи с коренным изменением экономической ситуации в Республике Казахстан были разработаны некондиции и переутверждены запасы месторождения (протокол ГКЗ РК № 56 от 4.04.1997 г.).

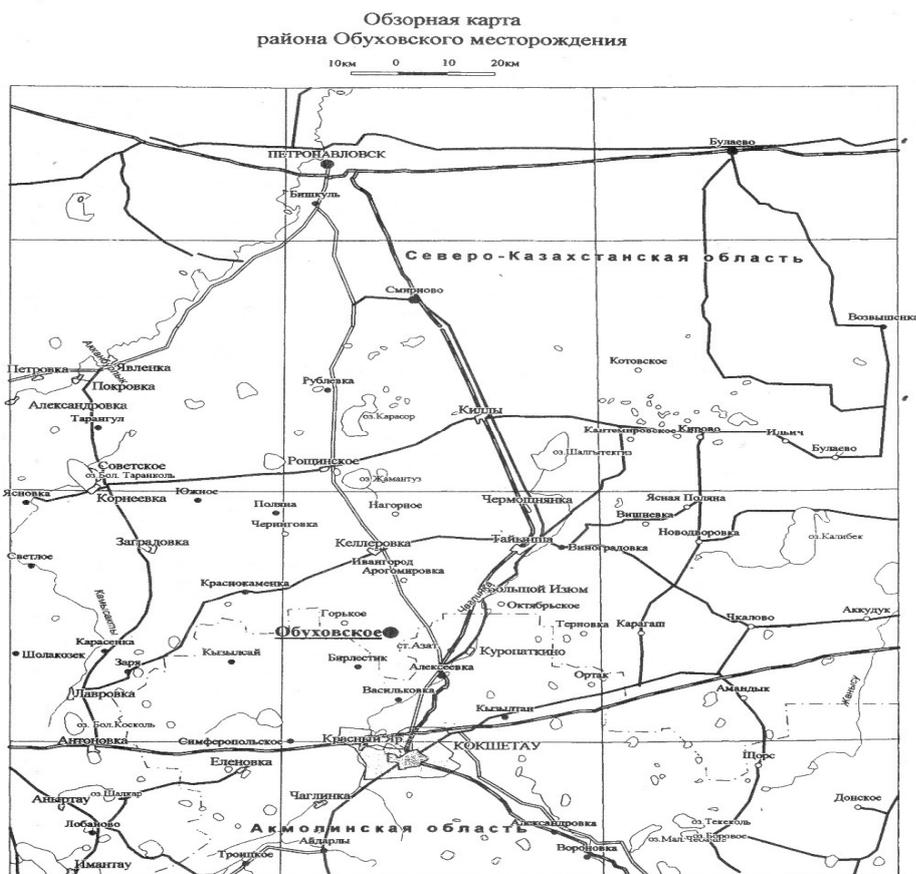


Рисунок 1.1 - Обзорная карта района Обуховского месторождения

1.2 Геологическая характеристика месторождения

Ландшафтная структура Акмолинской области определяется широтным положением территории и приуроченностью к крупным геоморфологическим районам, характеризуется значительным разнообразием, высокой дробностью и мозаичностью. Согласно биоклиматическим различиям на территории области выделяется три типа ландшафтов: лесостепные, степные и сухостепные.

Геологическая изученность месторождения является достаточно полной. В процессе разведочных работ в период 1961-1989 гг. детально изучен геологический разрез, литологический состав продуктивной чеганской свиты, приуроченность полезных минералов к определенным частям разреза, выделены три рудных горизонта. Условия залегания, формы и размеры рудных залежей в горизонтах, их внутреннее строение изучены достаточно для оценки запасов и проектирования рудника.

Обуховское титан-циркониевое месторождение представлено тремя участками: Обуховским, Северным и Горьковским и приурочено к прибрежно-морским отложениям чеганской свиты. В разрезе отложения чеганской свиты образуют слабо наклоненную ($1-2^\circ$) на север серию пластовых залежей, состоящих из чередующихся прослоев и линз кварцевых песков различной зернистости, гравия и глин. Наиболее выдержанными по мощности и простиранию являются мелко-тонкозернистые пески, к которым приурочены повышенные концентрации рудных минералов.

В плане отложения чеганской свиты образуют узкую (4-6 км) полосу, окаймляющую северные склоны Кокчетавской глыбы на протяжении 30 км. Мощность отложений свиты колеблется от первых метров до 22 м, в среднем составляя 10-15 м. Отложения залегают на коре выветривания пород кристаллического фундамента и перекрываются песчано-глинистыми и гравийными образованиями неоген-четвертичного возраста мощностью от 0,5 до 15 м.

Минеральный состав рудных песков указывает, что основным поставщиком терригенного материала и циркона является кора выветривания лейкократовых гранитов Зерендинского массива, а рутила и лейкоксена – кора выветривания массива верхнепротерозойских кварцитовидных песчаников.

По условиям образования среди отложений чеганской свиты выделяются три пачки, к которым приурочены рудные горизонты.

Нижняя пачка отложений развита на месторождении повсеместно, а рудоносность ее установлена только на Горьковском и Обуховском участках. Для пачки характерна пространственная изменчивость отложений: на западе преобладают хорошо отсортированные пески, а в восточной части они переходят в грубо – и – крупнозернистые разности с галькой. Нередко в основании пачки отмечается базальный слой гравийно-галечного материала, а среди песков прослой серых и пестроцветных глин. Гранулометрический состав отображен в таблице 1.1.

По данным документации скважин ударно-механического и шнеко-колонкового бурения и 48 заверочных шурфов, пройденных на Обуховском и Северном участках,

Таблица 1.1 - Примерное соотношение гранулометрического состава отложений нижней пачки Обуховского участка

Виды отложений	Состав, %
Глины (менее – 0,01 мм)	1-11%
Пески крупнозернистые (1,0-0,5 мм)	16-24%
Пески разнозернистые с гравием (1,0-0,1 мм)	6-37%
Пески среднезернистые (0,5-0,25 мм)	23-49%
Пески мелко-среднезернистые (0,5-0,2 мм)	46%
Кора выветривания	5-24%

Средняя пачка отложений распространена на месторождении повсеместно. На полную мощность отложения пачки доступны для визуального наблюдения в карьерах опытно-промышленного производства, а также в скважинах и заверочных шурфах, пройденных в 8 разрезах (XIII-XL) на Обуховском участке и в 2 разрезах (Д и Е) на Северном участке, где на глинистом основании (ложном плотике) иногда с незначительным размывом залегает слой мелко-тонкозернистых песков. Карманы размыва заполнены мелко- или среднезернистой фракцией песков. В тонкозернистых песках отмечаются (до 10 -12%) прослои и линзы глин мощностью 1-2м. Цвет песков изменяется от светло-серого до желтого или темно-серого. Изменения в окраске связаны с присутствием гематита, лимонита и минералов тяжелой фракции. Гранулометрический состав средней пачки отображен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Гранулометрический состав разреза средней пачки Обуховского участка

Виды отложений	Состав, %
Глинистые породы (менее 0,01 мм)	7-11%
Песчано-гравийные отложения (5,0-0,2 мм)	1-2%
Песок крупнозернистый (1,0-0,5 мм)	1-8%
Песок среднезернистый (0,5-0,25 мм)	1-6%
Песок разнозернистый (1,0-0,1 мм)	4-5%
Песок мелко-тонкозернистый (0,2-0,05 мм)	75-78%

Верхняя пачка чеганских отложений залегает на отложениях средней пачки. Отличительной особенностью приконтактных песков пачки является наличие глинистых прослоев мощностью до 10-15 см, что свидетельствует о смене фациальных условий бассейна накопления. Выше по разрезу количество и мощность глинистых прослоев уменьшается, и пески приобретают

характерные особенности песков средней пачки. В связи с кратковременной стабилизацией водного бассейна в этот период пески в меньшей степени обогащены рудными минералами.

Выше по разрезу на отдельных участках встречаются среднезернистые пески, на которые с размывом ложатся песчано-глинистые и гравийные образования неоген-четвертичного возраста.

Таблица 1.3 - Гранулометрический состав отложения верхней пачки Обуховского участка

Виды отложений	Состав, %
Глины темно-серые (менее 0,01 мм)	4-8%
Глины серые (менее 0,01 мм)	6-26%
Песчано-гравийные отложения (5,0-0,2 мм)	4-20%
Песок крупнозернистый (1,0-0,5 мм)	25-27%
Песок среднезернистый (0,5-0,25 мм)	14-48%
Песок разнозернистый (1,0-2,0 мм)	9%

На месторождении в пределах охарактеризованных пачек отложений, по их рудоносности, выделено три типа разрезов:

- первый тип, в разрезе присутствуют три рудных горизонта – Обуховский участок
- второй тип, в разрезе присутствуют второй и третий рудные горизонты – Горьковский участок
- третий тип, в разрезе присутствуют второй рудный горизонт – Северный участок

Рудные горизонты располагаются один над другим и выделены они по условиям своего залегания и содержанию полезных минералов.

Полезные минералы в той или иной степени (0,1-1 5 кг/м³ условного ильменита) присутствуют во всех охарактеризованных выше разностях пород, за исключением участков илистых глин, однако основная концентрация минералов во всех рудных горизонтах приурочена к низам мелко-тонкозернистых песков на границе последних с «ложным плотиком». Рудные пески горизонтов слагают пластообразные залежи, вытянутые в субширотном направлении. Между залежами, как по простиранию, так и вкрест простирания наблюдаются перерывы, обусловленные сменой литологии, спадом концентрации полезных минералов, нередко размывом. Рудные горизонты залегают горизонтально с небольшим (1-2°) уклоном к северу. Устойчивым является гипсометрический уровень рудных горизонтов.

В подавляющем большинстве рудные пески горизонта образуют кулисообразные короткие линзообразные пласты. Подошвой пластов являются прослой серых глин мощностью 0,1-0,7 м или пески. От второго рудного горизонта отделены слоем песков с прослоями глин мощностью 0,1-0,2м до 7м. Степень минерализации песков горизонта сравнительно невысокая. Выделяются отдельные маломощные невыдержанные линзы

песков, обогащенные до 200-300 кг/м³ условного ильменита. Рудные пески горизонта не являются контрастными, и выделить среди них обогащенную часть возможно только на основании опробования. При подсчете запасов (1996г.) запасы этого горизонта квалифицированы «без балансовой принадлежности».

1.3 Обоснование границ карьера и подсчет запасов

Запасы и качественная характеристика рудных песков

Параметры кондиций на руды Северного участка Обуховского месторождения следующие:

- бортовое содержание условного ильменита в пробе для оконтуривания запасов- 100 кг/м³:

- коэффициенты перевода содержаний промышленных минералов в условный ильменит: для ильменита - 1,0; рутила+лейкоксена - 5,3; циркона - 3,2; в дальнейшем с учетом изменения экономической ситуации производить корректировку значений переводных коэффициентов;

- при пересчете полезных компонентов в условный ильменит не учитывать содержания их ниже: ильменита- 1,6 кг/м³ рутила+лейкоксена- 1,8 кг/м³ циркона - 2,4 кг/м³;

- минимальная мощность рудных интервалов и максимальная мощность безрудных и некондиционных пропластов, включаемых в подсчет запасов - 1,0м, при меньшей мощности, но высоком содержании пользоваться метрокилограммом.

Подсчитанные запасы квалифицированы по категориям В, С1 С2. По категориям В+С1 квалифицировано более 98% балансовых запасов, в т.ч. по категории В 33,7%. Запасы категории С2 присутствуют локально на выклинке отдельных участков рудных тел участка Горьковский.

Приведенные запасы подсчитаны в 1996г. на данных детальной разведки. Для подсчета принят метод геологических блоков, который наиболее полно учитывает особенности геологического строения месторождения, морфологию рудных залежей и закономерности распределения полезных минералов в песках. В отдельные блоки выделены участки залежей с повышенным содержанием полезных минералов, участки залежей с близкими значениями мощности и содержаний полезных минералов.

Оконтуривание рудных песков месторождения проведено по параметрам принятых повариантных кондиций с учетом геологических границ рудных песков. Выделение подсчетных блоков в контуре рудных залежей выполнено с учетом следующего:

- качества рудных песков;
- степени разведанности;
- геологического контроля размещения, рудных залежей.

Участки рудных залежей с равномерным содержанием полезных минералов и одинаковой степенью разведанности включались в один подсчетами блок.

Отнесение запасов по степени разведанности к категориям В, С 1 и С2 выполнено в соответствии с существующей классификацией запасов:

- к категории В отнесены запасы блоков, разведанных скважинами, и шурфами по сети 200х 100 —50м;

- к категории С1 отнесены запасы блоков, разведанных скважинами по сети 400х100-50 и 200х100 м;

- к категории С2 отнесены запасы небольших рудных залежей, разведанных редкой сетью скважин, а также фланги крупных залежей, подтвержденных в краевой линии (разрезе) одиночной скважиной.

Границы подсчетных блоков категории В проведены непосредственно по линии разведочных выработок, за исключением блока 2 - В, где его восточная граница проведена на одну четверть расстояния между геолого - подсчетными разрезами, что соответствует границе, проведенной при пересчете запасов в 1989 году по указанию ГКЗ СССР.

Границы блоков категории С1 проведены на одну четверть расстояния между рудной и безрудной скважинами, если мощность рудного пласта по выработке составляла более 1,0 м. При мощности рудного пласта 1,0м и менее – граница проводилась по рудной выработке. Границы блоков между принятыми вариантами подсчета запасов в линиях геолого - подсчетных разрезов проводились на половину расстояния между разведочными выработками, по которым были выделены разные варианты подсчета запасов.

Отступлением от условий принятых кондиций следует считать включение в подсчетный блок высокого варианта отдельных выработок (интервалов) более низкого варианта или наоборот. Для расчета объема рудных песков и объема пород вскрыши использовались рассчитанные мощности песков и пород вскрыши по вариантам подсчета запасов по подсчетным блокам и по месторождению в целом.

Расчет объемов рудных песков и пород вскрыши-определялся путем умножения площади блоков на мощность рудных песков и пород вскрыши. При этом расчет объемного коэффициента вскрыши в каждом блоке рассчитан путем деления объема вскрыши на объем рудных песков. Объемная масса рудных песков определена по целикам, отобраным из 34 шурфов, пройденных на Обуховском и Северном участках. Всего выполнено 53 определения с объемом от 0,5 до 1,38 м³. При этом величина объемной массы колебалась от 1,6 до 2,2 т/м³, средняя величина ее по месторождению с учетом влажности 5,08% составила 1,73 т/м³. Коэффициент разрыхления колебался от 1,38 до 1,45, средний 1,39.

Запасы рудных песков в подсчетном блоке определены в м³ путем умножения площади блока на среднюю мощность рудного пласта.

Запасы минералов в блоке в тоннах — путем умножения объема блока на среднее содержание полезных минералов, выраженного в кг/м³.

При повариантном подсчете запасов проведено определение выдающихся содержаний полезных минералов в выработках балансовых запасов (бортное содержание условного ильменита 100 кг/м³) Обуховского участка и по отдельным подсчетным блокам Северного и Горьковского участков. Выполненные исследования показывают, что принятые условные кондиции при повариантном подсчете запасов практически исключают наличие выдающихся содержаний в выработках, вошедших в подсчет запасов. В таблице 1.4 указаны запасы проектируемого карьера.

Таблица 1.4 - Запасы проектируемого карьера

Рудные пески категории В+С1+С2	Объем вскрыши в проектируемом карьере, м ³	Коэффициент вскрыши	Объемный вес руды, т/м ³	Объем почвенно-растительного слоя
4047,1	28467,7	7,03	1,73	1454,7

В таблице 1.5 указаны общие запасы месторождения. Подсчитанные запасы квалифицированы по категориям В, С, С1. По категориям В+С1 квалифицировано более 98 % балансовых запасов, в т.ч. по категории В 33,7%. Запасы категории С2 присутствуют локально на выклинке отдельных участках рудных тел.

Таблица 1.5 - Подсчет запасов

Наименование участка	Ед. измерения	Категории запасов				Забалансовые
		балансовые				
		В	С1	В+С1	С2	
Всего по месторождению:						
Рудные пески	тыс. м ³	2075,3	4042,9	6118,2	100,4	7543,6
Двуокись титана	тыс. т	178,2	286,0	464,2	4,0	187,9
Ср.содержание (TiO ₂)	кг/м ³	85,87	70,75	75,87	39,84	24,97
Двуокись циркония	тыс. т	119,0	203,7	322,7	5,0	123,3
Ср.содержание (ZrO ₂)	кг/м ³	57,34	50,38	52,74	49,8	16,34
В том числе участок Северный						
Рудные пески	тыс. м ³	861,5	346,1	1207,6	-	1678,7
Двуокись титана	тыс. т	27,6	11,2	38,8	-	45,3
Ср.содержание (TiO ₂)	кг/м ³	32,02	32,34	32,11	-	27,0
Двуокись циркония	тыс. т	14,7	7,1	24,5	-	28,8
Ср.содержание (ZrO ₂)	кг/м ³	20,20	20,61	20,32	-	17,14
Горьковский						
Рудные пески	тыс. м ³	105,1	377,0	482,1	100,4	2446,4
Двуокись титана	тыс. т	4,1	14,5	4,0	4,0	60,7
Ср.содержание (TiO ₂)	кг/м ³	38,65	38,57	39,74	39,74	24,81
Двуокись циркония	тыс. т	2,6	10,0	5,0	5,0	37,4
Ср.содержание (ZrO ₂)	кг/м ³	24,37	26,60	49,42	49,42	15,3

1.4 Гидрогеологические и горнотехнические условия освоения месторождения

Гидрогеологические особенности месторождения детально изучены при проведении геологоразведочных работ в 1964-1970 гг. и 1987-88 гг. Методика выполненных гидрогеологических исследований отвечает требованиям (к проведению) детальной разведки объекта. Здесь выполнены следующие основные работы по гидрогеологии: гидрогеологическая съемка м. 1:50000, позволившая выяснить основные закономерности формирования, движения и разгрузки подземных вод, их режим, химический состав, взаимоотношения между водоносными горизонтами и комплексами и связь подземных и поверхностных вод: опытно-фильтрационные работы, позволившие определить водоприитоки подземных вод в Горьковский карьер и подсчитать запасы подземных вод, пригодных для технического водоснабжения.

Гидрогеологические условия изучены в объеме, достаточном для проектирования Обуховского ГОКа.

Гидрогеологические условия Обуховского месторождения простые.

Поверхностные водотоки и озера на месторождении и вблизи его отсутствуют. На месторождении выделяются следующие водоносные комплексы и горизонты:

водоносный комплекс палеогеновых отложений;

водоносный горизонт коры выветривания;

водоносная зона открытой трещиноватости палеозойских и допалеозойских пород.

Рудные залежи приурочены к мелкозернистым пескам чеганской свиты, которые в нижней части обводнены (водоносный комплекс палеогеновых отложений). На Обуховском и Северном участках рудные пески залегают выше уровня подземных вод данного комплекса, на Горьковском обводнено 35% их мощности в нижней части рудного тела.

Водоносный горизонт коры выветривания не имеет самостоятельного значения, залегают он на палеозойском комплексе зоны открытой трещиноватости, имеет с ним гидравлическую связь и рассматривается совместно в составе названного водоносного комплекса.

В пределах месторождения водоносный комплекс палеогеновых отложений имеет повсеместное распространение. Глубина залегания уровня подземных вод от 4 до 16 м. Воды безнапорные. Водовмещающими породами являются пески от мелких до гравелистых с прослоями и линзами водоупорных глин. Мощность водоносного горизонта от 3 до 17 м. Коэффициенты фильтрации песков изменяются в пределах 4-16 м/сут. Дебиты эксплуатационных скважин могут достигать 7-10 $\text{дм}^3/\text{с}$. Воды в основном пресные с минерализацией в основном до 1 $\text{г}/\text{дм}^3$, в меньшей степени до 1,5 $\text{г}/\text{дм}^3$ (ПДК для питьевых целей 1,5 $\text{г}/\text{дм}^3$ [1]) сульфидно-гидрокарбонатных кальциево-натриевые, с содержанием микрокомпонентов в пределах ПДК.

Водоносная зона открытой трещиноватости палеозойских и допалеозойских пород залегает на глубине от 3 до 40 м под названными выше водоносным комплексом и водоносным горизонтом. Водовмещающими породами зоны являются песчаники, аргиллиты, известняки, конгломераты, порфириты, туфы, сланцы, гнейсы. Глубина распространения трещиноватости пород достигает 60-70 м. Дебиты скважин составляют от десятых долей др. 10-11 дм³/с при средней величине 2-3 дм³/с. Удельные дебиты колеблются от 0,001 до 1,1 дм³/с.

В качественном отношении воды с сухим остатком более 1,0 г/дм³ хлоридные, до 1,0 г/дм³ - гидрокарбонатные.

На Обуховском и Северном участках, где рудные пески являются безводными, притоки в карьеры определяются только водопритоком за счет атмосферных осадков, в Горьковский, кроме того, за счет дренажных вод из палеогенового водоносного комплекса.

Водопритоки в карьеры, формируемые за счет атмосферных осадков указаны в таблице 1.6.

Таблица 1.6 - Водопритоки в карьеры поверхностных вод

№ карьеров	Площадь карьеров, тыс.м ³		Водопритоки за счет осадков			
			Среднегодовых		Ливневых	
	фактическая	с учетом нагорных канав	м ³ /сут	м ³ /час	м ³ /сут	м ³ /час
Обуховский участок						
№1	2655,8	3187	159,4	6,6	22496	956
№2	391,6	469,9	23,5	1	3383	145
№3	341,1	409,4	20,5	0,9	2947	122
Северный участок						
№1	897,7	1077,2	53,8	2,2	7755	323
№2	53,3	64	3,2	0,1	460	19
Горьковский участок						
№1	277,1	332,5	17,6	0,7	2394	99

Все обводненные рудные блоки Горьковского участка расположены параллельно к границе водоупорных пород. Контуры карьеров вытянуты и их длина более чем в два раза превышает расстояние от граничной линии водоупора до центра рудных блоков. Расчет водопритоков за счет подземных вод в карьер Горьковского участка приведен в нижеследующей таблице 1.7.

Инженерно-геологические условия месторождения характеризуются следующими физико-механическими свойствами слагающих его образований, которые можно подразделить на вскрышные породы и рудные пески. Вскрышные породы представлены глинами, суглинками четвертичного возраста мощностью 2-4 м.

Глины четвертичного возраста пылеватые с содержанием глинистых частиц в среднем 33%.

Таблица 1.7 - Водопритоки дренажных вод из палеогенового водоносного комплекса Горьковского участка

№1	№ Карьеров	Время отработки, сут Т	$A = 2\pi K \cdot H^2$	$d, \text{м}$	$\alpha_o = \frac{\alpha_y T d^2}{2\pi K \cdot H^2 \alpha}$	b	$\bar{b} = \frac{b}{d}$	$\bar{L} = \frac{L}{d}$	$\bar{L} = \frac{L}{d} - b$	$\bar{\epsilon} = 2L - b$	$R(\alpha_o, x, b)$	Водопритоки, м ³ /сут (м ³ /час)
730												
422					0,11				1,54			
925					-2,23							
						200						
							0,22					
								1750				
										2,93		
											0,78	
												203 (8,5)

По консистенции – твердые и полутвердые, размокаемые. В сухом состоянии могут иметь вертикальные откосы.

Суглинки четвертичного возраста от легких до тяжелых с содержанием глинистых частиц до 45% и средним числом практической пластичности 16. По консистенции чаще всего твердые, от набухающих до сильно набухающих.

Глины и суглинки имеют сжимаемость от слабой до повышенной ($0,058 \cdot 10^{-5}$ Па).

Глины чеганской свиты преимущественно тяжелые, содержат глинистых частиц в среднем 69%, число пластичности 30, по консистенции – твердые и полутвердые, средненабухающие и среднесжимаемые. Они практически не размокают и в естественном состоянии сохраняют вертикальные откосы длительное время.

Прослой глины, разделяющий II и III рудные горизонты, образует самостоятельный элемент – «ложный плотик», залегает на песках с четким контактом.

Песчаный комплекс чеганской свиты палеогенового возраста, среди которого мелко-тонкозернистая фракция составляет 70-90%, имеет мощность на Обуховском участке от 7,5 до 22 м, в среднем 15,5 м; на Северном участке – от 0,6 до 26,5 м, в среднем 10,3 м и на Горьковском участке от 0,3 до 14,6 м, в среднем 10,5 м.

Средняя влажность песков – 6%, объемная масса – 1,57 т/м³, угол откоса в сухом состоянии – 34 – 44,5° во влажном – 25 – 43,5°, водоотдача – 16,3%, коэффициент фильтрации – 2,03 м/сут.

Среднее значение величины эффективной концентрации радионуклидов, рассчитанное по 15 пробам суглинка, равно 0,09 Вк-г, достигая максимально 0,2; по 13 пробам песка – равно 0,1 Вк – г, достигая максимально 0,15. Породы вскрыши относятся к первому классу (применение без ограничений в строительстве и рекультивационных работах).

В пределах разведанных на месторождении участков выделяются три рудных горизонта, приуроченных к пескам чеганской свиты: на Северном участке присутствует II рудный горизонт, на Обуховском – I, II и III рудные

горизонты. Рудные пески горизонтов представлены мелко-тонкозернистыми разностями.

Пески образуют линейно вытянутые в широтном направлении залежи мощностью 0,5 до 7 метров. Интервал между I и II рудными горизонтами составляет 1-7 м, II и III – 0,2 до 4 метров. Кровля горизонтов располагается на глубине от 2 до 20 м от поверхности.

Рудные пески имеют объемную массу в сухом состоянии 1,73 т/м³, во влажном – 1,8 т/м³, коэффициент разрыхления колеблется от 1,34 до 1,54, составляя в среднем 1,39. Содержание глинистых частиц 6,5%. Угол естественного откоса в сухом состоянии 31°, в водонасыщенном - 28°.

Подстилающие рудные пески элювиальные образования коры выветривания представлены глинами с содержанием глинистых частиц 43% числом пластичности 29. Глины полутвердые, сильнонабухающие.

По совокупности природных факторов инженерно-геологические условия Северного и Обуховского участков являются простыми. При разработке здесь не ожидается явлений, способных вызвать осложнения при ведении открытых горных работ и требующие осуществления защитных мероприятий.

Инженерно-геологические условия разработки руд на Горьковском участке следует считать средней сложности. Мощность обводненной зоны над почвой рудного тела достигает 7 м и разработка его будет осложнена появлением плывунов. Участок потребует предварительного осушения.

Березовский водозабор для Коалинского ГОКа на участке Обуховского месторождения из 4 скв. Функционирует с 1978 г. на производительность 1,1 тыс.м³/сут (+5 наблюд. скв.)

Таблица 1.8 - Основные возможные источники водоснабжения

Месторождения подземных вод	Сведения об утверждении запасов	Минерал, г/дм ³	Общие запасы, тыс.м ³ /сут	Техническое водоснабжение		Хозяйственное водоснабжение	
				количество, тыс.м ³ /сут		количество, тыс.м ³ /сут	
				исп.	ост.	исп.	ост.
Обуховское: месторождение в пределах всех карьеров	ГКЗ пр. №5754 от 29.08.69 г. ГКЗ пр. №5427 от 28.06.68 г.	до 1,0	В+С1=10,1	6,1	4	1,1	0,8
Подземные воды Горьковского участка	ГКЗ пр. №10698 от 25.08.89 г.	Ср. 1,0	В+С1=1,84	-	1,84	1,84	1,84
Жамантукское (резерв)	ГКЗ № 180	2,0	10,4	-	16,24	-	-
Всего:	-	-	22,34	6,1	22,08	2,94	2,64

2 Опыт освоения месторождения автомобильно-экскаваторным комплексом

2.1 Основные параметры освоения месторождения

Анализ геологических, инженерно-геологических, географо-экономических, климатических и технологических сведений о рассматриваемом месторождении позволяет прогнозировать следующие горнотехнические условия его разработки:

1. Малая мощность покрывающих пород, удовлетворительная их устойчивость, незначительные ожидаемые водопротоки создают благоприятные условия для освоения запасов месторождения открытым способом с малыми объемами горно-капитальных работ. Экономическая целесообразность открытой разработки подтверждена расчетами.

2. Физико-механическая характеристика пород и продуктивных песков исключает необходимость применения каких-либо специальных методов их предварительной подготовки к производству выемочно-погрузочных работ.

3. Свойства горных пород и продуктивных песков, условия их залегания, предопределяющие необходимость организации селективной выемки; повышенная влажность горной массы, жесткие климатические условия и масштабы предстоящей деятельности обуславливают применение цикличной технологии производства вскрышных и добычных работ с использованием механических лопат обратного действия в комплексе с автомобильным транспортом.

Выходящие на земную поверхность породы месторождения сложены осадками, которые согласно ГОСТ 25100-82 относятся к классу нескальных. Их разрушение может осуществляться без производства взрывных работ.

Рудные пески месторождения образуют три горизонта. Они располагаются на 3 участках: Обуховском, Северном и Горьковском. Средняя мощность их составляет 1,8 м, максимальная – 8 м. Коэффициент крепости продуктивных песков по шкале проф. М.М.Протоdjяконова (f) составляет 0,6-2,0 (средний – 0,8-1,0). Разработка месторождения предусматривается открытым способом до глубины 20 м.

Границы карьера установлены с учетом контура подсчета запасов по площади и на глубину. Размеры планируемого карьера на конец отработки приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Размеры карьера на начало отработки

Участок месторождения	
Длина по поверхности, м	4750
Ширина по поверхности, м	875

Для наиболее полного извлечения полезного ископаемого с учетом границы подсчета запасов принимаются следующие углы откосов уступов, приведенные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Значение принимаемых углов откосов

Период разработки	Значение
На период разработки, град	40
На период погашения	30

Углы откосов должны уточняться в период эксплуатации путем систематических маркшейдерских замеров, наблюдений и изучения физико-механических свойств пород разрабатываемого участка [2].

Система разработки открытым способом принимается транспортная с вывозкой вскрышных пород и руды во внешние отвалы. Параметры карьеров приняты в соответствии с "Нормами технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с открытым способом разработки" (ВНТП-35-86).

Таблица 2.3 - Горно-технологические показатели

Бортовое содержание условного ильменита, кг/м ³	100
Генеральный угол наклона откоса бортов карьера, град	31
Длина карьера по земной поверхности, м	4750
Ширина карьера по земной поверхности, м	875
Максимальная глубина карьера, м	20
Геологические запасы руды в контуре карьера, $\frac{\text{тыс.м}^3}{\text{тыс.т}}$	$\frac{3648,9}{6312,6}$
Объем горной массы, удаляемой из карьеров, тыс. м ³	32766,7
Потери руды, %	
-богатые руды (> 400 кг/м ³)	2,0
-рядовые руды (100 ≤ 400 кг/м ³)	10
Разубоживание руды, %	
-богатые руды (> 400 кг/м ³)	15
-рядовые руды (100 ≤ 400 кг/м ³)	5
Эксплуатационные запасы руды, $\frac{\text{тыс.м}^3}{\text{тыс.т}}$	$\frac{4047,1}{7051,2}$
Объем вскрышных пород в контуре карьера, тыс. м ³	28467,7
Коэффициент вскрыши, м ³ /м ³	7,03

Размеры карьера:

Длина по дну:

$$L_d = L_{\Pi} - 2H_k \operatorname{ctg} \delta, \quad (2.1)$$

где L_{Π} – длина карьера по поверхности, м;

δ – угол погашения борта карьера;

H_K – глубина карьера.

$$L_D = 4750 - 2 \times 20 \times \text{ctg}30^\circ = 4680,8 \text{ м} \quad (2.1)$$

Ширина по дну:

$$B_D = B_{II} - 2H_K \text{ctg}\delta, \text{ м} \quad (2.2)$$

где B_{II} – ширина карьера по поверхности, м

$$B_D = 875 - 2 \times 20 \times \text{ctg}30^\circ = 805,8 \text{ м} \quad (2.2)$$

Объемы добычи руды по годам эксплуатации определились на основании проектной мощности карьера в первый год отработки – 40 тыс. м³, в последующие годы составит 200 тыс. м³

Производительность по вскрыше определилась исходя из:

- технологии ведения горных работ;
- порядка отработки запасов руды;
- объемов добычи руды по годам эксплуатации;
- промышленных запасов титаноциркониевых руд и коэффициентов вскрыши по расчетным периодам отработки.

Экономическая оценка и анализ календарного плана вскрышных и добычных работ необходимы при обосновании оптимальной производительности карьера по полезному ископаемому и вскрыше. При заданной постоянной производительности карьера по полезному ископаемому в течении определенного периода годовые объемы вскрыши могут быть постоянными или могут изменяться во времени в зависимости от условий залегания месторождения, способа вскрытия, системы разработки и других факторов. Изменяя параметры горных работ и направление их развития, можно добиться необходимого изменения календарного распределения вскрыши [2].

В любой период добыча полезного ископаемого не должна прерываться или уменьшаться, т. е. должна быть постоянной или возрастающей во времени. Постоянный рост производительности по ПИ и вскрыше способствует улучшению ТЭП.

Потери полезного ископаемого разделяются на количественные и качественные (разубоживание).

Количественные потери – часть запасов кондиционного полезного ископаемого, оставленная при разработке в недрах, потерянная в местах погрузки, перегрузки, складирования и на транспортных коммуникациях, а также вывезенная в отвалы.

Разубоживание – снижение содержания полезных компонентов в добытом полезном ископаемом по сравнению с содержанием в массиве. Разубоживание происходит из-за засорения полезного ископаемого пустыми породами, попадания в промышленные сорта непромышленных его сортов, а

также путем смешивания ценных сортов с менее ценными непромышленными сортами.

Руда в массиве характеризуется процентным содержанием полезного компонента.

Величина потерь и разубоживания установлены исходя из параметров применяемого оборудования, технологии ведения горных работ и мощности рудных тел.

В процессе отработки принят следующий порядок горных работ:

А) Снятие (срезка) плодородно-растительного слоя (ПРС) с земной поверхности карьера толщиной 0,25-0,50 м (в среднем 0,35 м) и складирование ПРС в отдельных временных (до 5 лет хранения) штабелях – отвалах (высотой до 5 м). Выбор мест для временных отвалов ПРС предусматривается определять на месте, но неподалеку от мест осуществления будущей рекультивации участков карьеров (для расчетов среднее расстояние транспортирования ПРС принимается равный 1 км).

Б) Удаление вскрышных пород с поверхности продуктивных песков с помощью экскаваторов, т.е. из призабойного пространства добычного блока (заходки) в карьер порода перемещается во внешние отвалы путем транспортировки автосамосвалами.

В) Добыча продуктивных песков с транспортировкой их на усреднительную площадку (склад) ОФ.

Для обеспечения транспортной связи между пунктами погрузки горной массы и пунктом её разгрузки на поверхности производится вскрытие месторождения.

К специальным горным работам относятся проведение и обустройство вскрывающих выработок – капитальных (постоянных) и временных траншей, полутраншей (съездов) и транспортных берм на горизонтах, устройство выездов, сооружение насыпей и съездов. Вид вскрывающих выработок характеризует способы вскрытия рабочих горизонтов.

Оборудование на вскрытых горизонтах необходимо располагать таким образом, чтобы в процессе работы не создавались помехи в его работе, и обеспечивалась наиболее высокая производительность. Глубина залегания рудных тел предопределило глубину карьера 20м. Отработка месторождения будет осуществляться последовательными уступами: высота уступов на рабочих горизонтах в зависимости от выбранной горнодобывающей техники будет составлять 4 м.

Ширина въездной траншеи определяется из параметров автосамосвала и особенностей разработки составит 15 м

Глубина въездной траншеи будет равна высоте уступа и составит 4 м. В этом случае среднее значение длины въездной траншеи, а также ее строительный объем при равенстве углов откосов уступа и бортов траншеи объемы внутренней въездной и карьерной траншеи определяются также из

выше приведенных формул. При глубине и углах откоса траншеи 4 м и 30° составит: $V_B = 3073,5 \text{ м}^3$; $V_p = 5148 \text{ м}^3$.

Система разработки – это установленный порядок выполнения вскрышных, добычных, горно-подготовительных работ, обеспечивающий безопасную, экономичную и наиболее полную выемку запасов с соблюдением мер по охране природы.

Система разработки горизонтальных и пологих залежей в период эксплуатации характеризуется только порядком производства вскрышных и добычных работ и изменением длины фронта работ или высоты отдельных уступов. Горно-подготовительные работы в этом случае заканчиваются созданием первичного фронта вскрышных и добычных работ. Эти системы разработки называют сплошными, так как для них характерно постоянное положение рабочей зоны.

Основные факторы, учтенные при выборе системы разработки:

А) горно-геологические условия полезного ископаемого, без резких перепадов высотных отметок месторождения равнинного типа. Большая мощность полезного ископаемого исключает возможность отработки одним уступом;

Б) физико-механические свойства полезного ископаемого и вскрышных пород;

В) заданная годовая производительность карьера;

Г) расстояние транспортирования вскрышных пород во внешние отвалы до 2 км, полезного ископаемого на временный склад руды до 3 км.

Для месторождения Обуховское наиболее эффективна по классификации В.В. Ржевского сплошная поперечная однобортная система разработки с внешними отвалами. Продуктивные пески балансовых запасов направляются на усреднительный склад. Забалансовые руды складировются самостоятельно на специально выделенных площадях.

Свойства горных пород и продуктивных песков, условия их залегания, предопределяющие необходимость организации селективной выемки; повышенная влажность горной массы, жесткие климатические условия и масштабы предстоящей деятельности обуславливают применение циклической технологии производства вскрышных и добычных работ с использованием механических лопат обратного действия в комплексе с автомобильным транспортом. Наиболее рациональным в этих условиях является следующий состав технических средств комплексной механизации основных производственных процессов.

2.2 Типы и модели горно-транспортного оборудования

Выемочно-погрузочные работы – на добычу песков и на удалении вскрышных пород применяем одинаковый тип гидравлических экскаваторов ХСМГ ХЕ700С. При этом, высота отрабатываемого уступа определяется исходя из физико-механических свойств слагающих пород и параметров

применяемого оборудования. Из соображений безопасности мехлопатой обрабатываются уступы высотой до 5 м. Для транспортировки используется автосамосвал Shacman F3000 грузоподъемностью 18 тонн.

Для размещения пустых пород в отвале применяю бульдозер ДЗ – 42.

Основными параметрами системы разработки являются: высота и угол откоса рабочих уступов, ширина заходок, ширина рабочих площадок, угол откоса рабочего борта, длина фронта работ на одну погрузочную машину (длина экскаваторного блока), длина добычного и породного фронтов работ.

Основными показателями системы разработки являются: скорость подвигания забоев, скорость подвигания рабочих уступов.

Высота уступа не должна превышать высоту черпания экскаватора. Расчетные данные элементов системы разработки автомобильно-экскаваторным комплексом приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Сводные расчетные данные элементов системы разработки

Наименование	Единицы измерения	Расчетные показатели
Высота уступа	м	4
Угол откоса уступа	градус	45
Ширина рабочей площадки	м	28
Ширина экскаваторной заходки: XCMG ХЕ700С	м	12
Угол рабочего борта карьера	градус	12
Угол погашения бортов	градус	20
Скорость подвигания торцевых забоев	м/сут	20,2

Выемочно-погрузочные работы заключаются в выемке горной массы из забоя и погрузке ее в средства транспорта и перемещении ее в отвал.

На основе физико–механических свойств разрабатываемых пород, а также учитывая условия разработки месторождения и производительность карьера, в качестве выемочно–погрузочного оборудования принимаем экскаватор типа XCMG ХЕ700С (емкостью ковша 3 м³) на добычных и вскрышных работах.

Гидравлический экскаватор XCMG ХЕ700С по своим техническим характеристикам в полной мере удовлетворяет условиям экскавации пород и руд Обуховского месторождения, которые по трудности экскавации относятся к I категории. Он представляет собой полноповоротную дизельную, обратную лопату, на гусеничном ходу.

Конструктивной особенностью данного экскаватора, определяющей их технологические параметры и технико-экономические показатели, является наличие мощных гидроцилиндров, соединенных между собой шарнирно, для управления стрелой, рукоятью и ковшом. Качающая стрела и рукоять, а также поворотный ковш позволяют благодаря гидроцилиндрам создать лучшую траекторию черпания, и значительно большие усилия резания на зубья ковша.

С учетом резерва, инвентарный парк составит 4 экскаватора XCMG XE700C (объем ковша 3 м³) для вскрышных и добычных работ. По расчетам их годовая эксплуатационная производительность составит 3372 м³/сутки или 708120 м³/сезон.

Горнотехнические условия разработки Обуховского месторождения, параметры системы разработки, масштабы производства, а также ряд технологических факторов, предопределили выбор вида транспорта.

На данном участке в качестве транспорта для перевозки титанциркониевых песков и пород вскрыши принимается автомобильный транспорт, основными преимуществами которого является: независимость от внешних источников питания энергии, упрощение процесса отвлобразования, сокращения длины транспортных коммуникаций, благодаря возможности преодоления относительно крутых подъемов автодорог, мобильность.

При выборе типа транспорта учитывались параметры выемочно-погрузочного оборудования и проектная производительность карьера по горной массе. В качестве основного технологического транспорта принимаю автосамосвалы SHACMAN F3000 грузоподъемностью 18 т.

Выбор данного типа автотранспорта обусловлен рациональным соотношением объема кузова самосвала и вместимостью ковша экскаватора XCMG XE700C (3 м³).

Режим работы автотранспорта, задействованного на транспортировке круглогодичный в одну смену, продолжительность смены 12ч.

Карьерные автосамосвалы работают в комплексе с погрузочными экскаваторами, поэтому их параметры необходимо увязывать

По окончательно принятым значениям скорости и известными расстояниями, рассчитывается время движения гружёных и порожних машин по определённым участкам. Продолжительность рейса машин указана в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Продолжительность рейса автосамосвала

Направление	Гружёное (порожнее)			
Для транспортировки руды				
Участки	<i>забойный</i>	<i>траншейный</i>	<i>магистральный</i>	
Время движения, мин	0,5(0,4)	1(0,8)	4,5(4,3)	
Общее время движения, мин	6(5,5)			
Для транспортировки вскрыши				
Участки	<i>забойный</i>	<i>траншейный</i>	<i>магистральный</i>	<i>отвальный</i>
Время движения, мин	0,5(0,4)	1 (0,8)	3 (2,5)	1 (0,80)
Общее время движения, мин	5,5(4,5)			

Сменная эксплуатационная производительность автосамосвала SHACMAN F3000 грузоподъемностью 18 тонн по вскрыше составит 867,4 т/смена, по добыче 775 т/смену

Необходимый инвентарный парк обслуживающих экскаваторы составит 12 единиц, с учетом простоев и ремонтов оборудования.

2.3 Отвалообразование

Технологический процесс размещения пустых пород и некондиционных руд, удаляемых при открытой разработке и строительстве, есть отвалообразование. Отвалообразование в комплексе вскрышных работ является важным процессом потому, что, во-первых, объем отвальных пород очень значителен (в несколько раз больше объемов добываемого полезного ископаемого), во-вторых, от организации отвальных работ зависит успешность работы вскрышных экскаваторов и транспорта вскрыши.

Способы отвалообразования зависят, прежде всего, от вида применяемого транспорта и типа рабочего оборудования. При автомобильном транспорте применяются (чаще всего) бульдозерные и экскаваторные отвалы. По размещению относительно контура карьера отвалы делятся на внешние и внутренние, а по стационарности - на постоянные и временные.

Отвал по своей конструкции представляет собой насыпь горной массы, состоящую, как правило, из несколько слоев (ярусов) и имеющую в плане в общем случае криволинейную форму или чаще близкую к прямоугольнику.

Основными параметрами отвала являются: высота отвала H_0 и отвального уступа (яруса) h , длина L_0 и ширина отвала B_0 , ширина отвальной заходки A_0 , площадь земельного участка, занимаемого отвалом, S_0 , площадь горизонтальных площадок и поверхности откосов отвала, угол откоса яруса γ , угол погашения борта отвала γ_0 , угол рабочего борта отвала $\gamma_{p.o}$.

Так как пустая порода будет вывозиться во внешний отвал, то, следовательно, необходимо найти площадь внешнего отвала. Общая площадь определяется в зависимости от объема вскрышных пород, которые должны быть транспортированы во внешний отвал.

Вскрышные породы в объёме 28467,7 тыс.м³ вывозятся в отвал расположенный в непосредственной близости от карьера на расстоянии 1,5 км. Почвенно-растительный слой вывозится в спецотвалы. Отвал вскрышных пород двухярусный, общей высотой не более 10 м (высота одного яруса по 5 м каждый).

Вследствие применения автомобильного транспорта, а так же при данных объемах складироваемых пород в отвал целесообразно принять бульдозерную технологию отвалообразования.

Формирование отвалов при бульдозерном отвалообразовании осуществляют двумя способами – периферийным и площадным.

При периферийном отвалообразовании автосамосвалы разгружаются по периферии отвального фронта в непосредственной близости от верхней бровки отвального откоса или под откос. Часть породы в этом случае сталкивается бульдозером под откос.

При площадном отвалообразовании разгрузка породы из самосвалов производится по всей площади отвала или на значительной его части, а затем бульдозером планируют отсыпной слой породы, укатываемый катками, после чего цикл повторяется. Более экономичным способом формирования является периферийный, при котором меньше объём планировочных работ. В связи с вышеизложенными фактами, принимаем периферийный способ отвалообразования.

Технологический процесс периферийного бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте состоит из трёх операций: разгрузки автосамосвалов SHACMAN F3000, планировки отвальной бровки и устройстве автодорог.

Автосамосвалы должны разгружать породу, не доезжая задним ходом 3-4 м до бровки отвального уступа. Необходимо обязательно обустроить ограничитель автосамосвалов при заднем ходе к бровке отвала. В качестве ограничителя используют валик породы, оставляемый на бровке отвала. Размер его по высоте 0,8 м и по ширине 1-2 м.

Разгрузка машин может быть произведена на любом участке отвальной бровки. Для этого лишь требуется, чтобы место разворота машин было расчищено бульдозером от крупных кусков породы.

Возведение отвала, сдвигание под откос выгруженной породы и планировка отвальной бровки осуществляются с помощью бульдозера.

Для планировки отвальной бровки бульдозер должен быть снабжён поворотным лемехом, установленным под углом 45° или под углом 67° к продольной оси бульдозера. При планировании породы на высоких отвалах лемех обычно устанавливается перпендикулярно оси трактора, так как в этом случае нет надобности делать набор высоты отвала.

3 Разработка эффективной технологии добычи полезных ископаемых гидромеханическим способом на примере Обуховского месторождения

3.1 Расчет размыва и смыва пород

Сущность гидромониторной разработки заключается в разрушении и смыве пород струей воды, вылетающей под большим давлением из насадки гидромонитора. Разрушение породы происходит за счет энергии удара струи, фильтрации воды через поры породы, ослабления сцепления между ее частицами, увлажнения ее и размокания, растворения солей, содержащихся в породе. [3]

Технология гидромониторного размыва состоит из подрезки забоя струей воды и смыва обрушенной и насыщенной водой породы в зумпф землесосной станции или в самотечную пульпоотводящую канаву.

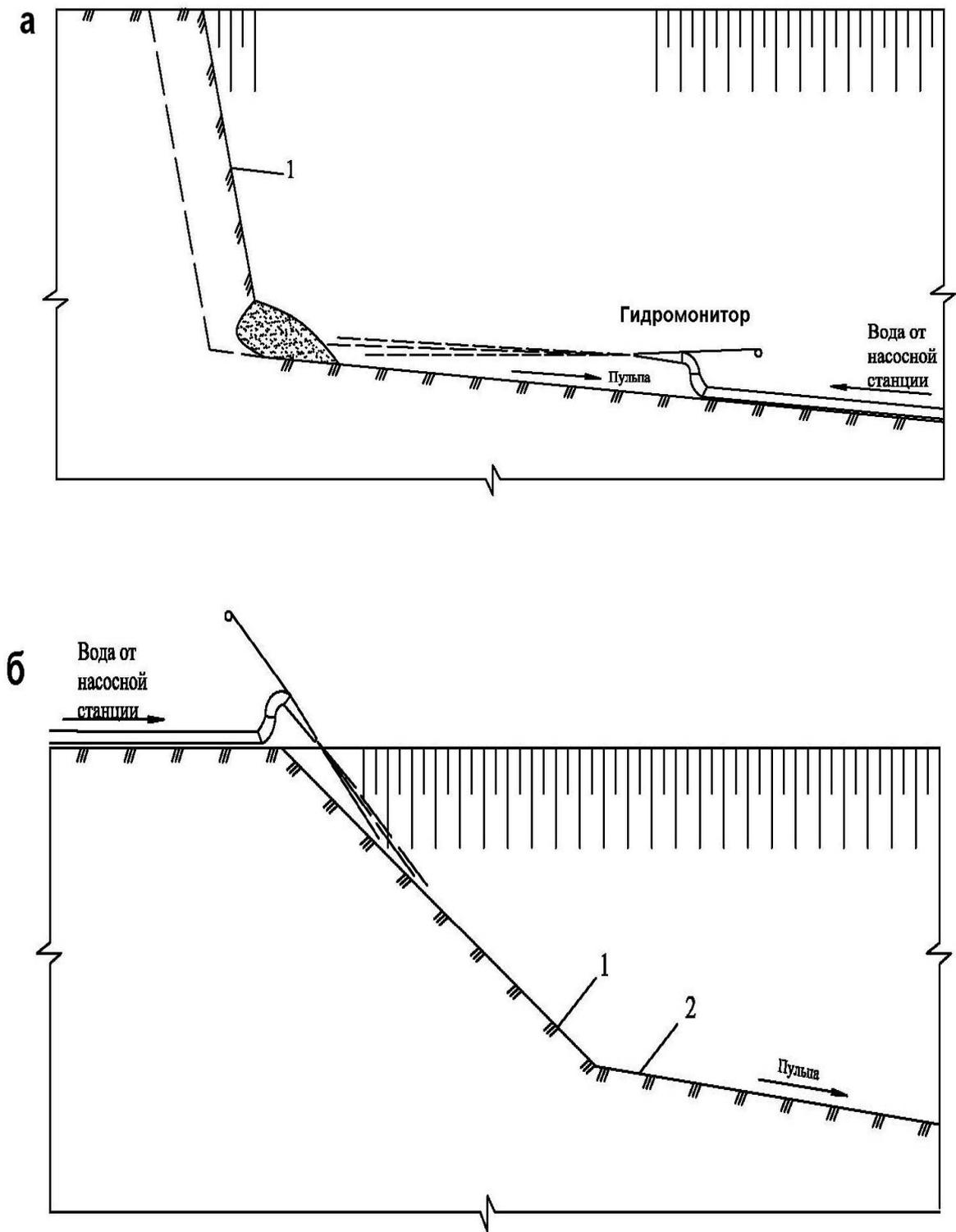
При разработке рыхлых, несвязных или предварительно разрыхленных пород процесс разработки состоит из одной операции. В этом случае нет необходимости в подрезке уступа. Рыхлая порода одновременно насыщается и смывается водой.

При разработке связных пород, к которым относятся суглинки и глины разной плотности, а также слежавшиеся песчано-гравийные породы, процесс разработки состоит из двух операций: подрезки и смыва.

Наиболее трудоемкой операцией при гидромониторной разработке является подрезка уступа. В этот период насыщение потока воды породой крайне низко. При тяжелых суглинистых и особенно глинистых грунтах на подрезку затрачивается 60-70 % всего рабочего времени. При менее плотных породах время на подрезку составляет 30-50 %. В зависимости от типа пород, слагающих уступ, и их физико-механических свойств выбирают схему устройства вруба и последующего его расширения.

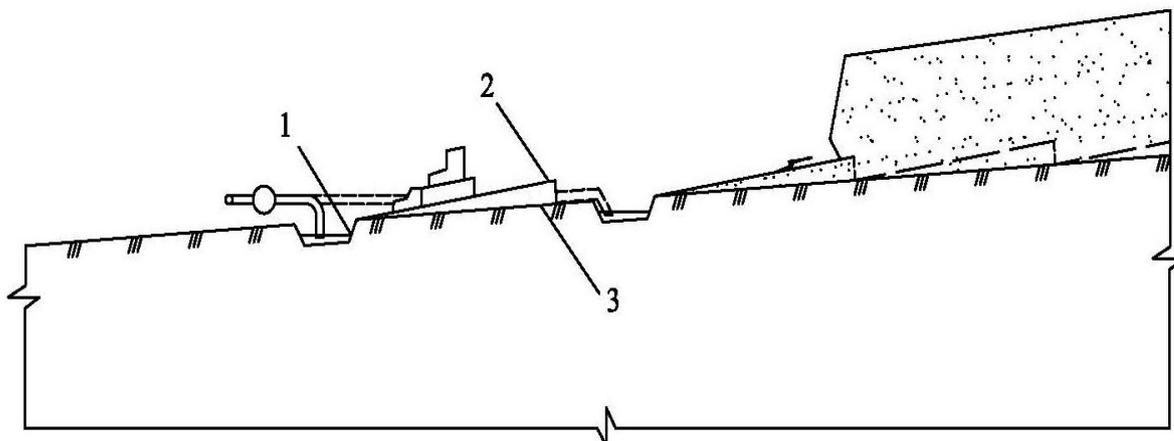
Различают следующие способы размыва пород при использовании гидромонитора: с нижней площадки уступа; с поверхности уступа; (рисунок 3.1) с недомывом. (рисунок 3.2.) Отдельные способы подготовки пород по С.М. Шорохову включают размыв с увлажнением, механическим рыхлением и рыхлением взрывными работами.

В мерзлом состоянии рыхлые отложения превращаются в монолитный массив, который возможно отрабатывать только с помощью предварительного рыхления. Крепость талых отложений зависит от температуры и повышается с её понижением. Если же температура повышается они становятся пластичными. Однако многие на данный момент отказываются от применения буровзрывных работ из-за сложности и дороговизны процесса.



а - с нижней площадки уступа; б - с поверхности уступа (1 – забой, 2 – подошва забоя, 3 – гидромонитор)

Рисунок 3.1 - Способы размыва пород при использовании гидромонитор



1 - зумпф; 2 – недомыв; 3 - подошва забоя

Рисунок 3.2 - Способ размыва пород с недомывом

Высота уступа соответствует мощности пород вскрыши и принимается с учетом следующих рекомендаций: при применении размыва с поверхности - не более 5 м; с нижней площадки уступа – не более 25-30 м. При большей мощности пород вскрыши из условий безопасности ведения работ принимают 2-3 уступа. В таблице 3.1 представлен необходимый напор воды для размыва пород гидромонитором

Различают следующие способы размыва пород при использовании гидромонитора: с нижней площадки уступа; с поверхности уступа и с недомывом. Отдельные способы подготовки пород по С.М. Шорохову включают размыв с увлажнением, механическим рыхлением и рыхлением взрывными работами.

Удельный расход воды является одним из основных параметров, входящих в расчеты по проектированию средств гидромеханизации.

Исследованиями и опытом отработки месторождений с использованием средств гидромеханизации установлено, что величина удельного расхода воды зависит от:

- а) физико-механических свойств грунта;
- б) напора воды;
- в) системы разработки и характеристики применяемого оборудования;
- г) характера пород основания рыхлых отложений (плотика россыпи) и его уклона;
- д) диаметра насадки;
- е) организации вскрышных и добычных работ, длины обрабатываемой заходки, высоты и ширины забоя.

Таблица 3.1 - Необходимый напор воды для размыва пород гидромонитором

Категория пород	Породы	Необходимый напор при высоте уступа, м:		
		≤ 5	от 5 до 15	≥ 15
1	Предварительно разрыхленные не слежавшиеся	30-40	40-50	50-60
2	Пески мелкозернистые	30-40	40-50	50-60
	Супесь легкая	30-40	40-50	50-60
	Лесс рыхлый	40-50	50-60	60-70
	Торф разложившийся	40-50	50-60	60-70
3	Пески среднезернистые	30-40	40-50	50-60
	Супесь средняя	40-50	50-60	60-70
	Суглинок легкий	50-60	60-80	70-90
	Лесс плотный	60-70	70-80	80-100
4	Пески крупнозернистые	30-50	40-60	50-70
	Супесь тяжелая	50-70	60-80	70-90
	Суглинок средний, тяжелый и глины песчаные	70-100	80-110	90-120
5	Песчано-гравийная смесь с содержанием гравия до 25 %	40-80	50-90	60-100
	Глины полужирные с содержанием глинистых фракций 40-50 %	80-120	100-140	120-160
6	Песчано-гравийная смесь с содержанием гравия до 40 %	50-90	60-100	70-110
	Глины полужирные с содержанием глинистых фракций до 50-60 %	100-140	120-160	140-180

В таблице 3.2 и 3.3 указаны удельные расходы воды на отбойку и выгонку размываемых пород

Таблица 3.2 - Необходимый расход воды на отбойку

Категория крепости пород	Коэффициент работы по отбойке, $(\text{м}^3 \cdot \text{м})^{0,5}$	Удельные расходы воды на отбойку, $(\text{м}^3/\text{м}^3)$	
		Предельное значение	Наиболее распространенное
1	14-16	1,8-3,0	2- 2,6
2	23-27	2,5- 4,6	3,0- 3,8
3	42-48	4,2-7,5	4,5-6
4	65-75	6-11	7-9
5	110-130	9-17	10-13
6	180-240	14-25	16-20

Физико-механические свойства грунта во всех случаях оказывают значительное влияние на величину удельного расхода воды и на эффективность отработки месторождения. Практические данные показывают, что при переходе от легкоразмываемых грунтов к трудноразмываемым удельный расход увеличивается примерно в 8 раз.

Таблица 3.3 - Необходимый расход воды на выгонку

Крупнозернистый состав пород	Коэффициент работы по выгонке пород, $(\text{м}^3 \cdot \text{м})^{0,25}$	Удельные расходы воды на выгонку, $(\text{м}^3/\text{м}^3)$	
		Предельное значение	Наиболее распространенное
Мелкая и крупная галька отсутствует	1-1,2	0,3-0,6	0,4-0,5
Галька мелкая до 1 %	2,0-2,5	0,5-0,1	0,6-0,8
Галька мелкая до 5 %, крупная до 1 %	3,0-4,0	0,8-2,0	0,9-1,2
Галька мелкая до 10 %, крупная до 2 %	5-6,5	1,5-4,0	1,6-2,6
Галька мелкая до 15 %, крупная до 3 %	7-9	2,0-5,5	1,8-4,0
Галька мелкая до 20 %, крупная до 5 %	10-14	3-7,5	3,5-6
Галька мелкая до 25 %, крупная до 7 %	18-23	5-12	6-10
Галька мелкая до 30 %, булыжник до 10 %	28-35	7-17	8-12

Размыв пород в массиве с установкой гидромонитора на плотике россыпи (или на подошве уступа). Наиболее распространенный при разработке россыпей и гидровскрышных работах способ включает три операции: образование вруба в нижней части уступа (подрезку), размыв обрушившейся породы и выгонку размывтой породы к зумпфу землесоса. Относительные затраты времени на эти операции зависят от крепости размываемых пород, их каменистости, уклона плотика и других факторов. При уклонах плотика, отвечающих условиям самотечного транспортирования, затраты рабочего времени на выгонку относительно малы.

Размыв пород в массиве гидромонитором, установленным на плотике (или подошве уступа), с применением поворотной трубы с шарниром. Этот способ нашел применение на разработке миасских россыпей и при гидровскрышных работах на угольных разрезах Кузбасса.

Поворотная труба длиной 20-30 м одним концом подсоединяется с помощью шарового или телескопического шарнира к разводящему

трубопроводу. К другому ее концу присоединяется гидромонитор. Гидромонитор перемещается вокруг шарнира бульдозером или гидравлическим толкателем. Этот способ размыва позволяет размывать относительно большие объемы пород, не отсоединяя гидромонитор от водовода.

Размыв пород в массиве гидромонитором, установленным на поверхности россыпи, применяется реже. Этот способ используется при небольшой мощности размываемых пород (до 3-5 м) в системах разработки с попутным забоем. С увеличением мощности пород размыв в нижней части уступа становится малоэффективным. При размыве с поверхности разрушение породы совмещается иногда с транспортированием.

Способ размыва с установкой гидромонитора на промежуточном горизонте. Уступ при этом разбивают на два подступа. Первоначально гидромонитором размывают с поверхности верхний подступ, после чего гидромонитор переносят на верхнюю площадку нижнего подступа для его размыва. Этот способ используют и в другом варианте. Гидромонитор устанавливают сразу на промежуточном горизонте, и он размывает верхний подступ с нижней его площадки (с промежуточного горизонта). Нижний подступ размывается попутно также при расположении гидромонитора на промежуточном горизонте.

Размыв предварительно увлажненных пород. Для снижения энергетических затрат на размыв вязкие суглинистые и глинистые породы (III-IV категорий) насыщают водой, подаваемой под давлением в трубы, забиваемые в массив. Расход напорной воды на увлажнение суглинков до стадии обрушения уступа высотой 5-5,5 м составляет 260-300 л/м.3. Напор воды, подаваемой в трубы, достигает 70 м. Расстояние между трубами 4-5 м. Процесс увлажнения длится 12-16 ч. По данным исследований, предварительное увлажнение пород повышает производительность гидроустановки на 50-60%.

Целесообразно использовать предварительное увлажнение суглинистых и глинистых пород, обладающих структурной трещиноватостью, при мощности отложений от 3 до 12 м и отсутствии в них валунов размером 300-500 мм и более. Возможны также увлажнение и размыв пород с помощью безнапорного потока воды, подводимого на верхнюю площадку уступа.

Размыв пород, предварительно разрыхленных механическим способом. При разработке глинистых пород затраты на их размыв в массиве возрастают настолько, что общие расходы на применение разрыхляющего механизма или взрывчатого вещества и на последующий размыв разрыхленной породы могут быть ниже стоимости непосредственного размыва породы в массиве. Разрыхленные породы можно размывать в отвале, а также в бункере передвижных и стационарных гидротранспортных установок.

Как показали исследовательские работы, удельный расход электроэнергии при гидравлической разработке труднопромывистых глинистых пород IV-V категорий, имеющих влажность 28%, возрастает до 25

квт-ч/м³. Более 70% этой энергии расходовалось непосредственно на размыв и лишь оставшая часть - на транспортирование. В то же время на разработку 1 м³ пород I-V категорий крепости экскаватором расходуется лишь 0,3-1,1 квт-ч.

Предварительное рыхление бульдозером применяют при небольших объемах работ, а также при размыве вечномёрзлых пород. В таблице 3.4 указаны коэффициенты способа размыва в зависимости от способов размыва.

Гидравлический расчет гидромониторов предусматривает расчет расхода воды у насадки гидромонитора, скорости вылета струи из насадки и ее диаметра, а также рабочего напора у насадки гидромонитора. В таблице 3.5 указан удельный расхода воды на размыв пород россыпных месторождений по методу НТП-76

Таблица 3.4 - Коэффициенты способа размыва

Способ размыва пород	Категория пород	Коэффициент способа размыва
Размыв с верхней площадки уступа	-	1,3
Размыв с нижней площадки уступа	-	1
Размыв с предварительным увлажнением пород	от 3 до 4	0,1-0,3
	от 5 до 6	1
Размыв с механическим рыхлением	4	0,3-0,4
	5	0,2
Размыв с предварительным рыхлением взрывными работами	от 4 до 6	0,4-0,5

Таблица 3.5 - Нормирование удельного расхода воды на размыв пород россыпных месторождений по методу НТП-76

Категория пород по:		Удельный расход воды, м ³ /м ³							
шкале ЕКГП	трудности размыва гидромонитором	Способ транспортирования породы							
		Безнапорный						Напорный	
		Уклон плотика ≥0,03			Уклон плотика <0,03				
		Высота уступа, м:							
До 5	5-15	Свыше 15	До 5	5-15	Свыше 15				
I	1	5,0	4,5	3,5	9,0	8,1	6,3	10,8	8,0
	2	6,0	5,4	4,0	10,8	9,7	7,2	13,0	10,0
II	3	7,0	6,3	5,0	12,6	11,4	9,0	15,1	11,0
III	4	9,0	8,1	7,0	16,6	14,4	12,6	19,2	13,0
IV	5	12,0	10,8	9,0	21,6	19,5	16,2	26,0	14,0
V	6	14,0	12,6	10,0	25,2	22,7	18,0	30,2	16,0

Удельный расход воды на отбойку породы ($\text{м}^3/\text{м}^3$) вычисляют по формуле

$$a_1 = P_1 / H^{0,5} \cdot V_3, \quad (3.1)$$

Где P_1 - коэффициент работы по отбойке ($\text{м}^3 \cdot \text{м}$)^{0,5};
 H - необходимый напор воды, м (табл. 1.1);
 V_3 - коэффициент трудоемкости размыва забоя.

Удельный расход воды на выгонку ($\text{м}^3/\text{м}^3$) рассчитывают по формуле

$$a_2 = P_2 / H^{0,25} \cdot V_B, \quad (3.2)$$

где P_2 - коэффициент работы по выгонке ($\text{м}^3 \cdot \text{м}$)^{0,25};
 V_B - коэффициент трудоемкости перемещения пород.

Коэффициенты работы по отбойке ($\text{м}^3 \cdot \text{м}$)^{0,5} и выгонке ($\text{м}^3 \cdot \text{м}$)^{0,25}:

$$P_1 = 6 \cdot 10^{-4} \cdot H^{2,6274}; \quad (3.3)$$

$$P_2 = (3,93 \cdot B_r^2 - 5,37 \cdot B_r + 237,98) \cdot 10^{-2}, \quad (3.4)$$

Коэффициент высоты уступа зависит от способа размыва. Отличительными признаками способов размыва являются расположение гидромонитора относительно разрабатываемого уступа и приемы, используемые для отделения пород от целика, определяющие порядок размыва пород в забое.

Секундный расход воды у насадки гидромонитора ($\text{м}^3/\text{с}$):

а) при отбойке пород

$$Q^o_c = W_r \cdot a_1 / (3600 \cdot T); \quad (3.4)$$

б) при выгонке пород

$$Q^B_c = W_r \cdot a_2 / (3600 \cdot T), \quad (3.5)$$

Где W_r - суточная производительность предприятия по породе, м^3 ;

T - чистое время работы гидромонитора в течение суток, ч.

Величина W_r определяется с учетом фактического времени использования гидроустановок во времени (табл 3.6). Для гидроустановок, эксплуатируемых при разработке россыпных месторождений, коэффициент использования во времени рекомендуется принимать в пределах 0,7-0,85. Паспорт забоя изображен на рисунке 3.3

Чистое время работы гидромонитора в течение суток

$$T = n \cdot t_{\text{см}} \cdot k_{\text{и}},$$

Где n – число рабочих смен в сутках;
 $t_{\text{см}}$ - продолжительность смены, ч;
 $k_{\text{и}}$ - коэффициент использования гидромонитора во времени.

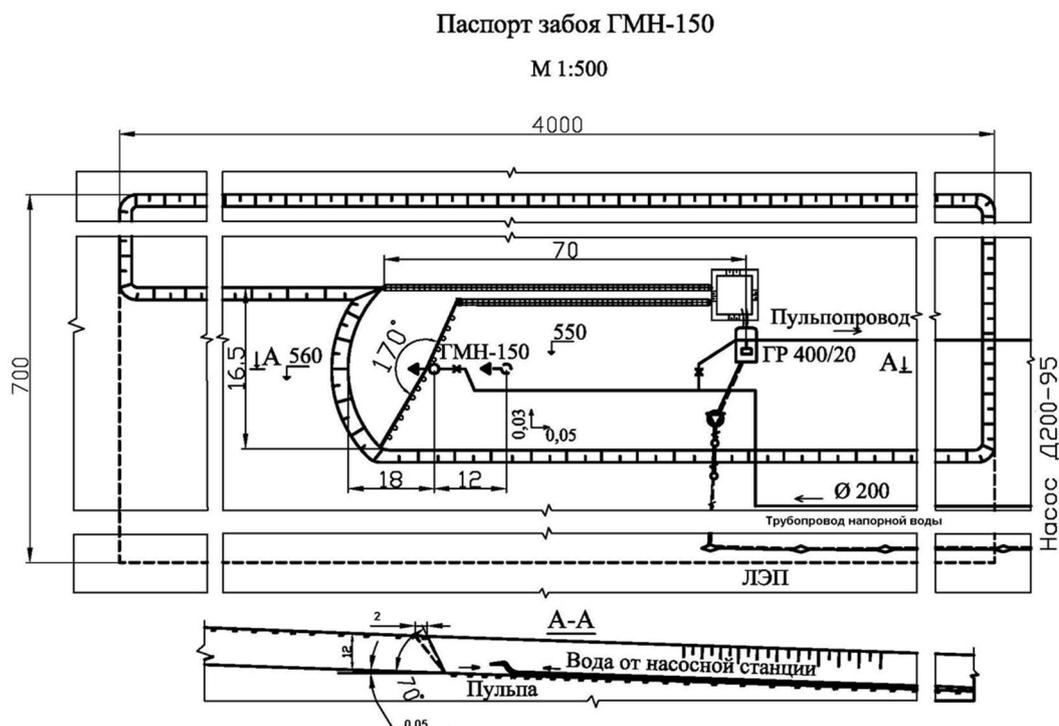


Рис 3.3. – Паспорт забоя ГМН-250

Таблица 3.6 -Коэффициент использования гидроустановки во времени

Вид работы	Коэффициент
Сброс пульпы в водоем или отвал без устройства обвалования	0,95
Укладка грунта в отвал с устройством обвалования или в подводную часть сооружения (штабелей) или намыв свободным откосом	0,9
Намыв широкопрофильных частей сооружений (штабелей) или площадей	0,85
Намыв узкопрофильных частей сооружений (штабелей)	0,75

При гидравлической разработке с естественным напором удельный расход воды обычно больше, чем при разработках с искусственным напором, так как вода дополнительно расходуется на транспортирование размывших пород гидроэлеваторами.[4]

3.2. Расчет напорного гидротранспорта

Напорный гидротранспорт применяют для транспортирования пульпы на обогатительные фабрики (приборы) или в отвалы при разработке рыхлых отложений гидромониторами, бульдозерами, скреперами, экскаваторами и плавучими землесосными снарядами. При разработке рыхлых отложений средствами гидромеханизации напорный гидротранспорт осуществляется с помощью напорных насосов, грунтовых насосов и гидроэлеваторов (струйных насосов).

Они просты по конструкции, не имеют движущихся деталей, характеризуются малыми габаритами, небольшим весом, невысокой стоимостью, могут быть изготовлены в небольших механических мастерских. При снижении уровня воды в зумпфе и обнажении всасывающих отверстий гидроэлеватор не требует повторного запуска и по заполнении зумпфа начинает работать на полную мощность. Высота всасывания достигает 6-7 м. Вместе с тем гидроэлеваторы имеют невысокий к.п.д. (в пределах 20-25 %). Поэтому гидроэлеваторные установки характеризуются значительным расходом воды.

Грунтовые насосы на гидравлических разработках россыпей перекачивают пески на высоту 10-50 м, а по горизонтали до 2 км. При понижении уровня воды в зумпфе ниже обреза всасывающей трубы всасывание прекращается. После этого грунтовый насос с горизонтальным валом приходится заново «заряжать», на что уходит 5-15 мин. Поэтому при использовании грунтовых насосов необходимо обеспечивать более равномерное поступление различных песков к землесосной станции и производить более точную увязку между его производительностью, числом работающих гидромониторов и диаметром их насадок. На устойчивость работы грунтового насоса оказывают существенное влияние консистенция гидросмеси и характеристики всасывающего и напорного трубопроводов. Оптимальным является такой режим работы грунтового насоса, при котором достигается его максимальная производительность по породе при максимальных удельных затратах энергии.

Землесосы и грунтовые насосы относятся к центробежным одноступенчатым насосам и имеют целый ряд специфических особенностей, так как в отличие от обычных центробежных насосов они предназначены для транспортирования по трубам смеси грунта (или твердых частиц) с водой.

Среди указанных особенностей землесосов и грунтовых насосов можно отметить следующие:

- корпус и рабочее колесо, подвергающиеся значительным динамическим нагрузкам при перекачивании гидросмеси, изготавливаются массивными, из износостойчивых материалов;

- на корпусе имеется геометрически закрывающийся люк, используемый для осмотра рабочего колеса и внутренней полости корпуса и удаления застрявших между лопастями колеса крупных кусков породы;

- рабочее колесо землесоса имеет меньшее, чем у обычных центробежных насосов, число лопаток (от 2 до 5), что обеспечивает пропуск крупных кусков породы;
- крышка корпуса землесоса съемная;
- защита внутренней поверхности корпуса землесоса от абразивного износа обеспечивается сменными бронедисками;
- для предохранения бронедисков от истирания в полость между рабочим колесом и бронедисками подается "отжимная" вода с напором на 5-10 м и больше напора, развиваемого землесосом;
- для уменьшения вибрационных нагрузок подшипники вала и станина землесоса выполняются массивными.

Известны методики расчета гидроэлеваторов на основе теорий: смешения двух потоков (Г. Цейнер) и растекания свободной струи в массе покоящейся жидкости (Н. А. Ржаницын, В.Н. Гончаров.), а также используя методы расчетов, основанных на экспериментальных и теоретических работах, предложенных рядом авторов (Д. Гаслин, Б.Э. Фридман, П.Н. Каменев и др.).[4]

Наиболее обоснованной является теория, предложенная Б.Э. Фридманом, расчет гидроэлеватора по которой приводится ниже.

Полный напор, развиваемый гидроэлеватором (м)

$$H_n = h_1 + h_2 + h_1' + h_2', \quad (3.6)$$

где h_1 - геодезическая высота всасывания, м (принимается 1...1,5 м); h_2 - геодезическая высота нагнетания, м (принимается равной высоте уступа, учитывая максимальную высоту подъема гидроэлеватором пульпы); h_1' и h_2' - потери напора (ориентировочно принимаемые 10 % от h_1 и h_2).

Напор рабочей жидкости у насадки гидроэлеватора (м)

$$H_o = H_n / (\beta \cdot \varphi^2), \quad (3.7)$$

где β - коэффициент отношения напоров;

φ - скоростной коэффициент $\varphi = (0,95-0,97)$.

Параметр β изменяется в пределах от 0,1 до 0,4: $\beta = 0,1$ при транспортировании значительных объемов пульпы (более 100 л/с) на небольшую высоту (до 5 м); $\beta = 0,4$ при транспортировании незначительных объемов пульпы (до 100 л/с) на большую высоту (более 5 м).

Уравнение для нахождения коэффициента подсосывания в зависимости от коэффициента отношения напоров получено путем обработки значений, снятых с графика этой функции, по программе парной корреляции. График представляет собой гиперболу

$$\alpha = 0,326/\beta - 0,279. \quad (3.8)$$

Расход рабочей жидкости (л/с)

$$Q_o = \gamma_{п} \cdot Q_{п} / (\alpha \cdot \gamma_o), \quad (3.9)$$

где $\gamma_{п}$ - плотность пульпы, т/м³ (определяется в зависимости от количества

твердого в пульпе и средневзвешенной величины твердого в ней);

$Q_{п}$ - производительность по пульпе, л/с;

γ_o - плотность воды, т/м³.

Диаметр трубопровода рабочей жидкости

$$d_o = \sqrt{4 \cdot Q_o / V_o}, \quad (3.10)$$

где $V_o = 2,5$ м/с - скорость движения жидкости.

Выбираем ближайший к расчетному стандартный диаметр трубопровода (прил. 1.5).

Скорость вылета струи из насадки (м/с)

$$V_{н} = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_o}, \quad (3.11)$$

где g - ускорение свободного падения, м/с².

Диаметр насадки (мм)

$$d_{н} = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q_o}{\mu \cdot V_{н}}}, \quad (3.12)$$

где μ - коэффициент снижения скорости, $\mu = 0,9$.

Диаметр горловины (мм)

$$d_{г} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{г}}{\pi}}, \quad (3.13)$$

где $F_{г}$ - площадь сечения горловины, определяемая из условия (мм²)

$$F_{г} = \pi \cdot d_{н}^2 / (4 \cdot \beta). \quad (3.14)$$

Фактическая скорость движения пульпы в горловине (м/с)

$$V_{г} = (Q_{п} + Q_o) / F_{г}. \quad (3.15)$$

Необходимая скорость движения пульпы (м/с)

$$V_{н\delta} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \delta \cdot (h_2 + h_2')}, \quad (3.16)$$

где δ - степень восстановления пульпы в диффузоре, $\delta=0,774$.

Условие $V_r \geq V_{н\delta}$ соблюдается, следовательно, расчет произведен верно.

Диаметр диффузора в конце первой части (м)

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot (Q_{п} + Q_o)}{\pi \cdot V_1}}, \quad (3.17)$$

где V_1 - скорость движения пульпы в первой части диффузора, м/с.

$$V_1 = V_r - (V_r - V_3) / 3, \quad (3.18)$$

где V_3 - скорость движения пульпы в третьей части диффузора (в нагнетательном трубопроводе), определяемая из условия, м/с.

$$V_3 = 4 \cdot (Q_{п} + Q_o) / (\pi \cdot d_3^2), \quad (3.19)$$

где d_3 - диаметр нагнетательного трубопровода, м.

Величина d_3 определяется методом подбора стандартных диаметров трубопровода (прил. 1.5) при необходимости соблюдения условия

$$V_3 \geq V_{кр.}$$

Если скорость в нагнетательном трубопроводе больше критической ($V_{кр.}$, м/с), следовательно диаметр трубопровода подобран правильно. Критическая скорость движения пульпы приведена в табл. 3.7.

Длина первой части диффузора (м)

$$L_1 = (d_1 - d_r) / (2 \cdot \operatorname{tg} 1^\circ). \quad (3.20)$$

Диаметр второй части диффузора (м)

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot (Q_{п} + Q_o)}{\pi \cdot V_2}}, \quad (3.21)$$

где V_2 - скорость движения пульпы во второй части диффузора, определяемая по уравнению

$$V_2 = V_1 - (V_1 - V_3) / V_3. \quad (3.22)$$

Длина второй части диффузора

$$L_2 = (d_2 - d_1) / (2 \cdot \operatorname{tg} 2^\circ). \quad (3.23)$$

Длина третьей части диффузора

$$L_3 = (d_3 - d_2) / (2 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ 30'). \quad (3.24)$$

Общая длина диффузора

$$L_D = L_1 + L_2 + L_3. \quad (3.25)$$

Определяется расстояние от насадки до горловины

$$Z = 4,65 \cdot d_H \cdot \left(\frac{V_H}{V_\Gamma} \right), \text{ м.}$$

Диаметр всасывающего трубопровода определяется аналогично диаметру d_3 с вычетом Q_o .

Скорость движения пульпы во всасывающем трубопроводе

$$V_{\text{вс}} = 4 \cdot Q_{\text{п}} / (\pi \cdot d_{\text{вс}}^2), \quad (3.26)$$

где $d_{\text{вс}}$ - диаметр всасывающего трубопровода, м.

Если условие $V_{\text{вс}} \geq V_{\text{кр}}$ соблюдается, диаметр всасывающего трубопровода подобран правильно.

Диаметр перфораций грохота, устанавливаемого над приемным зумпфом или камерой смешения составляет не более $2/3$ минимального диаметра всасывающего патрубка или диффузора гидроэлеватора.

КПД гидроэлеваторной установки

$$\eta = (Q_{\text{п}} + Q_o) \cdot H_{\text{п}} / (Q_o \cdot H_o). \quad (3.27)$$

Таблица 3.8 - Критическая скорость потока пульпы

Диаметр трубопровода, мм	Критическая скорость движения пульпы, м/с				
	глинистые породы	глинисто-песчаные породы	песчано-гравийные породы	гравий, щебень	рядовой уголь
200	1,6	1,9	2,4	2,8	2,0
250	1,7	2,0	2,5	3,6	2,2
300	1,8	2,1	2,9	3,9	2,5
350	2,1	2,2	3,0	4,3	2,8
400	2,2	2,4	3,4	4,5	2,9
450	2,3	2,6	3,5	4,8	3,1
500	2,5	3,0	3,8	5,3	3,3
600	2,7	3,2	4,1	-	3,6
700	3,0	3,5	4,6	-	-
800	3,4	3,8	5,2	-	-

Грунтовые насосы представляют собой центробежные одноступенчатые насосы консольного типа одностороннего всасывания, предназначенные для перекачивания по трубопроводам гравийных, песчано-гравийных, золошлаковых и других абразивных гидросмесей (пульпы) плотностью до 2200 кг/м³. Насосы должны соответствовать требованиям ГОСТ 17011-87 “Насосы центробежные для абразивных гидросмесей. Общие технические условия”.

Основные технические параметры грунтовых насосов такие же, как и параметры центробежных (лопастных) для воды, с поправкой на плотность пульпы. Дополнительными параметрами являются производительность по пульпе или грунту (м³/ч); проходное сечение проточного тракта (мм), от которого зависит возможность прохождения различной крупности включений (камни и т. д.) через грунтовой насос.

Проходное сечение определяется диаметром шара, проходящего по каналам проточного тракта грунтового насоса, равным не менее 2/3 диаметра входного отверстия рабочего колеса. Грунтовые насосы имеют наименьшее проходное сечение преимущественно при входе в рабочее колесо, что облегчает их очистку от негабаритных включений.

Корпус грунтового насоса представляет собой стальную отливку, цельную или разъемной конструкции. От износа корпус у большинства грунтовых насосов защищен внутренним съёмным корпусом - броневкладышем (насосы тяжелого двухкорпусного исполнения Т) и сделан разъемным. Однокорпусное исполнение называют легким (Л).

Рабочее колесо насоса со ступицей имеет литую конструкцию с тремя-четырьмя лопатками (лопастями), толщина которых увеличивается от центра к периферии. На внешней стороне дисков рабочего колеса расположены радиальные отбойные пластины для удаления пульпы из зазора. Увеличенные

проходные сечения предусмотрены для прохождения пульпы с крупными включениями.

Передняя (всасывающая) и задняя (напорная) крышки корпуса насоса защищены от абразивного износа сменными бронедисками, закрепленными глухими шпильками. По мере износа бронедиски заменяют или наплавляют. В паре с дисками рабочего колеса они образуют щелевой зазор. Передняя крышка имеет больший износ, чем задняя, за счет перетекания пульпы. Для уменьшения износа бронедисков и рабочего колеса применяют специальные уплотнения, промывают зазоры чистой водой, поступающей от вспомогательного насоса.

С напорной стороны герметичность внутренней полости насоса обеспечивает сальниковое уплотнение, состоящее из сальниковой камеры и набивки, водораспределительного кольца и крышки из двух половин (грундбукса). Сальниковую набивку добавляют (меняют) кольцами со смещением стыков на 120° .

В корпус грунтового насоса подается чистая вода от вспомогательного насоса под напором, превышающим рабочий напор грунтового насоса на 5-10 м. Чистая вода нужна для отжима пульпы от сальникового уплотнения и из щелевого зазора между бронедиском и рабочим колесом, а также для охлаждения подшипников.

С всасывающей стороны насоса уплотнение состоит из установочного и уплотнительного колец. Вал грунтового насоса вращается в опорных и упорных подшипниках, расположенных на стойках станины.

Подшипники скольжения состоят из двух чугунных вкладышей. Для заливки вкладышей подшипников служат баббиты. Смазка подшипников кольцевая (при помощи одного или двух металлических колец, вращающихся на валу в прорезях вкладыша и захватывающих масло из ванны). Температура подшипников при работе не должна превышать 70°C . Для охлаждения подшипников в полости станины подается вода вспомогательным насосом.

Опорными и упорными подшипниками качения могут служить шариковые и роликовые. Смазка подшипников качения консистентная через пресс-масленки солидолом или консталином. Вал грунтового насоса соединяется с валом электродвигателя обычно упругой пальцевой муфтой. Зазор между полумуфтами не должен превышать 1,5-3 мм.

В объединении “Трансгидромеханизация” на 1987 г. структура используемых грунтовых насосов была следующей: насосы типа ЗГМ-1М составляли 18 % общего количества; 12НЗУ и 12НЗУМ - 11%; 20Р-11 – 7 %; 20Р-11МБ – 9 %; ГрУТ2000/63 (16ГрУТ-8М) – 43 %; ГрУТ4000/71 (20ГрУТ-8М) – 2 %.

Грунтовые насосы ЗГМ-1М, 12НЗУМ и 20Р-11МБ являются модернизированными вариантами соответствующих типоразмеров насосов выпуска прошлых лет, насосы 16ГрУТ-8М и 20ГрУТ-8М - типоразмеров насосов, выпускавшихся по прежнему стандарту. Типы грунтовых насосов даны в прил. 2.1-2.3.

Грунтовый насос ЗГМ-1 (землесос гидромеханизации, модель 1) является базовой моделью отечественных грунтовых насосов, конструкция которых разработана в 1936 г. Рабочее колесо трехлопастное с наибольшим проходным сечением 200 мм. Насос не имеет внутреннего защитного корпуса, что снижает его эксплуатационные качества.

Грунтовый насос ЗГМ-1М (модернизированный) отличается от насоса ЗГМ-1 двухкорпусным исполнением. Наружный корпус выполнен с горизонтальным разъемом для установки внутреннего корпуса. В остальном конструкция насоса и геометрические размеры проточного тракта остались без изменения. Передняя крышка отлита совместно с патрубком и фланцем для крепления к корпусу закладными болтами. Задняя крышка отлита совместно с консольной опорой (станиной) и крепится к корпусу шпильками. Всасывающая часть уплотнена подвижным уплотнительным кольцом, посаженным на установочное кольцо, закреплена шпильками. Нормальный зазор между уплотнительным кольцом и торцом рабочего колеса 0,2-0,3 мм, максимальный – 0,5 мм. Уплотнение напорной стороны сальниковое. Рабочее колесо имеет коническую посадку на вал со шпонкой и крепится шпильками к кольцевой гайке на валу. Вал вращается в подшипниках качения (рисунок 3.4). Грунтовый насос ЗГМ-1-350 представляет собой увеличенную на 1/6 модель насоса ЗГМ-1 с некоторыми конструктивными изменениями.

Конструкция грунтовых насосов ЗГМ-2 и ЗГМ-2М аналогична конструкции насоса ЗГМ-1. У насоса ЗГМ-2 увеличен диаметр рабочего колеса и снижена частота вращения. Отличительные особенности насоса ЗГМ-2М: разъемный корпус подшипников, увеличенный диаметр всасывающего патрубка.

Грунтовые насосы НЗУ (насос-землесос усовершенствованный) имеют два типоразмера - 8НЗУ и 12НЗУ (цифры указывают уменьшенный в 25 раз диаметр всасывающего патрубка — соответственно 200 и 300 мм). Это модернизированные модели ранее применявшихся насосов 8НЗ и 12Р7, имеют общую с ними конструктивную схему. Корпус насосов разъемный в тяжелом исполнении. Вал опирается на баббитовые подшипники скольжения. Осевые нагрузки воспринимаются упорными шариковыми подшипниками. Грунтовый насос 8НЗУ не применяется в транспортном строительстве из-за малой подачи (800 м³/ч) и низкого напора (28 м).

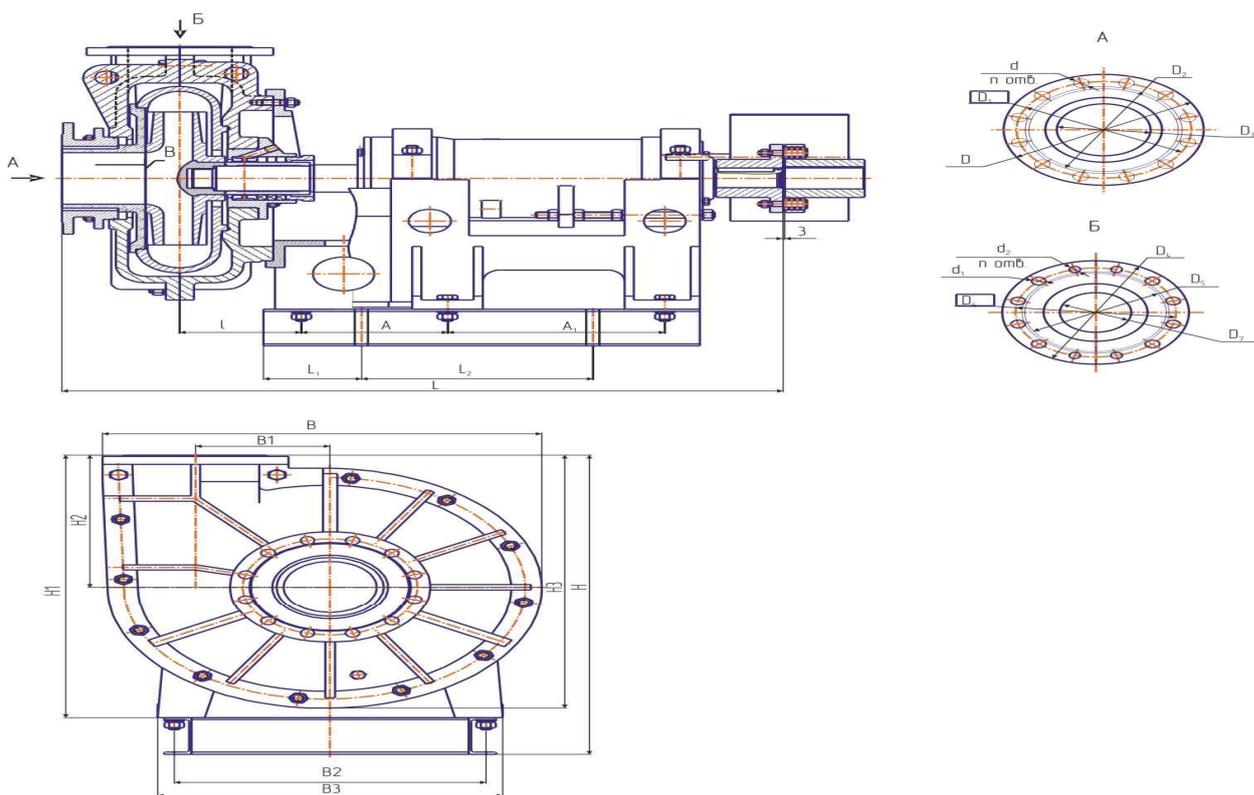
Грунтовый насос 12НЗУМ является модернизированным вариантом насоса 12НЗУ, отличается от своего прототипа конструкцией рабочего колеса, переднего бронедиска, крышки и узла уплотнения; у него увеличены диаметры всасывающего патрубка до 450 мм и входного отверстия рабочего колеса до 350 мм; изменен профиль лопаток рабочего колеса для разработки песчаных и гравийных грунтов, увеличены их толщина (соответственно на 40 и 60 мм), углы выхода (28 и 35°), радиус сопряжения лопаток. Промывочная вода подается в узел уплотнения через три отверстия передней крышки. В модернизированном насосе увеличились вакуумметрическая высота

всасывания (с 5,9 до 8 м) и подача по грунту. Внешние характеристики насосов 12НЗУ и 12НЗУМ почти аналогичны.

Грунтовый насос 20Р-11 с четырехлопастным рабочим колесом по конструкции аналогичен насосу ЗГМ-1. Условные обозначения: 20 - диаметр всасывающего патрубка, мм, уменьшенный в 25 раз; Р - условное обозначение грунтового насоса; 11 - уменьшенный в 10 раз и округленный коэффициент быстроходности. Вал вращается в подшипниках скольжения, смазка кольцевая.

Грунтовый насос 20Р-11МБ является модернизированной моделью насоса 20Р-11, в отличие от него выполнен в тяжелом (двухкорпусном) исполнении. Наружный корпус имеет горизонтальный разъем.

Грунтовые насосы 16ГрУТ-8М и 20ГрУТ-8М должны заменить насосы 12НЗУ и 20Р-11. В процессе эксплуатации эти грунтовые насосы претерпели ряд изменений. Обозначения типоразмера насоса: первые две цифры указывают диаметр входного патрубка в мм, уменьшенный в 25 раз; буквы Гр и ГрУ - грунтовый насос с нормальным и увеличенным (У) проходным сечением проточного тракта; Т - тяжелое (двухкорпусное) исполнение корпуса; цифры в конце обозначения - коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз и округленный. [4]



Наименования насоса	Размеры, мм																								
	H	H ₁	H ₂	H ₃	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	A	A ₁	B	B ₁	B ₂	B ₃	D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	d	d ₁	d ₂		
ГрАТ 350/40/II, ГрАК 350/40/II	1145	1005	505	970	1528	257	208	490	310	460	931	285	660	730	425	335	370	200	395	300	340	150	30	30	27
ГрАТ 170/40/I, ГрАК 170/40/I	945	805	385	735	1335	235	190	395	190	395	710	200	540	600	330	240	280	125	242	280	100	26	26	8	

Рисунок 3.4 - Конструктивная схема грунтового насоса ЗГМ-1М

3.3 Водоснабжение гидравлических работ

Выделяют две схемы водоснабжения: прямоточную и с оборотом воды.

При водоснабжении по прямоточной схеме расход воды источника должен превышать потребляемое количество воды вместе с потерями при подаче от источника к месту разработки.

При использовании оборотной воды гидравлическая разработка может быть организована при относительно небольших расходах воды из источника, составляющих 10-40% от общей потребности разреза.

При создании запасов воды в водоемах, заполняемых в период весеннего снеготаяния и паводка, гидравлические работы можно проводить и при меньших расходах воды из источника.

Прямоточную схему водоснабжения используют преимущественно на гидравлических разрезах с естественным напором, а также на разрезах с искусственным напором в условиях достаточной водообеспеченности. Водоснабжение с оборотом применяют исключительно на гидравлических разрезах с искусственным напором.

Предполагаемые расходы воды в источниках, а также годовой сток определяют водохозяйственными расчетами.

Потребность гидравлического разреза в воде. Количество воды, потребляемой гидравлическим разрезом в единицу времени,

$$Q = \frac{V_{\text{сут}}q}{24 \cdot 3600 \cdot h_{\text{в}}} \quad (3.28)$$

где $V_{\text{сут}}$ - суточная производительность разреза по горной массе, м³;

q - удельный расход воды, м³/м³;

$h_{\text{в}}$ - коэффициент использования рабочего времени при работе гидромониторов.

Удельный расход воды должен быть принят с учетом расходов воды на размыв и транспортирование горной массы, на зачистку плотика и вспомогательные цели, а также с учетом потерь воды в технологическом процессе. Обычно эту величину устанавливают на основании практических данных по предприятиям-аналогам.

Гидравлические разработки являются источником интенсивного загрязнения окружающих водоемов и водных источников мелкими взвешенными частицами глины и ила. Для охраны природы и обеспечения рационального использования природных ресурсов предприятия, ведущие гидравлическую разработку, обязаны проводить мероприятия, улучшающие водный режим и предотвращающие вредные воздействия вод.

Прииск обязан сооружать на гидравлических разработках, сбрасывающих загрязненную воду, отстойники или очистные устройства с естественной или искусственной очисткой во избежание загрязнения

окружающих водоемов и водных источников. Эти мероприятия должны быть предусмотрены проектом гидравлических работ [7].

Емкость гидроотвала зависит от объема укладываемой породы, ее гранулометрического состава, интенсивности водоотдачи и уплотнения. Гравийно-песчаные и супесчаные породы быстро отдают воду (осаждаются в воде), незначительно изменяя свой объем на отвале по сравнению с первоначальным в целике. Глинистые породы обладают малой водоотдачей и значительно увеличивают свой объем в отвале по сравнению с объемом в целике. Объем отвала устанавливается также по условию обеспечения осветления оборотной воды.

Следует отметить, что валуны в отвал не поступают, а складываются непосредственно в забое, а глинистые частицы осаждаются в пруде-отстойнике, следовательно, объем гидроотвала определяется без их учета.

Таблица 3.9 - Значения коэффициента разрыхления гидравлического отвала и уклонов намываемой поверхности для различных пород

Тип намываемых грунтов	Коэффициент разрыхления (K_p)	Уклон поверхности гидравлического отвала:	
		надводная часть	подводная часть
Тяжелые вязкие глины (более 50 %)	1,5-2,0	0,015-0,007	менее 0,015
Обычные пластичные глины (40 %)	1,5-1,7	0,015-0,007	0,02-0,01
Глины песчаные	1,4-1,5	0,02-0,008	0,03-0,02
Тяжелые суглинки	1,45-1,5	0,02-0,008	0,03-0,02
Средние суглинки	1,2-1,45	0,025-0,01	0,04-0,02
Легкие суглинки	1,2-1,3	0,025-0,01	0,05-0,03
Средняя супесь	1,15-1,2	0,03-0,01	0,06-0,03
Супесь легкая	1,05-1,15	0,03-0,01	0,07-0,04
Пески мелкозернистые	1,1-1,15	0,04-0,03	0,15-0,10
Пески среднезернистые	1,05-1,1	0,07-0,06	0,20-0,15
Пески крупнозернистые	1,0-1,05	0,20-0,10	0,30-0,20
Гравий	1,05-1,1	0,70-0,50	1,00-0,70

Предельная скорость осаждения грунтовых частиц в пруде-отстойнике (при скорости осаждения более предельной – грунтовые частицы полностью складываются в пруде-отстойнике, при скорости осаждения меньше предельной – грунтовые частицы попадают в водослив или водозаборное устройство насосной станции)

$$\omega_{ст} = \lambda_3 \cdot v_0 \cdot h_{min} / L_{п}, \text{ м/с}, \quad (3.11)$$

где λ_3 - коэффициент запаса, учитывающий несовершенство процесса осаждения частиц вследствие отсутствия полного покоя и наличия стесненных

условий $\lambda_3=1,5-3,6$, большее значение принимается при наличии большого количества тонкодисперсных грунтовых частиц;

v_0 - скорость течения воды в отстойнике, м/с.

$$v_0 = Q_c / S, \quad (3.12)$$

где Q_c – количество воды, поступающей на карту намыва гидроотвала, м³/с;

S - площадь живого сечения потока воды в отстойнике, м².

$$S = B_r \cdot h_{\min}. \quad (3.13)$$

Используя данные таблицы 3.10, определяют геометрическую крупность грунтовых частиц предельного размера, а по данным гранулометрического состава разрабатываемых грунтов – определяют суммарный выход фракций менее предельного размера (b , %).

Таблица 3.10 - Скорость осаждения грунтовых частиц в отстойнике в естественных условиях

Геометрическая крупность грунтовых частиц (d), мкм	Скорость осаждения грунтовых частиц, мм/с
1	0,0007
2	0,001
3	0,003
4	0,01
5	0,015
10	0,07
20	0,23

Ввиду того, что плотик имеет незначительный уклон, общий порядок отработки россыпи принят снизу вверх с последовательной отработкой блоков. Для исключения потерь металла вследствие его просадки в плотик при гидромониторном размыве проектом предусматривается оставление на плотике недомыва из песков мощностью 0,3 м, который подается на промывку бульдозерами одновременно с задиркой плотика. Задирку плотика проектом 107 предусматривается производить мощностью 0,3 м. Размытая горная порода в виде пульпы (смесь твердого и жидкого в соотношении 1:17) самотеком поступает в зумпф землесоса, откуда по трубопроводу диаметром 426 мм подается на обогатительную установку. Здесь производится извлечение драгоценных металлов по принципу разделения минеральных зерен по плотности в наклонно текущем потоке воды. В таблице 3.12 указаны параметры системы разработки месторождения.

Таблица 3.11 - Параметры системы разработки месторождения

Средняя ширина заходки	140 м
Средняя ширина забоя	70 м
Уходка забоев на 1 стоянку	от 17 до 70 м
Высота забоя	4 м
Минимальный размер рабочей площадки	8 м
Берма безопасности	5 м
Минимальное расстояние от транспортного и горного оборудования	21 м

Тяжелые минералы и драгметаллы оседают на дне шлюзов, а легкие сносятся потоком воды в гидроотвал (хвостохранилище), который оборудуется на специальной площадке, или в выработанном пространстве. Складирование хвостов промывки производится в хвостохранилища, располагаемые на борту россыпи и в выработанном пространстве. Далее вода отстаивается и поступает в зумпф насосной станции, откуда насосами по трубопроводу диаметром 530 мм снова подается в разрез для размыва. Гидравлики работают по замкнутой оборотной системе водоснабжения без сброса производственных сточных вод в окружающую гидросеть. Замкнутый цикл осуществляется по следующей схеме: - из зумпфа насосной станции технологическими насосами вода по водоводу подается в разрез для размыва; - после использования энергии вода вместе с размывными песками (пульпа) по пульповоду подается на обогатительную установку; - с обогатительной установки пульпа самотеком сбрасывается в хвостохранилище, где происходит осаждение галечной и глинистой фракции и осветление воды. Закачка воды в оборотную систему производится из рек в весенний паводок. Принятая схема оборотного водоснабжения гидравлики исключает сброс производственных сточных вод в существующую гидросеть района работ. Установленные технологические параметры разработки месторождения указаны в таблице 3.12

Таблица 3.12 - Технологические параметры разработки месторождения

Параметры	Единицы измерения	Значение параметра
Производительность карьера по твердой фазе	тыс. м ³ /год (сезон)	801
Удельный расход воды технологической воды	м ³ /м ³	12
Удельный расход электроэнергии	кВт*ч/м ³	10,2
Продолжительность сезона для ведения гидромеханизированных работ	сутки	210
Число рабочих смен и продолжительность	смен/часов	2/12
Средняя мощность пород вскрыши	метров	7
Мощность песков	метров	1
Количество землесосов в работе	единиц	3
Количество гидромониторов в работе	единиц	6

продолжение таблицы 3.12

Параметры	Единицы измерения	Значение параметра
Расстояние от границы карьера до гидроотвала	метров	1000
Высота гидроотвала	метров	до 6
Коэффициент разрыхления в массиве	k_p	1,3
Площадь полигона	га	15
Уклоны по месторождению		
продольный	промилле	0,003
поперечный	промилле	0,003
Минимальная отметка поверхности обрабатываемого месторождения	метров	191

Первоначально (в начале отработки) для оборотной системы водоснабжения используется искусственный водоём. В дальнейшем под оборотную систему водоснабжения используют отработанные участки полигона. После отработки производится рекультивация нарушенных земель, основное направление – месторождения лесохозяйственное: под лесоугодья, сенокосы и проточные водоемы. Добычные работы ведутся сезонно по скользящему графику при 12-часовой рабочей смене. Начало сезона – апрель, окончание – ноябрь. В межсезонный период ведутся подготовительные работы: строительство дамб хвостохранилищ, горно-подготовительные работы (вскрыша, пионерные котлованы и др.), ремонт и восстановление техники.

Применяемое технологическое оборудование:

1. На разработке и транспортировке песков – гидромониторы ГМН-250;
2. На доработке недомыва и зачистке плотика – бульдозеры Т-11;
3. Подача пульпы на обогатительные установки – землесосы ЗГМ-2М с электродвигателями 630 кВт, со скоростью вращения 750 об/мин.;
4. Подача технологической воды производится насосами 22 НДС с мощностью электродвигателя 630 кВт;

3.4 Обогащение титан-циркониевых песков

Продуктивная толща месторождения состоит из глинистых отложений и песков различной крупности. Вещественный состав песков (содержание тяжелой фракции, полезных минералов, глинистость и др.) изучены практически в каждой рядовой пробе, участвующей в подсчете запасов. Более тщательно вещественный, гранулометрический, минералогический и химический состав рудных песков, полезных минералов, и примесей определялся на материале лабораторных, укрупнено – лабораторных, полупромышленных технологических проб, в лаборатории Кокчетавской ГРЭ и институтах ИМР, КазИМС, Гиредмет, а также при

промышленном освоении технологии переработки песков Обуховского месторождения на опытной обогатительной фабрике.

Гранулометрический состав рудных песков определялся на технологических пробах, отобранных по всем участкам месторождения, а в пределах участков по всем рудным горизонтам. Поэтому характеристика гранулометрического состава исходных песков, характер распределения основных полезных компонентов и минералов по классам крупности, приведенных в таблице, отражает средние показатели по участкам месторождения в целом. Результаты гранулометрического анализа исходных песков Обуховского месторождения Северного участка приведены в таблице 3.13. Пески Обуховского месторождения Горьковского участка характеризуются тонкозернистостью, о чем свидетельствуют результаты гранулометрического анализа. Зернистая часть песков преимущественно сосредоточена в классе – 0,2+0,04мм. По данным результатов исследовательских работ на долю класса – 0,2+0,04мм приходится 80% – СО, 85%, класса +0,2мм – 5,0 – 7,5% и класса -0,04мм – 10-12% полезных компонентов.

Таблица 3.13 - Результаты гранулометрического анализа исходных песков Обуховского месторождения Обуховского участка

Классы, мм	Выход, %	Содержание, %		Распределение,	
		TiO ₂	ZrO ₂	TiO ₂	ZrO ₂
-1+0,5	2,03	1,95	0,5	1,44	0,57
-0,5+0,315	1,09	0,325	0,3	0,13	0,18
-0,315+0,2	1,44	0,35	0,1	0,10	0,14
-0,2+0,16	6,34	0,2	0,09	0,46	0,32
-0,16+0,1	24,94	0,3	0,037	2,69	0,06
-0,1+0,071	42,90	0,8	0,69	12,34	16,52
-0,07+0,05	8,78	23,2	0,44	73,26	49,67
-0,05+0,04	1,71	9,96	29,0	5,90	28,43
-0,04+0,02	0,59	1,93	3,05	0,41	1,27
-0,02+0	10,18	0,07	0,50	3,19	2,84
Исходные пески	100,00	2,70	1,7	100,0	100,0

Распределение основных минералов по классам крупности указана в таблице 3.14.

Глинистая часть песков представлена крупностью – 0,02мм.

Зерна тяжелых минералов имеют преобладающую крупность – 0,071+0,02мм. В этом классе сосредоточено около 95% их от общего количества тяжелой фракции.

Основной минерал легкой фракции кварц концентрируется в классе – 0,5+0,02мм, выход его в этом классе составляет около 90% от общего количества.

Таблица 3.14 - Распределение основных минералов по классам крупности СО

Классы, мм	Выход, %	Содержание, %					Распределение, %				
		Ильменит	Рутил	Лейкоксен	Циркон	Кварц	ильменит	рутил	лейкоксен	циркон	кварц
-1+0,75	0,50	-	-	-	-	99,8	-	-	-	-	0,54
-0,75+0,5	1,97	-	-	-	-	94,1	-	-	-	-	1,98
-0,5+0,25	0,05	-	-	-	-	96,3	-	-	-	-	6,27
-0,25+0,15	11,90	0,9	0,1	-	0,4	98,6	3,23	2,05	-	2,29	12,65
-0,15+0,02	71,33	4,3	0,8	1,1	2,8	91,0	92,55	97,95	100,0	95,97	69,89
-0,02+0,00	8,25	1,7	0,5	-	0,5	97,8	4,22	-	-	1,98	8,67
Исходные пески	100,00	3,32	0,58	0,79	2,09	92,88	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Основные минералы песков в порядке уменьшения размеров зерен можно расположить в следующий ряд: кварц, турмалин, силлиманит, ставролит, дистен, лейкоксен, рутил, ильменит, хромшпинелиды и циркон.

Распределение двуоксида титана и циркония по классам крупности примерно соответствует распределению минералов титана циркона.

Химический состав рудных песков

Химический состав рудных песков Обуховского месторождения определялся спектральными и химическими анализами. Химический анализ выполнялся, в основном, на те компоненты, которые имеют требования промышленности к качеству данного вида сырья. Поэлементный состав рудных песков определялся спектральным анализом.

Количественный химический состав на основные компоненты и качественный поэлементный состав технологических проб песков Обуховского месторождения приведен в таблице 3.14.

Глинистая часть технологических проб по данным электрической микроскопии представлена каолинитом. По результатам термического анализа содержание каолинита в глинистой части составляет 30 – 43%, монтмориллонита – 6,0 – 8,5%, гетита – 5,6%

Таблица 3.14 - Химический состав глин (по лабораторным пробам Обуховского месторождения).

Наименование оксидов	Номер пробы					
	11	12	13	14	15	Среднее
SiO ₂	51,35	50,34	50,32	47,21	45,98	49,04
TiO ₂	0,90	0,04	0,64	0,86	0,98	0,05
ZrO ₂	0,1	0,11	0,07	0,14	0,12	0,11

продолжение таблицы 3.14

Al ₂ O ₃	33,27	31,4	28,34	30,67	26,60	30,07
Fe ₂ O ₃	3,59	4,06	3,63	3,20	4,6	3,83
MgO	0,34	0,41	0,52	0,46	0,75	0,50
CaO	0,30	0,93	0,62	0,6	2,34	0,99
Na ₂ O	0,1	0,25	0,35	0,21	0,25	0,25
K ₂ O	0,73	1,21	1,23	0,81	1,00	1,00
FeO	-	-	-	0,36	0,47	0,17
Сумма	90,04	09,55	85,02	84,74	83,14	86,81

Минеральный состав исходных песков по технологическим пробам приведен в таблице 3.15.

Таблица 3.15 - Результаты минералогического анализа технологических проб Обуховского месторождения

Минералы, содержание их и пробах	№ проб				
	1	3	4	6	8
Ильменит	2,30	2,33	3,32	4,22	3,2
Рутил	0,28	0,36	0,50	0,83	0,45
Лейкоксен	0,30	0,20	0,79	0,44	0,28
Циркон	2,0	2,2	2,09	2,62	2,9
Анатаз	-	-	-	-	0,09
Брукит	0,04	-	-	-	0,05
Ставролит	0,02	0,03	-	-	0,04
Дистен	-	-	-	-	0,05
Силлиманит	0,07	0,09	-	-	0,06
Турмалин	0,14	0,14	-	-	0,16
Хромит инолиды	0,125	0,13	-	-	0,28
Монацит	0,07	0,07	-	-	0,04
Сумма тяжелых минералов	5,39	5,4	7,0	8,01	7,6
Кварц + полевые шпаты	89,01	90,55	92,88	91,77	84,8
Шламы (глинистая часть)	5,6	2,8	-	-	7,6
Класс + Змм	-	0,91	0,12	-	-
Итого	100	100,0	100,0	100,0	100
Исполнители:	«Гиредмет», «КазИМС», «ИМР».				

Среднее содержание ильменита в песках колеблется от 0,46 до 3,66%, рутила – от 0,19 до 0,92%, лейкоксена от 0,16 до 0,325 и циркона от 0,24 до 3,72%. Содержание ильменита в тяжелой фракции изменяется от 25 до 42%,

рутила – от 7,8 до 17,6%, лейкоксена – от 3,2 до 15% и циркона – от 15,8 до 38,1%. Содержание монацита в песках колеблется от знаков до 0,67%.

Минералогический состав рудных песков Обуховской россыпи довольно многообразен, и кроме главных минералов: ильменита, рутила, лейкоксена, циркона и монацита в качестве второстепенных присутствуют такие минералы, как турмалин, ставролит, дистен, силлиманит, андалузит, апатит, гранат; к редко встречающимся, содержания которых в песках составляют менее 1%, относятся магнетит, шпинель, анатаз, брукит, корунд, сфен, эпидот, пироксены, амфиболы, гематит, лимонит и окисленные сульфиды. Соотношение минералов в рудных песках Обуховской россыпи меняется, о чем свидетельствует состав тяжелой фракции проб, взятых из разных частей разреза, но наиболее изменчиво в песках суммарное содержание тяжелой фракции и особенно – циркона. В пределах рудных пластов в разрезе рыхлых отложений значительно увеличивается процентное содержание циркона, монацита, ильменита и лейкоксена, а вариации второстепенных и редких минералов менее значительны.

Минеральный комплекс рудных песков делится на легкую (с плотностью менее 2900кг/м) и тяжелую (с плотностью более 2900кг/м) фракции.

Тяжелая фракция рудных песков практически на 100% представлена ильменитом, цирконом, рутилом, лейкоксом, анатазом, брукитом, турмалином, хромшпинелидами, дистеном, силлиманитом и монацитом.

Содержание остальных минералов ничтожно. В свою очередь полезные минералы (ильменит, рутил, лейкоксен, циркон) в тяжелой фракции резко преобладают над остальными минералами.

Тяжелая фракция представлена, в основном, кварцем (60 – 70% до 80%), полевыми штами, глауконитами, карбонатами, слюдой и др.

Основными полезными минералами являются циркон, ильменит, рутил и лейкоксен. Из них цирконосодержащий минерал (ZrO_2) – циркон, остальные – титаносодержащие минералы (TiO_2).

Среднее содержание оксида титана (TiO_2) в ильмените составляет 62,5% (по Гиредмету – 61,8%); в рутиле 95,9% (96,0), в лейкоксене – 71,0% (75,0%); оксида циркония (ZrO_2) в цирконе 65,6% (65,2%). Кроме того, в ильмените установлены примеси пятиоксида ниобия до 0,07% и $\sum TR$ – 0,048%; в рутиле – пятиоксида ниобия до 0,1%; в цирконе – триоксид скандия до 0,026% и $\sum TR$ – 0,55% и прочие примеси (двуоксид гафния).

Следует отметить, что по данным минералогического анализа. В составе тяжелой фракции рудных песков отмечается большое разнообразие цирконов как по кристалломорфологическим особенностям и окраске, так и по степени последующего изменения и окатанности в процессе формирования россыпи.

По степени изменчивости выделяется также несколько разновидностей ильменита: неизменный, образующий таблитчатые кристаллы с блестящей поверхностью и рутилизированный в различной степени, образующий неправильной формы выделения и агрегаты.

Рутил также является распространенным минералом тяжелой фракции песков. Он образует две основные разновидности: первичный – темный и красно – оранжевый; вторичный – встречающийся в виде неправильных зерен и выделений, являющийся результатом изменения ильменита, что подтверждается при микроскопическом наблюдении. Рутил, в свою очередь, при интенсивном изменении превращается в лейкоксен – рыхлые красноватые агрегаты бурого, желтого, желто – оранжевого, кремового зелено – бурового цветов.

Лейкоксен является продуктом гипергенного изменения ильменита и рутила и представляет собой минерал переменного состава, состоящий из смеси окислов титана и железа с водой.

Между лейкоксомом и ильменитом с одной стороны, и лейкоксомом и микроагрегатным рутилом – с другой, существуют постепенные взаимные переходы. Переходные разности обладают промежуточными физическими свойствами и составом, и выделение его в отдельный продукт довольно сложно.

В результате выполненных исследований для переработки песков Обуховского месторождения рекомендована технологическая схема, предусматривающая дезинтеграцию в голове процесса, классификацию и обесшламливание песков с последующим обогащением их на винтовых сепараторах и перечисткой промпродуктов и черновых концентратов на концентрационных столах.

Доводка коллективного ильменит – рутил – лейкоксен – цирконового концентрата осуществляется с применением методов магнитной и электростатической сепарации.

В настоящем ТЭО учтен технологический регламент, разработанный институтом «Гиредмет» в 1992г., в основу которого были положены полупромышленные испытания рудных песков месторождения, выполненные в 1989 – 1991гг. КазИМСом, ВГДМК, ИМР и Гиредметом.

В отличие от предыдущих рекомендаций в настоящем ТЭО принята гравитационная схема обогащения рудных песков, рекомендованная Обуховским горно-обогатительным комбинатом в 1996г., учитывающая опыт работы обогатительной фабрики, перерабатывающей рудные пески Обуховского участка месторождения за последние три года.

Основным различием в схеме переработки рудных песков, принятой при опытной отработке, является гравитационное обогащение в голове процесса, тогда как при утверждении запасов в ГКЗ СССР в 1989г. Была принята флотационная схема получения коллективного концентрата. Как показывает сравнительный анализ результатов, флотация повышает извлечение полезных компонентов всего на 3%, но это требует применения флотореагентов, что связано с их очисткой сточных вод и мероприятиями по охране окружающей среды.

Схема обогащения предусматривает:

- грохочение на колосниковом грохоте;
- дезинтеграцию песков в скруббере – бутаре;
- классификацию на вибгрохоте по классу – 0,4мм;
- обесшламливание песков в гидроциклонах;
- гравитационное обогащение отмытой зернистой массы на винтовых сепараторах с получением коллективного концентрата;
- мокрую магнитную сепарацию коллективного концентрата с получением черного ильменитового концентрата и немагнитной фракции;
- гравитационную концентрацию немагнитной фракции на винтовых сепараторах с получением рutil – цирконового черного концентрата;
- отмывку в гидроциклонах и сушку черновых ильменитового и рutil - цирконового концентратов;
- отдельную доводку черновых концентратов на магнитных и электростатических сепараторах с получением товарных ильменитового, рутилового и цирконового концентратов.

Технологические показатели по рекомендуемой схеме приведены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 - Химический состав коллективных и селективных концентратов

Оксиды металлов, %	Наименования концентратов			
	Коллективный	Ильменитовый	Рутиловый	Цирконовый
TiO ₂	27,95	56,25	90,0	0/1
ZrO ₂	22,44	0,59	0,4	65,0
Fe ₂ O ₃	10,5		5,5	0,11
Cr ₂ O ₃	1,55	но опр.	но опр.	не опр.
Fe ₂ O ₅	0,28		0,10	0,15
Содерж. влаги в % не более.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Макс. размер зерна, 0,35мм	Отсутствует	-	-	-

Элементы – примеси в продуктах обогащения указаны в таблице 3.17

Концентраты, полученные в ходе технологических испытаний рудных песков Обуховского месторождения, содержат свыше 90% полезных минералов, которые содержат оксиды тантала, ниобия, ванадия, скандия, гафния и $\sum TR$.

Таблица 3.17- Содержания элементов – примесей в концентратах

Элементы примеси	Наименование концентратов		
	ильменитовый	рутиловый	цирконовый
Nb ₂ O ₅ ,%	0,09-0,16	0,40	-
Ta ₂ O ₅ , г/т	99-130	350	-
V ₂ O ₅ ,%	0,15-0,26	0,13	-
Sc ₂ O ₅ , г/т	ПО	100-140	270-340
ГГК, %	-	0,18-0,29	-
НО ₂ , %	-	-	1,3-1,61

Согласно таблице содержание элементов – примесей в концентратах полупромышленной пробы находится на уровне среднего, определенного по большому количеству монофракций.

Предложенная схема обогащения титан-циркониевых песков

- грохочение на колосниковом грохоте;
- дезинтеграцию песков в скруббере – бутаре;
- классификацию на вибгрохоте по классу – 0,4мм;
- обесшламливание песков в гидроциклонах;
- гравитационное обогащение отмытой зернистой массы на винтовых сепараторах с получением коллективного концентрата;
- Сушка в печах;
- электрическая сепарация и магнитная сепарация для получения ильменитового и рутилового концентрата. Ильменит выделяется из проводниковой фракции методом магнитной сепарации как магнитный минерал и является готовым товарным концентратом;
- рутиловый продукт (немагнитная фракция) после трехкратной очистки от примесей (циркон, дистен, кварц и др.) электрической коронной сепарацией становится готовым товарным рутиловым концентратом;
- минералы-непроводники подвергаются магнитной сепарации для выделения ставролита и турмалина. Ставролитовый продукт (магнитная фракция непроводников) доводят до готового концентрата электрической коронной сепарацией.

- высокоградиентная сепарация для отделения монацита от циркона

По классификации ильменит и рутил относятся к минералам проводникам электричества (с учётом примесей – к полупроводникам); а кварц и циркон – неэлектропроводные минералы (диэлектрики), и поэтому они могут разделяться в коронно-электростатических сепараторах. Учитывая, что ильменит обладает более высокой удельной магнитной восприимчивостью (объемное свойство минерала) по сравнению с тремя другими минералами коллективного концентрата, он достаточно эффективно выделяется из исходного черного (гравитационного) концентрата в высокоградиентном

поле электромагнитных сепараторов типа ЭВС или в сепараторах с постоянными магнитами высоких энергий.

Таблица 3.18 - Технологические показатели обогащения:

Концентрат	Содержание, % (уср. данные)				
	ZrO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
Цирконовый	65,60	0,24	1,36	0,1	-
Рутиловый	0,46	95,0	0,34	2,22	1,24
Ильменитовый	-	64,1	2,67	-	1,6
Дистен-силлиманитовый	1,15	0,73	57,7	0,66	-
Ставролитовый	1,63	3,08	45,97	-	28,07
Стекольные пески	-	-	0,4	0,025	98,5
Формовочные пески	-	-	-	0,2-1	96

Руды Обуховского месторождения содержат естественные радионуклиды – уран и торий. Радиоактивность песков и продуктов обогащения исследовалась на всех стадиях изучения вещественного состава и обогатимости. В 1992 году институтом ГИРЕДМЕТ проведены исследования, которые показали, что основная радиоактивность песков связана с цирконом. При совместном присутствии тория и урана общая радиоактивность определяется с использованием экв.% Th. Норма (Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами ОСП-72/87) соответствует 0,03 экв.% Th. Радиоактивность конечных концентратов в ториевом эквиваленте приведена в таблице 3.21.

Таблица 3.19 - Радиоактивность концентратов в ториевом эквиваленте

Оксиды металлов, %	Содержание радионуклидов, %		Соотношение Th : U	Эквивалентный процент тория (экв.% Th)
	Торий	Уран		
Исходные пески	0,0012	0,0017	0,7	0,007
Коллективный концентрат	0,046	0,024	1,9	0,1
Ильменитовый концентрат	0,013	0,003	4,1	0,023
Цирконовый концентрат	0,035	0,05	0,7	0,15 - 0,26
Рутиловый концентрат	0,004	< 0,003	-	0,014
Монацитовый концентрат	0,674	0,05	13,5	0,85
Турмалин-ставролитовый концентрат	0,112	0,018	6,2	0,175
Хвосты общие	< 0,001	< 0,001	-	< 0,003

4 Технико-экономический анализ принятых решений

Эффективность проекта оценивается в течение расчетного периода, охватывающего временной интервал от начала проекта до его прекращения. Начало расчетного периода рекомендуется определять в задании на расчет эффективности проекта, например, как дату начала вложения средств в проектно-изыскательские работы.

Расчетный период разбивается на шаги — временные отрезки, в пределах которых производится агрегирование данных, используемых для оценки финансовых показателей.

Экономический эффект проекта – это конечный результат, который возникает после реализации мероприятий в рамках проекта и приводит к улучшению деятельности организации. Экономический эффект измеряется разностью между денежным доходом от деятельности и денежными расходами на осуществление деятельности.

Существует две разновидности экономического эффекта:

Потенциальный эффект, на который мы надеемся, когда начинаем проект. Он рассчитывается при выборе проекта, формировании карточки проекта или устава проекта на основе имеющихся и прогнозных данных;

Реальный эффект, который получаем в результате проведения проекта. Он рассчитывается на основании фактических данных о расходах и экономии по результатам реализации проектов, когда уже внедрены мероприятия по улучшению.

Главный метод оценки экономического эффекта проекта: сопоставлять экономию затрат и/или дополнительных доходов с бюджетом на реализацию проекта.

Расчет экономического эффекта при инициации проекта дает возможность:

- понять необходимость реализации проекта,
- определить влияние проекта на финансовые результаты организации.

На данный момент есть возможность рассчитать потенциальный эффект от реализации данной диссертационной работы.

Эффективность новой технологии добычи руды, по сравнению с существующей, определяется следующими показателями:

- 1) обобщенный показатель

$$R_0 = K_1 C_1 + K_2 C_2 + \dots + K_n C_n, \quad (4.1)$$

где K_i – свойства конструкции, влияющие на оценку эффективности;

C_i – коэффициенты весомости, характеризующие относительную влажность каждого свойства (выбираются на основе экспертных оценок)

2) интегральный показатель

$$R\Sigma = Q/P\Sigma, \quad (4.2)$$

где Q – полезная отдача (например, экономия времени на добычные операции);

$P\Sigma$ – сумма расходов на амортизацию, подготовительные расходы, монтаж-демонтаж, материалы.

3) Суммарный экономический эффект

$$Q\Sigma = Q - P\Sigma. \quad (4.3)$$

Расчет экономической эффективности применения на Обуховском месторождении, с учетом всех нюансов, является довольно сложной задачей. Поэтому экономическая оценка предложенных технологических решений производится путем сопоставления их с традиционной схемой ведения горных работ. В экономическом сравнении не участвуют показатели, одинаковые для всех рассматриваемых вариантов. Основным критерием сравнения экономической эффективности выбранной технологии служит конечная себестоимость продукции, в нашем случае руды.

Себестоимость продукции предприятия складывается из затрат, связанных с использованием в процессе производства основных фондов, материалов, сырья, топлива, электроэнергии, трудовых ресурсов на её производство и реализацию.

Затраты, образующие себестоимость продукции, включают в себя:

- затраты на производство продукции (производственную себестоимость);

- расходы периода.

Затраты на производство продукции определены по элементам:

- материальные затраты;

- оплата труда;

- отчисления на страхование;

- износ основных средств.

В составе материальных затрат отражена стоимость:

-покупки материалов, используемых в основном, вспомогательном производстве для обеспечения нормального технологического процесса, а также расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;

- работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними предприятиями;

- покупной энергии всех видов: электрической, тепловой, сжатого воздуха, расходуемой на приведение в движение машин и механизмов, освещение производственных зданий и сооружений;

- плата за использование природного сырья;

- топлива.

В стоимость добычных работ непосредственно входят следующие затраты:

- транспортные расходы, в которые входят: расход и рыночная цена дизтоплива, текущий ремонт, расход смазочных материалов, автошин, а также непредвиденные расходы.

- расходы на экскавацию руды, в которые входят: расход и рыночная цена дизтоплива, текущий ремонт и обслуживание, расход смазочных материалов, непредвиденные расходы.

Все вышеперечисленное будет в прямой зависимости от применяемого вида транспорта и выемочно-погрузочного оборудования, а также от планируемого годового объема добычи руды и расстояния транспортирования.

Расчет стоимости добычных и вскрышных работ представлен в таблице 3.20. и 3.21. Экономическое сравнение использования гидромониторного комплекса в таблице 3.22.

Таблица 3.20 - Затраты на производство добычных работ

Показатели	Единицы измерения	Кол-во
Расчет затрат на транспортировку		
Пробег от карьера до рудного склада в оба конца	км	4
Объем руды перевозимой за 1 рейс	м ³	8
Расход дизтоплива на 1 рейс (40л/100км)	литр/км	2
Цена 1л	долл/л	0,8
Стоимость дизтоплива на 1 рейс	долл.	1,6
Смазочные материалы (20 % от дизтоплива)	долл.	0,32
Итого ГСМ	долл.	1,92
Текущий ремонт (30% от затрат ГСМ)	долл.	0,6
Автошины (25% от затрат ГСМ)	долл.	0,5
Прочее неучтенное (25% от ГСМ)	долл.	0,5
Итого затрат на 1 рейс (без затрат на оплату труда)	долл.	3,52
Годовой объем транспортировки руды	м ³	200000
Число необходимых рейсов в год	шт.	25000
Общая стоимость транспортировки руды (без оплаты труда и амортизации)	долл/год	88000
Расчет затрат на экскавацию		
Расход дизтоплива на 1 м ³	литр/м ³	0,7
Цена 1 л	долл./л	0,8
Затраты на дизтопливо на 1 м ³	долл.	0,8

продолжение таблицы 3.20

Показатели	Единицы измерения	Кол-во
Смазочные материалы (25% от дизтоплива)	долл.	0,2
Текущий ремонт и обслуживание (30% от затрат ГСМ)	долл.	0,25
Прочее (25% от ГСМ)	долл.	0,2
Итого затрат на экскавацию 1 м ³ руды (без оплаты труда и амортизации)	долл.	1,45
Необходимый годовой объем по руде	м ³ .	200000
Стоимость экскавации добычи	долл.	290000
Итого затраты на добычные работы	долл./год	378000

Таблица 3.21 - Затраты на производство вскрышных работ

Показатели	Ед.изм.	Кол-во
Расчет затрат на транспортировку		
Пробег от карьера до отвала в оба конца	км	4
Объем породы перевозимой за 1 рейс	куб.м.	8
Расход дизтоплива на 1рейс (200л/100км)	литр/км	2
Цена 1л	долл/л	0,8
Стоимость дизтоплива на 1 рейс	долл.	1,6
Смазочные материалы (15% от дизтоплива)	долл.	0,32
Итого ГСМ	долл.	1,92
Текущий ремонт (30% от затрат ГСМ)	долл.	0,6
Автошины (25% от затрат ГСМ)	долл.	0,5
Прочее неучтенное (25% от ГСМ)	долл.	0,5
Итого затрат на 1 рейс (без оплаты труда и амортизации)	долл.	3,52
Годовой объем транспортировки породы	м ³	1402000
Число необходимых рейсов в год	шт.	175250
Стоимость транспортировки всрыши (без оплаты труда и амортизации)	долл./год	616880
Расчет затрат на экскавацию		
Расход дизтоплива на 1 м ³	литр/м ³	0,7
Цена 1л	долл.	0,8
Затраты на дизтопливо на 1 м ³	долл.	0,8
Смазочные материалы (15% от дизтоплива)	долл.	0,2
Текущий ремонт и обслуживание (30% от затрат ГСМ)	долл.	0,25
Прочее (25% от затрат ГСМ)	долл.	0,2
Итого затрат на экскавацию 1 м ³ вскрыши (без оплаты труда и амортизации)	долл.	1,45
Необходимый годовой объем по вскрыши	1 м ³	1402000
Стоимость экскавации вскрыши	долл.	2032900
Итого затраты на вскрышные работы (без заработной платы и амортизации)	долл./год	2649780

Итого затраты на вскрышные и добычные работы (без заработной платы и амортизации)	долл./год	3027780
---	-----------	---------

Таблица 3.22 - Затраты на производство добычных и вскрышных работ при использовании гидромониторов

Удельный расход электроэнергии	кВт*ч/м ³	10,2
Расход электроэнергии насосами в год (сезон)	кВт*ч/м ³	4758510
Расход электроэнергии землесосами в год (сезон)	кВт*ч/м ³	2774860
Стоимость электроэнергии	долл.	0,091
Необходимый годовой объем по вскрыши	1 м ³	1402000
Стоимость экскавации вскрыши	долл.	1301336,4
Необходимый годовой объем по руде	м ³ .	200000
Стоимость экскавации добычи	долл.	185000
Итого затраты на вскрышные и добычные работы (без заработной платы и амортизации)	долл.	1486336,4

Данные графики позволяют нам сделать выводы об положительном экономическом эффекте в случае внедрения данного метода добычи на месторождении и позволяет экономить на выемочно-погрузочных работах до 30% по сравнению с автомобильно-экскаваторным комплексом с учетом капитальных вложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования можно сделать вывод о том, что технология доработки с минимальным разносом бортов глубоких карьеров является перспективным направлением развития горнодобывающей промышленности.

Однако для успешной реализации этой технологии необходимо учитывать не только экономические аспекты, но и геомеханические особенности конкретного месторождения.

Важно подчеркнуть, что оптимальный уровень разнота бортов должен определяться на основе результатов геомеханических исследований, учитывающих геологическую структуру месторождения, гидрогеологические условия, а также особенности горных пород. Только такой подход позволит обеспечить эффективную и безопасную добычу полезных ископаемых.

Если какое-то из условий, например, осушение карьера или следование проектным параметрам уступов, не будет соблюдено, то геомеханический анализ станет неприменимым, так как изменение этих условий может значительно повлиять на устойчивость горных выработок. Результаты геомеханического анализа рассчитываются с учетом всех параметров, включая условия осушения, геометрию карьера и параметры уступов. Если хотя бы одно из этих условий изменится, то это может привести к непредвиденным изменениям в поведении горных пород или геологических процессах, что делает существующий геомеханический анализ недействительным или неприменимым. В таком случае вместо экономии на сокращении вскрышных работ можно столкнуться с еще более значительными затратами на ликвидацию последствий.

Дальнейшее развитие данного направления предполагает проведение более глубоких исследований, а также накопление эмпирического опыта с целью оптимизации технологических процессов и повышения эффективности добычи при соблюдении всех требований безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Плотников Н.И., Рогинец И.И. Гидрогеология рудных месторождений. – М.: Недра, 1987.
- 2 Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. – М.: Недра, 1975.
- 3 Ваулин О. В. Разработка и обогащение россыпей золота : справочник. – Бишкек : Рокизол, 2016. – 623 с.
- 4 Деревяшкин И.В. Гидромеханизация открытых горных работ. Гидромониторно-землесосные комплексы: учебное пособие – Москва : Инфра-М, 2023. – 140 с.
- 5 Инструкция по изучению инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых при их разведке. – ВСЕГИНГЕО, М.: Недра, 1975.
- 6 Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы. Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 352. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 13 февраля 2015 года № 10247.
- 7 Методические рекомендации по технологическому проектированию горнодобывающих предприятий открытым способом разработки. Утвержденные Приказом Комитета по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью Республики Казахстан от 19 сентября 2013 года №42.