

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева  
Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова  
Кафедра «Горное дело»

УДК 622.882.2(043)

На правах рукописи

Асылханова Самал Асылханқызы

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание степени магистра технических наук

Название диссертации      «Ресурсосберегающая технология горно-технической рекультивации внешних отвалов»

Специальность      7М07203- Горная инженерия

Научный руководитель  
канд. техн. наук,  
ассоц. профессор  
Самал М. Н. Сандибеков  
« 14 » 06 2021г.

**ДОПУЩЕНА К ЗАЩИТЕ**  
Зав.кафедрой Горное дело,  
д-р.техн. наук, профессор  
С.К.Молдабаев  
« 14 » 06 2021г.

Рецензент, д-р. техн. наук,  
Академик НИА РК  
ЖЕНСЕС С. Орынгожин  
2021г.

Нормоконтроль  
Доктор PhD, лектор  
А.Х.Шампикова  
« 14 » 06 2021г.



Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К И Сатпаева  
Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова  
Кафедра «Горное дело»

Специальность

7М07203 - «Горная инженерия»

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав.кафедрой Горное дело,  
д-р техн.наук, профессор  
*С.К.Молдабаев*  
«14» 06 2021 г.

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Асылхановой Самал Асылханқызы  
Тема: *Ресурсосберегающая технология горно-технической  
рекультивации внешних отвалов*

Утверждена приказом по университету № 330-М от 11.11.2019г.

Срок сдачи законченной работы «10» июня 2021 г.

Исходные данные магистерской диссертации: *Исследование  
ресурсосберегающей технологии при горнотехнической рекультивации внешних  
отвалов.*

Рекомендуемая основная литература:

1. Сандибеков М.Н. Разработка технологии селективного формирования и  
рекультивации внешних бульдозерных отвалов: диссертация кандидата  
технических наук: 05.15.03. - Алма-Ата, 1985. - 176 с.

2. План рекультивации последствий деятельности на месторождении  
рудника «Донской». Донской ГОК – филиала АО «ТНК «Казхром», Алматы,  
2019, 107 с.

3. Чулаков П.И., Никифоров И.М. Калыбеков Т.К. и др. Рекультивация  
земель при открытой разработке месторождений полезных ископаемых  
Казахской ССР, Алма-Ата, 1983, 60 с.

4. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.  
ОХРАНА ПРИРОДЫ. ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ. ЗЕМЛИ.

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ. СТ РК 17.0.0.05-2002

5. Чулаков П.Ч., Бегалинов А., Калыбеков Т. Интенсификация рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель. – Алматы: Гылым, 1994. – Часть 1, 2. – 272 с.

**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение		
Общие сведения о месторождениях хромитовых руд		
Анализ исследований ресурсосберегающей технологии при снятиях плодородного слоя с участков земельного отвода и при селективном формировании внешних отвалов		
Рекультивация отвалов вскрышных пород		
Заключение		

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

Наименование раздела	Научный руководитель, консультант	Дата подписания	Подпись
Введение	М.Н. Сандибеков		
Общие сведения о месторождениях хромитовых руд			<i>Сандибеков</i>
Анализ исследований ресурсосберегающей технологии при снятиях плодородного слоя с участков земельного отвода и при селективном формировании внешних отвалов			<i>Сандибеков</i>
Рекультивация отвалов вскрышных пород			<i>Сандибеков</i>
Заключение			
Введение			
Нормоконтролер	А.Х. Шампикова		<i>А. Шампикова</i>

Научный руководитель

*Сандибеков*

М.Н. Сандибеков

Задание принял(а)к исполнению магистрант

*Асылханова*

С.А. Асылханова

Дата « 14 » 06 2021г.

## **АНДАТПА**

Магистрлік диссертация бульдозер үйінділерінің беттерін тау-кен техникалық қалпына келтіру мәселелеріне арналған.

Пайдалы қазбалар кен орындарын ашық игерудің негізгі кемшіліктерінің бірі сыртқы үйінділер мен карьерлердің қазылған кеңістігін қалыптастыру есебінен жер ресурстарының бұзылуы болып табылады. Ашық өзірлемелердің теріс салдары кен орнын пайдалану кезеңінде Бұлінген жерлерді рекультивациялау есебінен азайтылуға тиіс. Осыған байланысты сыртқы үйінділерді тау-кен техникалық рекультивациялау кезінде ресурс үнемдеу технологиясын зерттеу өзекті міндет болып табылады.

Жұмыстың мақсаты сыртқы бульдозер үйінділерін тау-кен техникалық қалпына келтірудің ресурс үнемдейтін технологиясын жасау болып табылады.

## **АННОТАЦИЯ**

Магистрская диссертация посвящена вопросам горнотехнической рекультивации поверхностей бульдозерных отвалов.

Одним из основных недостатков открытой разработки месторождений полезных ископаемых является нарушения земельных ресурсов за счет формирования внешних отвалов и выработанного пространства карьеров. Негативные последствия открытых разработок должны быть снижены за счет рекультивации нарушенных земель в период эксплуатации месторождения. В этой связи исследование ресурсосберегающей технологии при горнотехнической рекультивации внешних отвалов является актуальной задачей.

Целью работы является разработка ресурсосберегающей технологии горнотехнической рекультивации внешних бульдозерных отвалов.

## **ANNOTATION**

The master's thesis is devoted to the issues of mining and technical recultivation of the surfaces of bulldozer dumps.

One of the main disadvantages of open-pit mining is the violation of land resources due to the formation of external dumps and the developed space of quarries. The negative consequences of open-pit mining should be reduced by recultivating disturbed land during the operation of the field. In this regard, the study of resource-saving technology for mining and technical reclamation of external dumps is an urgent task.

The aim of the work is to develop a resource-saving technology for mining and technical recultivation of external bulldozer dumps.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Общие сведения о месторождениях хромитовых руд	11
1.1 Геология и общие сведения	11
1.2 Особенности природных условий района исследования и характеристика растительности	12
1.3 Оценка воздействия намечаемой деятельности на флору района	13
1.4 Рекультивация земель, нарушенных горными работами	14
1.5 Существующее состояние горных работ на объектах исследования	14
2 Анализ исследований ресурсосберегающей технологии при снятиях плодородного слоя с участка земельного отвода и при селективном формировании внешних отвалов	20
2.1 Анализ научно-технической литературы по развитию рекультивации нарушенных земель	20
2.2 Изучение способов рекультивации выработанного пространства на открытых горных работах	21
2.3 Изучение обоснования рациональных способов рекультивации откосов внешних отвалов	25
3 Рекультивация отвалов вскрышных отвалов	30
3.1 Современное состояние и условия рекультивации отвалов Донского горно-обогатительного комбината	30
3.2 Эколого – геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами территории земельного отвода Донского ГОКа	34
3.3 Выбор вариантов рекультивации отвалов	50
3.4 Рекультивация внешних отвалов	51
3.5 Технологическая схема селективного формирования внешних отвалов с учетом рекультивации	55
3.6 Технологические расчеты параметров при бульдозерном отвалообразования	58
3.7 Рекомендаций по рациональной рекультивации откосов внешних сформированных отвалов на открытых горных работах	59
3.8 Биологический этап рекультивации отвалов вскрышных пород	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	69
ПРИЛОЖЕНИЕ А	74
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	75
ПРИЛОЖЕНИЕ В	76

## ВВЕДЕНИЕ

Рекультивационные работы следует технологически увязывать со структурой комплексной механизации основных горных работ, сроком эксплуатации и стадиями развития карьера. Горнотехнический этап рекультивации рассматривается как неотъемлемая часть горной технологии, и учет требований рекультивации на этом этапе обеспечивает создание наиболее благоприятных условий для последующего освоения нарушенных земель.

Растущие потребности промышленности в минеральном сырье влекут за собой прирост площадей нарушенных земель. Карьеры, действующие многие годы, не имеют проектов рекультивации, либо они были составлены более неправильно или недоработаны, поэтому нуждаются в корректировке. Рекультивационные работы следует технологически увязывать со структурой комплексной механизации основных горных работ, сроком эксплуатации и стадиями развития карьера. Технический этап рекультивации рассматривается как неотъемлемая часть горной технологии, и учет требований рекультивации на этом этапе обеспечивает создание наиболее благоприятных условий для последующего освоения нарушенных земель.

При внешнем отвалообразовании вскрышные породы отсыпают без учета пригодности их для рекультивации, а при формировании отвалов не всегда учитывают требования рационального землепользования и выбранного направления рекультивации. При этом проектирование и формирование отвалов осуществляется без учета требований к параметрам горнотехнической рекультивации. Таким образом, разработка и обоснование методики определения параметров отвалов на горнотехническом этапе рекультивации при проектировании карьеров, с учётом горнотехнических и горногеологических особенностей открытой разработки месторождений, является актуальной научной задачей.

**Актуальность.** Одним из основных недостатков открытой разработки месторождений полезных ископаемых является нарушения земельных ресурсов за счет формирования внешних отвалов и выработанного пространства карьеров. Негативные последствия открытых разработок должны быть снижены за счет рекультивации нарушенных земель в период эксплуатации месторождения. В этой связи исследование ресурсосберегающей технологии при горнотехнической рекультивации внешних отвалов является актуальной задачей.

**Цель.** Разработка ресурсосберегающей технологии горнотехнической рекультивации внешних отвалов

**Объект исследования.** Объектом исследования является почвенный покров нарушенных земель территории Донского ГОКа.

### Основные задачи

- изучить опыт ресурсосберегающей технологии при снятии плодородного слоя с участков земельного отвода и при селективном формировании внешних отвалов;

- разработать усовершенствованную ресурсосберегающую технологию горнотехнической рекультивации внешних отвалов.

**Научная новизна:**

1. Предложена технологическая схема селективного формирования внешних отвалов с учетом рекультивации
2. Установлена аналитическая зависимость зависимости производительности бульдозера от мощности снимаемого слоя;

**Основные защищаемые положения:**

1. При схеме селективного формирования внешних отвалов с учетом рекультивации улучшаются показатели землепользования за счет снижения интенсивности нарушения земель. Селективное размещение вскрытых пород в теле отвала по пригодности их для рекультивации позволяет ускорить рекультивационные работы и уменьшить негативные последствия открытой разработки на окружающую природную среду

2. При обосновании рационального комплекса оборудования в условиях Донского ГОКа целесообразно принимать вид оборудования, используемый в период эксплуатации карьера, производительность которого следует определять по разработанной методике с учетом горно-геологических условий, мощности ПСП и ППП, расстояния перемещения пород, обеспечивающей повышение эффективности отвалообразования и рекультивации внешнего отвала.

**Методы исследований:** Общей теоретической и методологической основой работы является комплексный подход, включающий анализ и обобщение фундаментальных исследований авторов в области рекультивации внешнего отвала карьеров, а также методы математической статистики, теории вероятностей.

**Апробация работы.** Основные положения магистерской диссертационной работы в целом и отдельные ее положения докладывались, обсуждались и получили одобрение на конференции «Современные инновации в области науки, технологий и интеграции знаний», на заседаниях кафедры «Горное дело», института Геологии, нефти и горного дела КазНИТУ им. К.И. Сатпаева.

Исследования выполнялись в рамках государственного финансирования № 05131591 ГФ2018/АР «Совершенствование управления технического и биологического этапов рекультивации нарушенных земель на открытых горных работах».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 2 работы, из них 1 в изданиях, рекомендуемых ККСОН РК.

# **1 Общие сведения о месторождении**

## **1.1 Геология и общие сведения**

*Географическое и административное положение.* Месторождения хромовых руд находятся в Хромтауском районе Актюбинской области, и располагаются в районе с развитой инфраструктурой, в пределах площади шахтного поля горнодобывающего комплекса «ДНК» [1,2].

Месторождения «XX лет КазССР» и «Геофизическое VII», предусмотренные к отработке открытым способом – карьерами рудника «Донской», расположены соответственно в 10 км севернее и в 4 км северо-западнее ж.д. станции Дон.

Областной центр - г. Актобе расположен в 90 км по прямой к западу от г. Хромтау. В городе Актобе расположен международный аэропорт и железнодорожная станция пассажирского сообщения. Севернее месторождения проходит государственная граница Россия-Казахстан.

С областным центром - г. Актобе г. Хромтау соединен асфальтированной дорогой протяженностью 110 км и железной дорогой, через станции Никельтау и Кандыагаш, протяженностью 210 км. Обзорная карта района приведена в Приложении А, рисунок А1.

Месторождения Кемпирсайского рудного района расположены на восточном склоне Орь-Илекского водораздела в Северных Мугоджахах. В границах месторождений рельеф ровный. Абсолютные отметки колеблются от 385 до 420 м.

*Климат района* резко континентальный, засушливый, с сухим жарким летом и холодной, суровой зимой. Среднегодовая температура воздуха +4,0°C. Самым холодным месяцем является январь с температурами от минус 15°C до минус 20°C, с понижением в отдельные дни до минус 40-42°C и ниже. Средняя температура самого жаркого месяца – июля - +24°C, максимальная - +40°C.

Средняя многолетняя норма осадков колеблется от 220 мм до 250 мм, большая часть которых выпадает в осенне-зимние периоды.

Снег появляется во второй половине октября. Средняя многолетняя высота снежного покрова - 96 см, глубина промерзания почвы – до 2 м [1,3].

Характерными для района являются постоянно дующие ветры, преимущественно, северо-западного направления, которые часто сопровождаются летом пыльными бурями, зимой – снежными буранами. Среднегодовая скорость ветра составляет 3,4 м/с.

*Гидрографическая сеть района.* Месторождения Кемпирсайского рудного района расположены на восточном склоне Орь-Илекского водораздела в Северных Мугоджахах. Все реки рассматриваемой территории относятся к бассейну р. Орь, впадающей в р. Урал, которая протекает на расстоянии более 45 км восточнее г. Хромтау.

*Растительность района* работ скучная, в основном, ковыльная, ковыльно-полынная.

В межгорных впадинах и долинах – разнотравно-злаковые луга, очень редки реликтовые берёзово-осиновые рощи.

*Рельеф участка*, полого-выровненный с абсолютными отметками от 385 до 420 м.

Донской ГОК является градообразующим предприятием для г. Хромтау - административного центра Хромтауского района, он добывает и перерабатывает хромовую руду, товарной продукцией является хромовый концентрат, окатыши и дробленная товарная руда. В г. Хромтау расположена железнодорожная станция «Дон» Западно-Казахстанской железной дороги, с которой продукция Донского ГОКа поставляется на ферросплавные заводы Казахстана (г. Актобе и г. Аксу) и России.

*Энергообеспечение района* производится от системы Актюбинской РЭК по линиям 220 и 110 киловольт. В качестве топлива используется газ, резервом является мазут. В восточной части район пересекается трассой газопровода Бухара - Урал, ответвления от этого газопровода проходят через города Актобе и Хромтау.

*Водоснабжение*. Снабжение питьевой и технической водой горнорудного предприятия производится за счет подземных вод существующих водозаборов.

*Промышленность*. В районе развита горнодобывающая промышленность на базе месторождений хромовых руд Кемпирсайского массива.

*Экономика района*. В экономическом отношении район сельскохозяйственно-промышленный. Основная отрасль промышленности - горнодобывающая, на базе месторождений хромовых руд (Донской ГОК), силикатно-никелевых (Батамшинский ГОК) и полиметаллических руд. В 70 км от г. Хромтау находится рудник «50 лет Октября» по добыче медных руд.

Обзорная схема района расположения месторождения представлена в приложении А, рисунок А.1.

## **1.2 Особенности природных условий района исследования и характеристика растительности**

Растительность района, где ведутся горные работы скучная, в основном, ковыльная, ковыльно-полынная. Территория Донского горно-обогатительного комбината находится в степной зоне в подзоне сухих разнозлаковых степей [2,3].

Несмотря на значительное разнообразие встречающихся растений, доминантами в травостоях является небольшое число видов, относящихся в основном к дерновинным злакам и полукустарникам. Среди дерновинных злаков на каштановых почвах преобладают ковыль волосатик (тырса), ковыль сарептский (тырсык), ковыль Лесинговский (ковылок), овсяница бороздчатая (типчак). Из полукустарников - это, главным образом, полыни Лерховская, узкодольчатая, черная, кустарниковая, селитряная. Здесь часто встречаются заросли спиреи и караганы степной.

Характерной чертой растительности региона является его значительная закустаренность степными кустарниками, главным образом, таволгой.

Среди степной растительности равнин небольшими участками встречаются луга. Они приурочены к местам, где есть дополнительное увлажнение – долины ручьев, понижения равнин. Растительность лугов богаче по флористическому составу, она представлена мезофильными видами злаков, разнотравья и полыней.

На территории рассматриваемого объекта помимо растений, обладающих кормовыми достоинствами, имеются виды, которые являются лекарственными: кровохлебка, пижма обыкновенная, подмареник настоящий, тысячелистник обыкновенный, тимьян Маршаллиевский (чабрец), подорожник большой, одуванчик обыкновенный, пастушья сумка, донник лекарственный, зверобой, валерьяна, горицвет.

### **1.3 Оценка воздействия горных работ на флору района**

К факторам негативного потенциального воздействия на почвенно-растительный покров при проведении горных работ относятся [2,3,4]:

- нарушение и повреждение земной поверхности, механические нарушения почвенно-растительного покрова;
- дорожная дигрессия;
- нарушения естественных форм рельефа, изменение условий дренированности территории;
- стимулирование развития водной и ветровой эрозии.

Основными видами воздействия на растительность при производстве горных работ будут:

- непосредственное механическое воздействие;
- влияние возможных загрязнений.

Растительный покров представлен видами степной зоны.

*Разработка месторождения и отсыпка отвалов.* В процессе вскрытия месторождения растительность в зоне разработки была уничтожена.

Вокруг площадок земельного отвода растительность будет трансформирована (зона работ техники, многоразовые проезды машин, и др.).

Земляные работы, а также движение транспорта приводят к сдуванию с поверхности почвы части твердых частиц. Повышенное содержание пыли в воздухе может привести к закупорке устьичного аппарата у растений и нарушению их жизнедеятельности на физиологическом и биохимическом уровнях.

*Дорожная дигрессия.* При механическом нарушении почвенно-растительного покрова на прилегающих к месту работ участках перестраивается поверхностный и грунтовый сток воды, изменяется характер снегонакопления, что изменит гидротермический режим нарушенного участка. Это в дальнейшем будет сказываться на восстановлении растительного покрова.

Наиболее чувствительными к механическим воздействиям являются мелкая растительность, а также полукустарнички и кустарнички. На местах с уничтоженной растительностью появятся, преимущественно, низкорослые растения, переносящие повреждение стеблей, смятие, деформацию, способные быстро и интенсивно размножаться семенным и вегетативным путем и осваивать освободившиеся пространства. То есть в период восстановления растительного покрова произойдет изменение состава и структуры растительности на нарушенных участках.

При проезде автотранспорта по ненарушенной территории растения могут быть сломаны (кустарники, полукустарники), примяты (травянистые растения), раздавлены колесами (однолетние виды, эфемероиды). Дорожная дигрессия (воздействие от движения транспорта) будет развиваться при неоднократном проезде транспортных средств и техники вне дорог с твердым покрытием. При этом площадь нарушенных территорий изменяется и увеличивается за счет возникновения дорог-«спутников», сопровождающих первую колею.

*Загрязнение.* При проведении работ химическое загрязнение растительного покрова будет связано с выбросами токсичных веществ, с выхлопными газами, возможными утечками горюче-смазочных материалов. Загрязнение может происходить при заправке техники, неправильном хранении ГСМ и несоблюдении требований по сбору и вывозу отходов.

#### **1.4 Рекультивация земель, нарушенных горными работами**

Занимаемые карьером земли ранее являлись сельскохозяйственными угодьями, поэтому восстановление площади нарушенных земель будет осуществляться под сельскохозяйственные угодья. Согласно ГОСУДАРСТВЕННЫМ СТАНДАРТОМ РК 17.0.0.05-2002. ОХРАНА ПРИРОДЫ. ОТКРЫТИЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ. ЗЕМЛИ. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ, сухие неглубокие карьерные выемки целесообразно рекультивировать под сенокосы, пастбищ [6].

В состав рекультивационных мероприятий входит очистка от мусора, удаление металлических и других предметов с территории, отведенной под проведение горно-добычных работ на участке и промплощадке, вспашка и боронование подъездных дорог, рекультивация отвала вскрышных пород. Окончательная рекультивация будет проведена в соответствии с утвержденной Инструкции по разработке проектов рекультивации нарушенных земель, Приказ и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 17 апреля 2015 года № 346. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 3 июня 2015 года № 11256 [7].

#### **1.5 Существующее состояние горных работ на объекте исследования**

Месторождение 20 лет Казахской ССР выявлено в 1930г. при производстве гидрогеологических исследований масштаба 1:10000.

В настоящее время работы ведутся на основании «Плана горных работ (Дополнение к промышленной разработки месторождений хромовых руд)», разработанного проектно-консалтинговой компанией «Антал», 2019г. [4].

На 01.01.18г. вскрышные и добычные работы ведутся на горизонте +170м.

Горные работы осуществляются с применением буровзрывных работ.

На бурении скважин задействован 1 буровой станок шарошечного бурения СБШ-250МНА32, на погрузке горной массы экскаватор ЭКГ-10 в количестве 1 шт.

Транспортирование пород вскрыши и руды на отвалы и рудные склады производится автосамосвалами БелАЗ – 75131 с грузоподъемностью 130 т и БелАЗ 75471 грузоподъемностью 45т.

Карьер «Поисковый» на данный момент отработан. Карьерная выемка засыпается вскрышными породами из карьера «Южный».

*Инженерно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождения.* Месторождение приурочено к дунитовым и перидотитовым серпентинитам, перекрытым на большей площади маломощным (до 20-25 м) покровом песчаных, песчано-глинистых и опоковидных образований мезокайнозоя.

На площади месторождения в вертикальном разрезе выделяются три инженерно-геологических комплекса пород (сверху-вниз) [4,5]:

- комплекс рыхлых осадочных отложений (опоки, пески, опоковидные глины, глины пестроцветные) с коэффициентом крепости по шкале М.М. Протодьяконова 4-6, плотность их колеблется от 2,0 до 2,5 т/м<sup>3</sup>;

- комплекс выветрелых серпентинитов (щебенисто-глыбовая кора выветривания) развит до глубины 50 м. Породы характеризуются коэффициентом крепости ( $f = 4-6$ ), плотностью – 2,0 т/м<sup>3</sup>, имеют коэффициент разрыхления 1,3 и плотность в разрыхленном состоянии 1,54 т/м<sup>3</sup>. Естественная влажность пород изменяется в пределах 2-8 %;

- комплекс скальных невыветрелых крепких пород характеризуется, в основном, коэффициентом крепости ( $f = 8-10$ ) и плотностью до 2,8 т/м<sup>3</sup>, коэффициентом разрыхления 1,8 и плотностью в разрыхленном состоянии 1,4 т/м<sup>3</sup>.

Руды месторождения представлены, в основном, вкрапленными разновидностями и рыхлыми (сыпучими). Участки и прослои порошкообразных руд встречаются редко и составляют до 16 % от общей массы.

Контакты руд с вмещающими породами, как правило, резкие, четкие без постепенных переходов.

Запасы месторождения «ХХ лет Каз.ССР» утверждены протоколом №1886-17У заседания ГКЗ от 14.12.2017 г. (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Балансовые запасы хромовых руд месторождения «ХХ лет Каз.ССР», по состоянию на 02.01.2017 года

Показатели	Единицы измерения	Балансовые запасы по категориям		Содержание Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,(%)
		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
Хромовая руда	тыс.т	3254,9	-	51,69

Крепкие хромовые руды имеют коэффициент крепости ( $f = 8$ ), среднюю плотность – 3,3-3,8т/м<sup>3</sup> в зависимости от содержания в них окиси хрома. Влажность их не превышает 5%, коэффициент разрыхления равен 1,6, плотность в разрыхленном состоянии – 2,3 т/м<sup>3</sup>. По классификации крепкие хромовые руды имеют VI-VIII категорию буримости.

*Границы и параметры горных работ.* Открытые горные работы. Работы в карьере ведутся на двух участках (Участок А и участок В).

Исходя из результатов прироста объема запасов месторождения, а также условий залегания части этих запасов (размещение за проектным контуром по северному, южному, западному и восточному бортам), главной задачей при проектировании был выбор целесообразной схемы вскрытия до разведенных запасов месторождения, обеспечивающий минимальный объем вскрышных, горно-капитальных, подготовительных работ. Складирование вскрыши так же будет производится в выработанное пространство карьеров «Поисковый» и отработанной части карьера «Южный» [4].

Разработка карьера будет проводится до 2023г. С 2023.г до конца 2024г. работа в карьера будет остановлена, месторождение будет отрабатываться подземным способом. В 2025г. планируется возврат к открытому способу добычи. Параметры карьеров приведены в таблице 1.2. Параметры конструктивных элементов карьеров приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.2 – Параметры карьеров

Карьер	Отметка дна	Глубина (от максимальной отметки поверхности)	Ширина по поверхности	Длина по поверхности	Площадь
Ед.изм.	м	м	м	м	тыс.м <sup>2</sup>
Карьер «Южный»	+120	320	-	-	-
В т.ч:					
Участок А	+120	320	220	330	54,6
Участок В	+310	130	80	470	32,3

Таблица 1.3 – Параметры конструктивных элементов карьеров

Параметры уступов	Единицы измерения	Значение
Высота уступа	м	10
Угол откоса уступа	град	45-60
Ширина транспортной бермы	м	25-30
Ширина предохранительной бермы	м	3,5
Уклон автодорог	%	80

*Календарный график горных работ.* Календарный график открытых горных работ составлен с учетом горнотехнических условий, технологических возможностей и заданной производительности (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Календарный график открытых горных работ

Показатель	Ед. изм.	Всего	Участок А					Участок В
			2018 факт	2019	2020	2021 ожид.	2022	
Добыча руды	тыс.т	2706,2	711,3	700,0	550,0	470,0	135,9	139
Вскрыша	тыс.м <sup>3</sup>	910,7	237	90	103	102	33	322,7
Коэффициент вскрыши	м <sup>3</sup> /т	0,34	0,33	0,13	0,19	0,22	0,06	2.32

*Отвалообразование.* Размещение вскрышных пород месторождения «XX лет КазССР» предусматривается в отработанное пространство карьеров «Поисковый» и «Южный». Общий объем пород, размещаемых в отвале, приведен в таблице 2.5.

Таблица 1.5 – Объемы вскрышных пород в отвале

Породы	Целик, тыс. м <sup>3</sup>	Остаточный коэффициент разрыхления	Объем в отвале, тыс. м <sup>3</sup>
Карьер «Южный»	910 700	1,12	1 019 984
в том числе:			
Участок А	535 000	1,12	599 200
Участок В	322 700	1,12	361 424

*Карьер «Южный».* В настоящее время работы ведутся на основании «Плана горных работ (Дополнение к промышленной разработке месторождений хромовых руд)» разработанного проектно-консалтинговой компанией «АнтАл». На 01.01.18г. работы ведутся на гор.+170м. Фактическое положение карьера «Южный» и его отвалов, а также план карьера на конец отработки приведен на рисунках 1.1 и 1.2

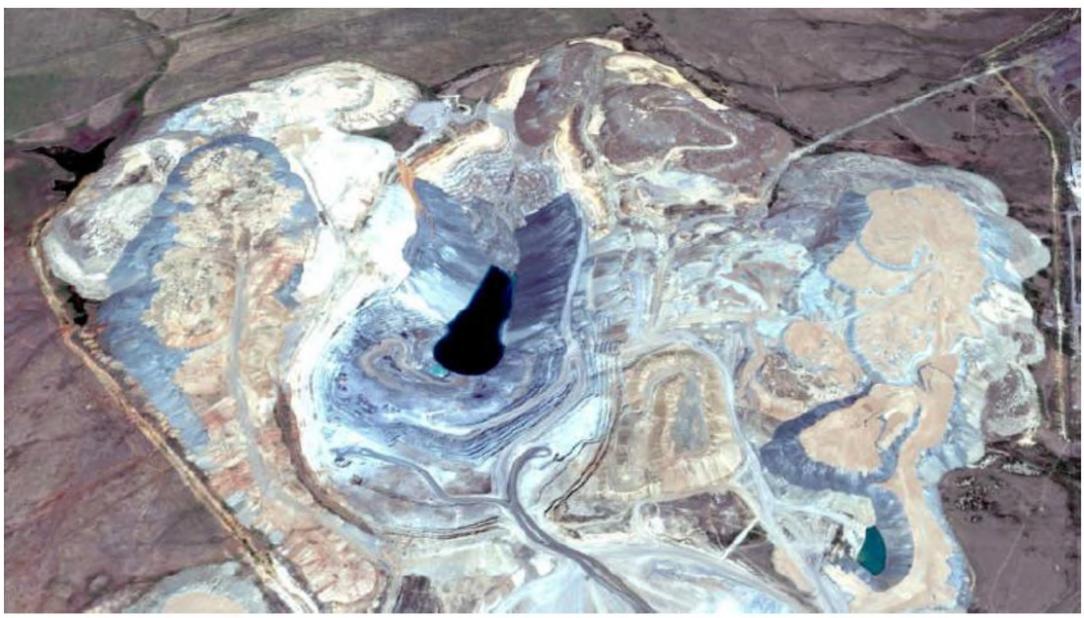


Рисунок 1.1 - Фактическое положение карьера «Южный» и его отвалов

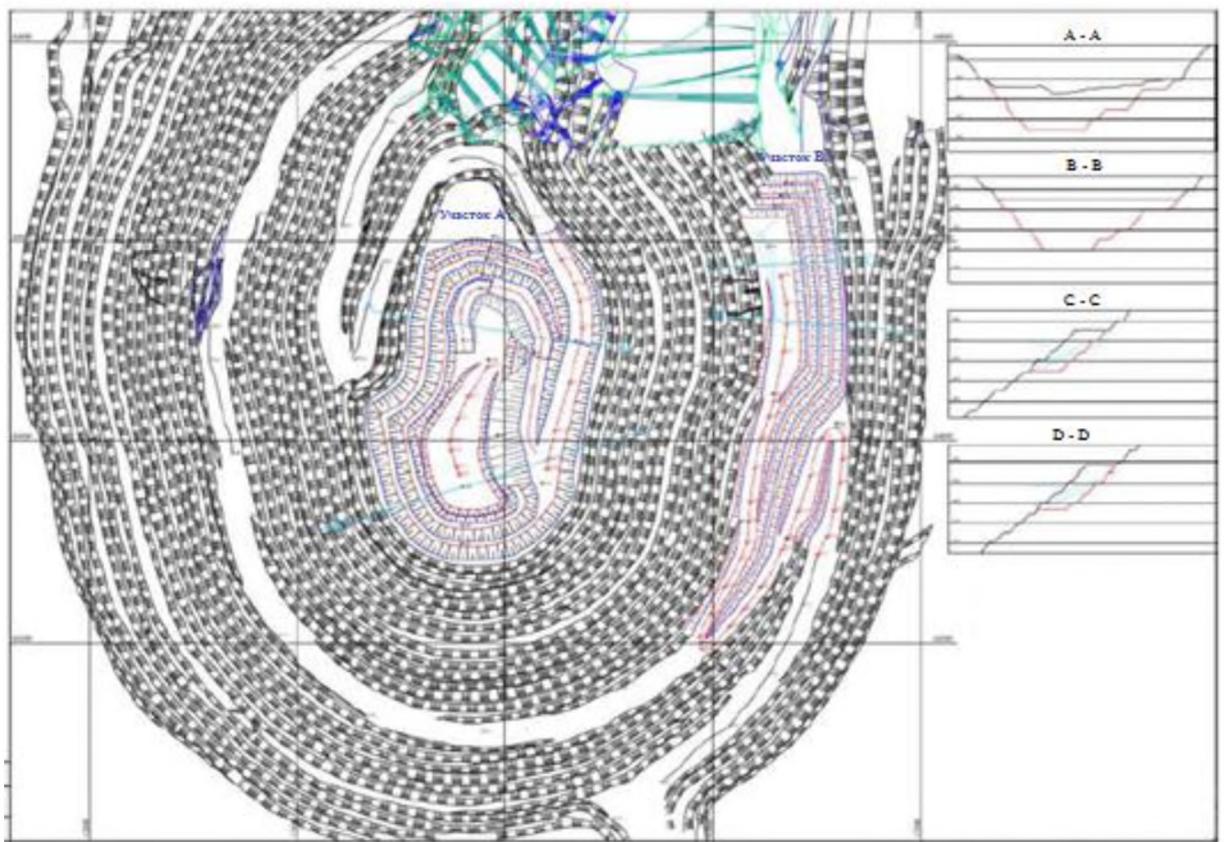


Рисунок 1.2 - План карьера на конец отработки

Отвалы вскрышных пород. Размещение вскрышных пород месторождения в карьере «Южный» предусматривается в отработанное пространство карьера «Поисковый» (на рисунке 1.3).

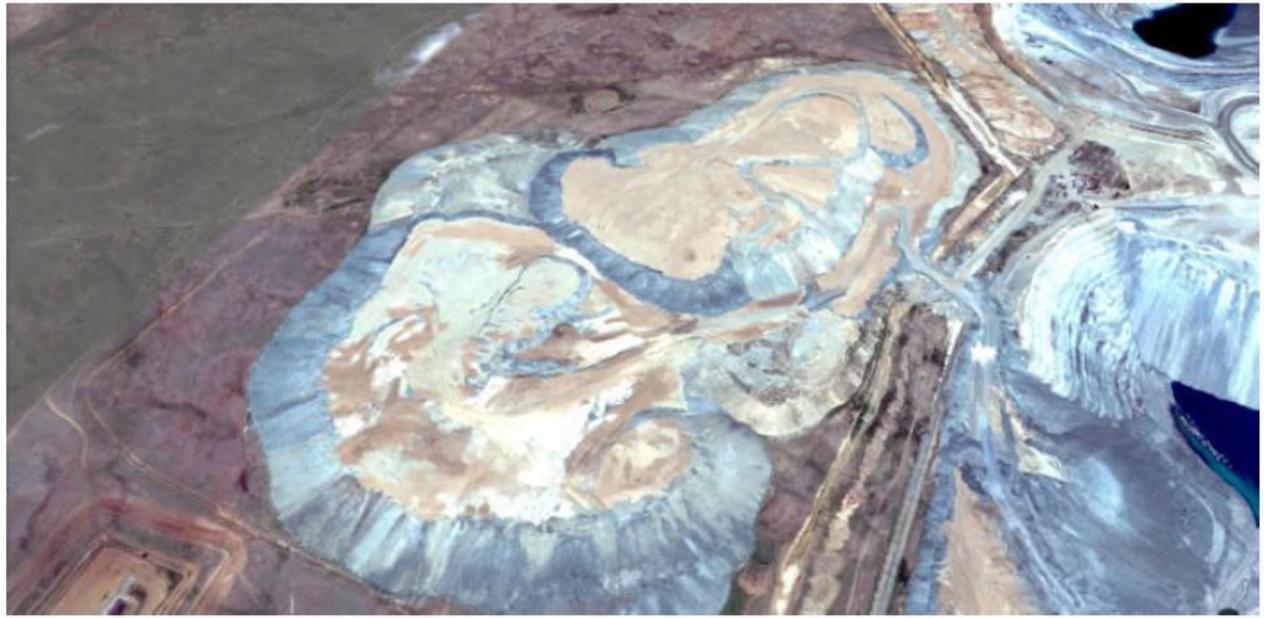


Рисунок 1.3 - Фактическое положение отвала карьера «Поисковый»

*Складирование.* Проектом в рассматриваемых условиях принимается насыпной тип склада высотой 5 м. Возведение въезда на склад, и планировка бровки склада осуществляется с помощью бульдозера типа CAT D9R, либо аналогичными бульдозерами.

Технологический процесс складирования при автомобильном транспорте состоит из операций: разгрузки автосамосвалов, планировки разгрузочной бровки и погрузки руды [5,8].

Автосамосвалы должны разгружать полезное ископаемое, доезжая задним ходом до ограничителя на бровке уступа. В качестве ограничителя используют вал, оставляемый на бровке склада в виде ориентирующего вала.

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

## **2 Анализ исследований ресурсосберегающей технологии при снятии плодородного слоя с участков земельного отвода и при селективном формировании внешних отвалов**

### **2.1 Анализ научно-технической литературы по рекультивации нарушенных земель**

В условиях интенсивного развития горнодобывающей промышленности возникают задачи сохранения земельного фонда и предотвращения нарушений сложившегося за многие тысячи лет природного комплекса. Рекультивация (восстановление) территорий, нарушенных горными работами, позволяет восполнить земельные ресурсы, выбывающие из хозяйственного оборота, и улучшить санитарно-гигиенические условия жизни и деятельности человека в горнопромышленных районах [5,8].

Зона распространения большинства видов экологических нарушений существенно зависит от масштабов ландшафтных нарушений, поэтому уменьшение площади нарушенных земель и темпов их нарушения, своевременное и качественное их восстановление будет способствовать уменьшению техногенного воздействия горных предприятий на окружающую среду [8,9].

Процессы естественного восстановления растительных покровов, почв и рельефов нарушенных земель протекают медленно или вообще не могут быть эффективными и действенными, так как нарушения земной поверхности, как правило, не исчезают, а становятся устойчивыми техногенными формированиями [9,10, 11].

Основным способом восстановления природных систем является рекультивация нарушенных земель. Это система технологических и биологических мероприятий, позволяющая сформировать на месте нарушенных земель участок территории с заданными параметрами почвенно-экологической и хозяйственной эффективности.

Термин "рекультивация" достаточно широко употребляют в зарубежной и отечественной практике для обозначения многообразия работ, направленных на воспроизведение разрушенных промышленностью ландшафтов и их окультуривание, на восстановление нарушенных закономерностей и экологических условий функционирования природного комплекса. Термин "рекультивация" получил распространение главным образом с развитием открытого способа разработки полезных ископаемых [9,11].

При этом рекультивацию нельзя рассматривать только как обновление, сохранение или увеличение земельного фонда. В результате горных разработок, особенно при открытом способе, нарушается сложившийся веками природный комплекс в целом. Поэтому рекультивационные работы должны осуществляться в рамках общего территориального планирования и воспроизводства природных ресурсов, предусматривающих гармоничное восстановление всех элементов ландшафта с учетом хозяйственных,

природных, культурных, санитарно-гигиенических и других требований общества.

Большое количество отвалов создавалось с технологическими нарушениями, в результате чего они стали угрозой для окружающей среды. По сей день гигантские терриконы с большим количеством опасных для природы и человека веществ находятся под открытым небом [12].

Автор работ [12,13] приводит два способа, которые основаны на мелиорации отвалов и деградирующих земель. Разница заключается в технологии образования почвенного слоя. Первый способ рекультивации заключается в создании плодородного почвенного слоя на поверхности отвала с дальнейшим его засаждением различными видами растительности. Используя данный способ, существует два пути разработки почв. Первый достигается путем внесения повышенных доз кислых минеральных удобрений на поверхность отвала, с дальнейшим засеванием территории разнотравием, бобовых культур и облепихи, как почвоулучшающей культуры. Второй же заключается в предварительном покрытии поверхности отвала плодородными породами с дальнейшим их освоением.

Иной метод биологической рекультивации называется капсулно-сапропельным. Сапропель - это многовековые донные отложения пресноводных водоёмов, которые сформировались из отмершей водной растительности, остатков живых организмов, планктона, также частиц почвенного перегноя, содержащий большое количество органических веществ, гумуса [14]. В результате использования сапропелевого рекультиванта достигается образование почв с полным набором всех необходимых для растений веществ.

Подводя итог, можно сказать, что проблема рекультивации отвалов является актуальной на сегодняшний день.

## **2.2 Изучение способов рекультивации выработанного пространства на открытых горных работах**

Рекультивация выработанного пространства карьера при открытой разработке месторождений направлена на восстановление хозяйственной деятельности горного предприятия и минимизацию экологического ущерба от нарушения земной поверхности. Горнодобывающие компании при добыче полезных ископаемых обязаны привести занимаемые земельные участки в состояние, пригодное для дальнейшего использования их по назначению в соответствии с утвержденным проектом. Для этой цели следует снимать плодородный слой почвы (ПСП) с нарушенных земельных угодий с последующим использованием для рекультивации и возрождения нарушенной поверхности, а также проводить различные инженерно-технические работы, направленные на возобновление народнохозяйственной ценности этих земель.

Восстановление плодородия рекультивируемых поверхностей проводят землевладельцы или землепользователи, которым передаются земли после

технической рекультивации, за счет средств предприятий, проводивших на этих землях работы, связанные с нарушением почвенного покрова. При рекультивации осуществляются горнотехнические и агротехнические мероприятия, позволяющие возобновить продуктивность нарушенных земель и использование их для различных народнохозяйственных целей с сохранением прилегающего природного ландшафта [15,16].

Использование выработанного пространства карьера для складирования вскрыши позволяет сократить расстояние перевозки вскрышных пород, создать благоприятный режим горных работ и уменьшить площади земель под внешние отвалы. В этих условиях улучшаются экономические показатели открытой разработки из-за значительного уменьшения площади земель под внешние отвалы и заполнения части отработанной залежи. При этом появляется возможность сохранения природного ландшафта и улучшения условий для последующей рекультивации поверхности внутреннего отвала.

В целом применяемая технология открытых горных работ должна отвечать требованиям рационального использования земель и включать в себя проведение рекультивационных работ, выполняемых технологическим оборудованием, используемым в ходе разработки месторождения. В этих условиях способ рекультивации выемочного пространства карьера следует определить с учетом особенностей техногенного рельефа, пригодности вскрышных пород для биологической рекультивации, географического положения размещения нарушенных земель и технико-экономических факторов, сложившихся в районе открытой разработки. При выборе рационального направления рекультивации отработанной части карьера следует учесть природно-климатические условия, рельеф местности, состояние почвенного покрова и растительности, перспективы развития района, экологическую и социальную эффективность их восстановления поэтому изучение рациональных способов заполнения отработанных частей карьера представляет важное значение для уменьшения параметров нарушенных земель при производстве открытых горных работ.

Заполнение выработанного пространства карьера рекультивационным балластом до проектных отметок осуществляется с целью создания над поверхностью складируемых песков экранирующего слоя. Формирование этого слоя производится при выполаживании бортов карьера из привозимой глины с северного участка, путем послойного нанесения глинистого материала на поверхность песков.

Мощность слоя предполагается 0,6 м с послойным укладыванием по 0,2 м и укатыванием бульдозером, работы выполняются в последний год проведения технического этапа рекультивации, в теплое время года. Работы по заполнению выработанного пространства карьера рекультивационным балластом и нанесению экранирующего слоя позволяет создать рельефа, соответствующего ландшафту прилегающей территории района. После нанесения ила рекультивируемая поверхность распахивается плугом на глубину 0,2 м, тогда за

счет обогащения глин содержащимися в илах микроэлементами, полученный слой грунтосмеси глины и ила является потенциально плодородным [17].

Формирование плодородного слоя при наличии разнообразных отходов может быть бесчисленное множество и зависит от количества полезных веществ в них, выбранной растительности и от факторов, определяющих экономическую целесообразность использования материалов. Возможно перемешивание материалов в соотношении 1:1-1:2 в зависимости от типа растительности и укладки единым слоем мощностью 0,2-0,6 м. На поверхность рекультивируемой площади наносится ПСП мощностью 0,15-0,2 м или потенциально ПСП мощностью 0,3-0,5 м, в который для улучшения плодородия вносят брикетированное удобрение из остатков сточных вод с расходом 100-180 г/м<sup>2</sup>. При реализации способа используется рациональная технология, техника промышленного и сельскохозяйственного назначения для равномерной укладки удобрения и посева семян [18].

Технический этап рекультивации по природоохранному назначению выше уровня воды включает выполаскивание откосов выработок до уклона 14°, планировку поверхности и нанесение слоя потенциально плодородных пород. Природоохранное направление с созданием в глубинных частях карьеров водоемов природоохранного назначения, в нагорных частях - необходимых условий для самозарастания поверхностей, соответствует полному прекращению горных работ на данном месторождении. Проектирование рекультивационных работ с затоплением выработанного пространства на глубоких карьерах следует осуществлять после прогнозирования уровня воды в искусственном водоеме и планирования мероприятий по его стабилизации и противоэрозионного укрепления зоны абразии [19].

Водоем образован в результате вскрышных работ и последующей выборки строительного песка, общая площадь водного зеркала карьера составляет 84 га. Преобладающие глубины водоема от 5 до 17 метров, берега крутые и мелководий практически нет. Береговая линия изрезана слабо, водоем имеет округлую форму и высшая водная растительность не развита. Использование обводненного карьера, при его сравнительно небольшой площади, позволило значительно повысить объемы производства товарной рыбы, где пелянь, являющаяся одним из наиболее востребованных объектов, составила более 35 % [20].

Необходимость рекультивации земель, нарушенных горными работами, отсутствие территорий для сооружения отвалов приводит к использованию карьерных выработок для размещения в них отходов горнодобывающей отрасли. Отработанное карьерное пространство как георесурс целесообразно использовать для размещения отвалов вскрышных пород рядом расположенного действующего карьера, либо для размещения других промышленных отходов. Использование отходов отраслей горной промышленности позволяет сократить необходимость отчуждения территорий на земной поверхности и повысить эффективность использования выработанного пространства карьеров. При этом повышается эффективность

разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом, сокращается негативная экологическая нагрузка в регионе и обеспечивается комплексное освоение недр Земли. Заполнение карьерных выемок отходами ликвидирует угрозу развития деформационных процессов в виде оползней, опускание территории и ее заболачивание, а также гарантирует рекультивацию нарушенных земель и снижение затрат на возвращение их в хозяйственный оборот [21-24].

Достоверно установлено ускоренное появление древесно-кустарниковой и травянистой растительности в отработанных карьерах, высокие годовые темпы ее прироста и уровень продуктивности на уровне природных ландшафтов наблюдается на откосах уступов всех карьеров с пологими углами их заоткоски, на межуступных площадках с уклоном в сторону нерабочего борта карьера и в значительной степени зависят от обеспеченности растений питательными веществами. Последнее условие выполняется на участках карьера с почвенным слоем с невысоким содержанием гумуса в диапазоне 1,5-3,5 %, нанесенным искусственно или намытым с верхнего уступа летними или сезонными водотоками. По результатам полевых экспедиций, космического дистанционного зондирования и эколого-математического моделирования установлена географическая ориентация нерабочих бортов щебеночных карьеров, обеспечивающая ускоренное формирование лесной экосистемы [25].

Улучшение эффективности системы управления природопользованием и состоянием окружающей среды, а также качества рекультивации в комплексе с мерами организационного характера позволяет предотвратить дальнейшее развитие процессов деградации и загрязнения почв, улучшить благополучную окружающую среду для общества. В связи с этим на стадии добычи минерального сырья необходимо уделить особое внимание на выбор перспективного направления и объектов рекультивации нарушенных земель в районе освоения месторождения [26].

Применение рациональной технологии рекультивации выработанного пространства на открытых разработках способствует уменьшению площади земель под внешние отвалы, сохранению прилегающего природного ландшафта и уменьшению отрицательного воздействия нарушенных земель на окружающую среду района. Использование отработанных участков карьера для складирования вскрышных пород и экологически безопасного размещения промышленных отходов в соответствии с разработанными технологическими схемами их размещения повышает эффективность использования земельных ресурсов района эксплуатации месторождения. С целью улучшения состояния окружающей среды следует выбрать перспективные способы и объекты рекультивации при открытой разработке минерального сырья.

Таким образом, обоснование наилучшей технологии, способствующей сохранению территории открытых горных работ, близкой к естественному состоянию окружающей природной среды, благоприятствует использование апробированных на практике рациональных способов рекультивации выработанного пространства карьеров. В результате в районе добычи руд

открытым способом улучшается ландшафтная ситуация, создаются водоемы, используемые для нужд народного хозяйства, уменьшается экологическая нагрузка в регионе и повышается эффективность разработки месторождений полезных ископаемых. Использование экологически эффективных способов улучшения состояния окружающей среды на открытых разработках путем складирования вскрыши и отходов горного производства на отработанных участках карьеров создает устойчивую среду при добыче минерального сырья и уменьшает землеемкость горных работ.

### **2.3 Изучение обоснования рациональных способов рекультивации откосов внешних отвалов**

На открытых разработках рекультивация нарушенных земель направлена на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности земель, а также на повышение качества окружающей среды в районе освоения недр. С этой целью составляется проект рекультивации земель, нарушенных горными работами, для приведения их в состояние, пригодное для хозяйственного использования, а также улучшения условий техногенной местности. Выбор направления рекультивации земель производится с учетом характера нарушенности территории района освоения месторождения, эколого-экономической целесообразности восстановления их добротной ситуации для дальнейшего целевого назначения и разрешенного применения. При этом учитывается фактическое и прогнозируемое положение их к моменту реабилитации, перспективы развития региона в соответствии с документами территориального планирования и градостроительного зонирования, а также техническая обоснованность проведения рекультивационных работ.

Открытый способ разработки месторождений полезных ископаемых представляет собой комплексный источник негативного влияния на окружающую среду и характеризуется наиболее высокой степенью опасности, интенсивности и воздействия на компоненты природы. В результате открытых горных работ пространство отрицательного воздействия их на окружающую природную среду в несколько раз превышает площадь, занятую горными выемками. Поэтому предприятия, нарушающие почвенный покров на предоставленных в пользование земельных участках, обязаны выполнить проектные документации по рекультивации нарушенных земель для приведения их в состояние, пригодное для хозяйственного использования. Горнодобывающие отрасли должны осуществлять работы, направленные на реабилитацию биологической продуктивности, хозяйственной ценности нарушенных земель и улучшение ситуации территории эксплуатируемого месторождения, с учетом хозяйственных, природоохраных и санитарно-гигиенических требований. Поэтому решение проблемы возобновления продуктивности нарушенных земель и снижение последствий вредного воздействия открытых разработок на окружающую природную среду имеет важное экономическое и социальное значение при освоении богатств недр.

Горнотехническая рекультивация отсыпанных внешних отвалов в зависимости от вида последующего освоения восстановленных земель включает проведение следующих основных работ: выравнивание поверхности отвала для нанесения плодородного слоя почвы; выполаживание откосных зон отвалов; покрытие плодородным почвенным слоем предохранительных террас и откосов отвалов. Поэтому изучение формирования откосов внешних отвалов в соответствии с проектными решениями, а также с целесообразным расположением района разрабатываемого месторождения и параметров рекультивируемой площади откосной части отсыпаемого отвала, имеет важное значение при выборе рациональных способов ее рекультивации.

Восстановление и сохранение биоразнообразия устанавливает основные положения по идентификации нарушенных земель и применение наилучших доступных технологий рекультивации, основанные на использовании комплекса работ по возвращению земель, территорий, ландшафтов и экосистем до состояния, приближенного к первоначальному [27-15]. Нарушение земель может привести к негативным изменениям почвенного слоя и гидрологического режима местности, качественного состояния земельного покрова, а также ухудшает сохранение, восстановление и устойчивое использование биологических ресурсов района разработки месторождения. Принятая технология рекультивации нарушенных земель и экономическая целесообразность реализации охраны окружающей среды в районе освоения недр должна отвечать условиям технической возможности их применения. В связи с этим принятые способы сохранения биоразнообразия местности надлежащим образом, по всей вероятности, удовлетворяли требованиям реабилитации нарушенного пространства.

В районах расположения предприятий по добыче и переработке минерального сырья одним из основных источников нарушения и загрязнения различных компонентов природной среды являются техногенные массивы, образованными отходами, различающиеся по своему составу и свойствам [29]. Экологические проблемы, связанные с накоплением огромного количества отходов, горнодобывающего и перерабатывающего комплексов, регулируется разработкой технологии консерваций месторождений для предотвращения негативного воздействия их на окружающую среду района и потерю полезных компонентов, включая природоохранного и санитарно-гигиеническую рекультивацию. Далее на основании проекта, составленного в соответствии с требованиями существующих нормативных документов, решаются проблемы формирования поверхности и откосов внешних отвалов с учетом направления восстановления нарушенной территории [27-15].

Земельные площади под многоярусными отвалами и одноярусными одинаковой емкости и высоты, отличаются друг от друга в пределах нескольких процентов. Предпочтение следует отдавать двух-трех ярусным отвалам с высотой яруса до 30 м [30-32]. Затраты на превышение занимаемых земельных площадей практически компенсируются почти двукратным снижением объема работы по транспортировке вскрыши по сравнению с работой при

одноярусном отвале одинаковой емкости. Для интенсификации рекультивации отвалов вблизи населенных пунктов необходимо создавать растительный покров за счет посева семян многолетних и однолетних трав с предварительной подготовкой поверхностей откосов и берм. Опытные отсыпки мелкодисперсных пород на откосе полигона показали, что распределение материала происходит в форме клина из-за разницы углов естественного откоса отсыпаемых и подстилающих пород. По результатам исследований сделан вывод, что для реабилитации откосов отвала необходимо формировать отвалы с высотой яруса до 30 м.

Капсулный почвообразователь можно эффективно применять для рекультивации больших площадей, в том числе, и откосных поверхностей. В этом случае сокращается расход материала рекультиванта и в течение одного вегетационного периода воссоздается почвенный покров рекультивируемых отвалов и создается травяной покров [33-36]. Применение капсул для реабилитации совместно с биогенным обеспыливанием приводит быстрому зарастанию откосов и обеспечивает условия восполнения семенного и питательного запасов, необходимых для успешного биогенного образования почвенного и дернового покрова в экстремальных условиях ветровых и водных влияний. Несмотря на относительно высокое плодородие наносимого гумусированного слоя, зарастание поверхности реплантоземов происходит медленно, наблюдается смыв почвенного мелкозема с террасы на террасу, потеря продуктивного слоя почвы и некоторое снижение эффективности рекультивационных работ.

Выполнение горнотехнической рекультивации рекомендуется путем формирования отвалов террасами, без выполаживания откосов, гребнистой и частично спланированной поверхностью корнеобитаемого слоя, сформированного из смеси потенциально плодородных пород (ППП) и верхнего плодородного слоя почвы (ПСП), полученной в процессе снятия верхнего вскрышного уступа совместно с ПСП и укладки его на поверхность отвалов [37]. Биологическая рекультивация проводится сплошным или очаговым способом, посевом трав и посадкой древесно-кустарниковых пород с использованием биопрепаратов, лесонасаждением для рекреационных целей. Проведены исследования ПСП в районах расположения угледобывающих предприятий, ППП верхнего вскрышного уступа карьера и буртов хранения с целью оптимизации состава корнеобитаемого слоя на поверхности отвалов для лесохозяйственного направления рекультивации.

Импактные зоны горнодобывающих предприятий являются территорией кризисного состояния природной среды в результате практически полного разрушения почвенно-растительного покрова, являющегося природным ресурсом особого назначения и обладающего наивысшей потребительской стоимостью [38]. В результате для северных районов обоснована технология восстановления поверхности и откосов отвалов без нанесения ПСП в соответствии с образованием почвы, согласно которой она является продуктом взаимодействия материнской породы, климата, рельефа и времени.

На частично выложенном рельефе точки отбора почвенных проб и соответственно укосов фитомассы расположены на трех гипсометрических уровнях: в верхней, средней и нижней частях склоновой поверхности либо равномерно по площади на ровной плоскости, на гребневом рельефе - на вершине, склонах двух экспозиций и во впадине [39]. Причем распределение запасов фитомасс по профилю гребней подчиняется следующей закономерности: наибольшие их значения наблюдаются во впадинах и на откосах северной части, а склоны южной экспозиции и особенно вершины отличаются разреженным обедненным травостоем.

Бермы созданы в тыловой части солеотвала и по бокам, а на фронтальной части отвала на заключительных стадиях отвалообразования [40]. Они формируются снизу-вверх: две технологические и одна транспортная. Ширина технологической бермы составляет 3,5 м, а транспортной -8 м, она выбрана минимальная, но с условием обеспечения технологических нужд. На техническом этапе рекультивации солеотвалов проводят грубую и чистовую планировку плоской вершины и специальную подготовку поверхности внешних откосов. На внешних откосах солеотвалов формируют специальный микрорельеф, обеспечивающий устойчивость грунтового слоя на откосах и более равномерное распределение влаги, необходимой для нормального питания и развития растений, при этом предварительного выполаживания откосов не производится.

Транспортировка ППП осуществлялась самосвалами, после этого и они разгружались на площадке перед породным предохранительным валом [41]. Затем ППП перемещались бульдозером на откос отвала, часть породы при перемещении сталкивалась на откосе, часть оставалась на бровке поверхности отвала в качестве предохранительного вала. Рекультивацию высоких скальных отвалов технически возможно проводить только в верхней части откосов ярусов, инициируя тем самым самозарастание нижней части, поскольку при описанной технологии разгрузки грунт на откосе размещается в виде клина из-за разницы углов естественного откоса пород.

Геоморфологические характеристики отвалов обуславливают необходимость проведения специализированных работ на склоновых участках крутизной от 15 до  $45^{\circ}$  [42]. Закрепление почвенно-растительного покрова на относных частях отвалов требует первоначальной стабилизации поверхности откосов. Наиболее эффективным в данных условиях является использование таких геосинтетических материалов, как геомат, георешетка и геосетка. Геомат представляет собой трехмерную структуру из переплетенных волокон из полипропиленового и полиэфирного сырья. При укреплении им откосов, защита от эрозии достигается благодаря выполнению функций покрытия, повышающего устойчивость откосов, и фильтра, предотвращающего вынос тонких почвенных фракций с атмосферными осадками. Анализ возможных технологий закрепления поверхности показал, что оптимальный результат в местных условиях достигается покрытием откосов геоматом.

В районах Заполярья, из-за низкой плотности населения, поселения

размещаются чаще всего на большом расстоянии от карьеров, поэтому с позиции снижения возможного пыления откосов, с эстетической точки зрения, а также с целью уменьшения затрат на рекультивацию целесообразно предусматривать биологическую рекультивацию только для откосов, обращенных к близко расположенному населенному пункту [43]. В этой связи при решении задачи рекультивации откосной части внешних отвалов следует принять во внимание местонахождение разрабатываемого месторождения относительно поселения.

Рекультивация откосов внешних отвалов на открытых горных работах должна осуществляться в соответствии с требованиями лучших доступных технологий по восстановлению техногенно нарушенных земель. Негативное воздействие накопленного количества складированных отходов горных предприятий на окружающую среду уменьшается при своевременной рекультивации их поверхностей. При формировании отвалов с высотой ярусами до 30 м появляется возможность создания растительного покрова на откосах в результате посева семян многолетних и однолетних трав. Быстрое зарастание откосов отвала происходит при обеспечении условий восполнения семенного и питательного запасов капсулальным почвообразователем. Опрыскивание откосов отвалов, разбрасывание семена растительности и косточки древесных пород по склону откоса при соответствующих условиях могут прорости и в последующем закрепляться на откосе. Сформированные отвалы террасами без выполаживания откосов следует рекультивировать посевом трав и посадкой кустарников с использованием биопрепаратов, лесонасаждением для рекреационных целей. На частично выпольщенном рельефе наибольшая часть фитомассы расположены во впадинах, а откосы и вершины отвалов обеднены травостоем. При обеспечении устойчивости грунтового слоя на откосах и равномерном распределении влаги без предварительного выполаживания откосов достигается нормальное питание и развитие растений. В случае рекультивации верхней части откосов высоких скальных отвалов активизируется самозаражание нижнего участка откоса. При укреплении откосов отвалов геоматами повышается их устойчивость и происходит стабилизация поверхности. Расположенные близко к населенному пункту откосы отвалов, в случае биологической рекультивации, эти поверхности становятся живописными и снижают пыление окружающей среды.

Таким образом, изучение обоснования рациональной технологии рекультивации откосов внешних отвалов показывает важность заключения о формировании их в процессе отвалообразования в соответствии с заранее принятыми в проекте решениями по восстановлению нарушенных земель. При этом следует обратить внимание на целесообразность принимаемых намерений по реабилитации техногенно нарушенных территорий, занятых складированными вскрышными породами, данным горно-геологическим и горнотехническим условиям месторождения. В северной и степной зоне наиболее эффективным способом отсыпки отвалов в соответствии с требованиями последующей рекультивации их поверхностей является создание

на откосах ярусов по высоте отвала с целью исключения выполаживания его откоса.

### **3 Рекультивация отвалов вскрышных пород**

#### **3.1 Современное состояние и условия рекультивации отвалов Донского горно-обогатительного комбината**

Месторождения расположены в зоне сухой степи с господством каштановых почв и их комплексов. Каштановые почвы довольно широко используются в земледелии. Однако, располагаясь в зоне недостаточного увлажнения, они обладают дефицитом влаги. Небольшое количество осадков, слабая оструктуренность и высокая плотность каштановых почв препятствуют глубокому их промачиванию. Содержание элементов питания в подвижной форме (фосфора и калия) в каштановых почвах в зависимости от механического состава, солонцеватости и карбонатности составляет на 100 г почвы от 5 до 40 мг и более. Реакция среды в верхних горизонтах нейтральная или слабокислая, но с появлением карбонатов сдвигается в щелочную сторону до pH = 8,0 - 8,6. Содержание гумуса достигает 2-3%. Для каштановых почв характерно проявление засоленности, обусловленное влиянием подстилающих пород [44,45].

Степная естественная растительность района представлена различными ковыльно-типчаковыми ассоциациями. В составе их господствуют ксерофильные, дерновинные злаки - типчак, ковыли: волосатик, сарептский, красноватый, ковылок, овсец пустынный. Кроме того, встречаются полыни и сухолюбивое разнотравье - грудница татарская, гвоздика узколепестная, лапчатка бесстебельная, пиретрум казахский. Сомкнутость травостоя достигает 60% при высоте 50-60 см (Соколов, 1968) [44,45].

Растительный и почвенный покров района месторождения нарушен горными работами Донского ГОКа.

Земельный отвод предприятия, включающий площади, используемые непосредственно для горных работ, строительства города и других целей, составляет около 5 тыс.га. Почти 90% этой площади было представлено сельскохозяйственными угодьями, сформировавшимися на темно-каштановых среднесуглинистых почвах, чередующихся с солонцами. Суммарный размер территории, занятых непосредственно под разработку (горный отвод), равен 350 га, в то время как породными отвалами, хвостохранилищем и водохранилищем занята в 2 раза большая площадь.

Специфика рудных тел Кемпирсайского массива состоит в неглубоком залегании ископаемого, что предопределяет разработку его преимущественно открытым способом. Размеры рудных тел и условия их залегания определили разную глубину карьеров и размеры занимаемой ими площади. При близком к поверхности залегании руды глубина карьеров составляет от 22 до 33 м (карьеры «Спорный» и «Гигант») при площади 16 га. Карьеры,

разрабатываемые в настоящее время, занимают от 30 до 100 га при глубине от 60 до 160 м («Южный» и «40 лет КазССР») [45].

Общие запасы полезного ископаемого и существующий коэффициент вскрыши, равный в среднем 1,9 м<sup>3</sup>, обуславливают общий объем пород, складируемых в отвалы. Величина территории земельного отвода, занятая внешними отвалами вскрышных пород, различна и колеблется от 5 до 205 га при высоте их от 5 до 62 м.

Всего на предприятии отработано и находится в стадии эксплуатации 10 карьеров с прилегающими к ним отвалами пустых пород, богатых и некондиционных руд на площади около 800 га.

Южнокемпирские месторождения приурочены к юго-восточной части крупного Кемпирского массива ультраосновных пород в пределах так называемого дунитового ядра. Вмещающими породами для рудных залежей служат дунитовые серпентиниты, трещиноватые светло-желтого и зеленого цвета. В отдельных участках месторождения дунитовые серпентиниты покрываются верхнемеловыми рыхлыми отложениями незначительной мощности. Глубина залегания рудных тел колеблется от выхода на дневную поверхность до глубины 1070 м.

Для оценки условий и возможности осуществления рекультивации на объектах Донского ГОКа проведено почвенно-геоботаническое обследование нарушенных площадей. При этом изучены свойства пород стратиграфического разреза и смесей пород в отвалах, а также поселяющаяся на них растительность [45].

Анализы агрохимического состава пород показали, что почти все они имеют щелочную реакцию среды, превышающую иногда pH = 9. В почвах же обычно pH редко переходит пределы 4,5 - 8,5 (Рассел, 1955; Ковда, 1966) при наиболее благоприятных для растений показателях pH среды между 4-8. Следовательно, породы из карьера по кислотности раствора неблагоприятны для роста и развития растений.

Исследование пород, слагающих месторождение, показало наличие в их составе большого количества засоленных, что характерно и для верхнего слоя наносов. Основной тип засоления пород карьера «40 лет КазССР» - содово-сульфатный.

Породы карьера «Южный» имеют в равной степени как содово-хлоридное, так хлоридно-сульфатное и сульфатное засоление. Подавляющее количество проанализированных образцов с карьера «Спорный» также имеет сульфатно-содовое засоление, только частично хлоридно-содовое и хлоридно-сульфатное. Почти все породы месторождения имеют также слабое натриевое засоление.

Принято считать, что менее токсичными для растений являются сульфат-ионы по сравнению с хлор-ионами (Шахов, 1956). Кроме того, сульфат-ион является для растений питательным элементом, его токсичность, как и других ионов, в очень сильной степени зависит от концентрации и от катиона, с которым он находится в составе той или иной соли почвенного раствора.

Для степных засоленных почв района, а, следовательно, и для субстратов отвалов характерен большой дефицит влаги (20-25%), поэтому во время вегетации концентрация почвенного раствора сильно возрастает. Засоление почвы затрудняет поступление калия, кальция, фосфора и азота, количество которых в породах вскрыши незначительно. К тому же количество калия и кальция уменьшается при всех типах засоления. Признаки недостаточности элементов минерального питания, которые могут обнаруживаться не для всех элементов, а избирательно, что зависит от специфики растений, от состава и соотношения засоляющих ионов в субстрате, проявляются в условиях засоления сильнее.

Таким образом, на основе количественных данных величины плотного остатка и его качественного состава следует считать почти все вскрышные породы карьеров Донского ГОКа малопригодными для биологической рекультивации.

Наряду с определением свойств пород в карьерах были проанализированы характеристики их смесей в отвалах (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Характеристика грунтосмесей отвалов Донского ГОКа и их пригодность для биологической рекультивации

Образец	pH H <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O, мг/100 г	K <sub>2</sub> O, мг/100 г	Плотный остаток, %	Группа пригодности для биологической рекультивации
Грунтосмесь с отвала карьера «40 лет КазССР»	8,8	0,4	4,0	0,1	пригодна
«20 лет КазССР»	8,8	1,0	1,0	0,1	пригодна
«Спорный»	8,4	1,2	14,0	0,4	малопригодна
«Геофизический» (I)	9,0	1,2	20,0	0,4	малопригодна
«Объединенный»	9,0	0,4	-	0,2	пригодна
«Миллионный»	9,9	0,1	2,5	0,6	малопригодна
«Южный»	8,0	0,3	2,0	0,1	пригодна

Отвал отработанного карьера «Объединенный» занимает площадь более 130 га, имеет высоту 20 м при двухъярусном сложении. Поверхность отвала представляет собой нагромождение смеси скальных и рыхлых пород. Субстрат отвала обладает высокой каменистостью (до 83%). По механическому составу это средние суглинки и супеси. Агрохимический анализ показал высокую щелочность раствора (pH=9), слабое засоление, обусловленное общей щелочностью субстрата, который характеризуется низкой обеспеченностью элементами минерального питания растений.

Субстрат отвала рудника «Миллионный» обладает подобными же свойствами, имея при этом содовое засоление. На территории карьера «Спорный» расположена группа небольших отвалов. Субстрат этой группы отвалов обладает высокой щелочностью, низкой степенью обеспеченности

элементами минерального питания и засолением различного типа в разной степени. Так, часть образцов имеет очень сильную и сильную степень засоления хлоридами, другие - сульфатами, некоторые образцы показали сильное засоление этими ионами в комплексе, при общем карбонатном засолении и высокой щелочности. Причем образцы с отвалов, отсыпанных в настоящее время, засолены в большей степени, чем с отвалов, эксплуатация которых закончена ранее. Необходимо отметить, что в природе строгой границы между различными степенями засоления нет. Интервал между засоленными и незаселенными почвами включает ряд количественных показателей, зависящих как от водного режима, так и от применяемой агротехники.

Отвал карьера «Южный» находится в стадии формирования, состав смесей пород отвала - легкий суглинок с очень слабым сульфатным засолением. Элементы минерального питания растений находятся в небольших количествах [46].

Аналогичными свойствами обладают субстраты отвала, отсыпаемого на месторождении «40 лет КазССР», за исключением отсутствия засоления во всех обследованных образцах.

Кислотность раствора остается стабильной в течение долгого времени, и в субстрате отвалов изменение этого показателя по сравнению со значением его в породах вскрыши не наблюдается.

Таким образом, при оценке субстратов отвалов с целью установления возможности использования их для создания растительного покрова становится очевидным, что основными неблагоприятными свойствами являются высокая каменистость, сильнощелочная среда раствора, наличие растворимых солей и низкая обеспеченность элементами минерального питания растений. Кроме того, специфические условия субстратов усугубляются жесткими климатическими условиями района. Особенно большую роль играет дефицит влаги, обостряющийся во время вегетационного периода.

Следовательно, при биологической рекультивации объектов Донского ГОКа необходим определенный комплекс агроприемов с целью улучшения эдафических факторов субстрата отвалов.

Несмотря на комплекс выявленных отрицательных факторов, на некоторых отвалах поселились отдельные виды многолетние и двулетнее растений таких как: *Stipa lessingiana* Trin, *Poa sp.*, *Tanacetum santo lina* C, *Artemisia austriaca* Tacq, *A. scoparia*, *Achillea nobilis* L., *Elymus augustum* Trin и др. Очевидно, что возможность развития их в условиях засоления обусловливается избирательной способностью растений к ионам солей как одним из важнейших свойств организмов.

Выносливость растений к солям зависит не только от качественной стороны засоления (состава солей), но и от уравновешенности раствора. Но любое засоление почв ведет к ухудшению ботанического состава растений: вытесняются культурные виды и поселяются солелюбивые сорняки, вытесняющие первые.

Для первой стадии зарастания отвалов Донского ГОКа характерно преобладание сорных видов, встречающихся единичными слабо развитыми особями. По фитоценотической принадлежности — это растения степей и полупустынь, обладающие засухо- и солеустойчивостью. Наличие в составе видов кормовых растений позволяет предположить, что при улучшении эдафических условий на отвалах возможно формирование растительных сообществ пастбищного типа. Однако в связи с жесткими климатическими условиями района, а также неблагоприятными свойствами пород, складируемых в отвалы, формирование растительного покрова естественным путем является очень длительным процессом.

Преимущественное расположение нарушенных площадей в непосредственной близости к жилому массиву города Хромтау предопределяет необходимость проведения мер по их облагораживанию. В системе мероприятий по улучшению условий для произрастания растений обязательной является планировка поверхности отвалов, при которой, кроме выравнивания, происходит перемешивание пород разного состава и снижение уровня токсичности. Высокая щелочность пород и низкая обеспеченность их элементами минерального питания обусловливают необходимость проведения гипсования и применения кислых форм минеральных удобрений. Кроме того, часть нарушенных площадей может быть улучшена путем нанесения имеющегося плодородного слоя почвы [44-46].

Ускорение процессов формирования культур фитоценозов в условиях сухой степи может быть достигнуто применением оросительных поливов. Специфические условия местообитания диктуют необходимость использования при биологической рекультивации отвалов Донского ГОКа солеи засухоустойчивых видов, районированных в данной зоне. К ним относятся пырей бескорневищный, волоснец сибирский, ячмень солончаковый, лисохвост солончаковый, райграсе однолетний и высокий, пырей ползучий, бескильница расставленная, донник белый.

Применение комплекса мероприятий по улучшению условий роста и развития растений позволит создать растительные сообщества санитативного назначения.

Объектом исследования является почвенный покров нарушенных земель территории Донского ГОКа. Территория земельного отвода расположена в подзоне сухих степей на темно – каштановых почвах, включая малогумусные (темно – каштановые) почвы степной зоны. Преобладающими почвами, на изучаемой территории, являются темно – каштановые, сформированные из средних и тяжелых карбонатных лёссовидных суглинок [59].

### **3.2 Эколого – геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами территории земельного отвода Донского ГОКа**

Объектом исследования является почвенный покров нарушенных земель территории Донского ГОКа (рисунок 3.1). Территория земельного отвода расположена в подзоне сухих степей на темно – каштановых почвах, включая малогумусные (темно – каштановые) почвы степной зоны. Преобладающими почвами, на изучаемой территории, являются темно – каштановые, сформированные из средних и тяжелых карбонатных лёссовидных суглинок.

На территории Донского ГОКа наблюдается сильное влияние антропогенного фактора. Обширные площади промышленной зоны (карьеры, внешние отвалы, территории промплощадок, обогатительной фабрики и др.) сильно преобразованы, практически все естественные почвы были уничтожены или необратимо изменены, площадь неоднократно выравнивалась после того, как плодородный слой почвы был снят, в результате чего образовывались техногенные ландшафты.



Рисунок 3.1 – Донской ГОК (исследуемая территория)

Для проведения исследований степени нарушенности почвенного покрова было заложено 3 почвенных разреза и прикопок по методике полевого исследования почв. Отбор проб осуществлялось в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02 – 84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». По результатам исследований установлено, что почва данной зоны является темно – каштановой, рельеф ровный. Для лабораторных исследований химико – физического состава отобраны почвенные образцы на откосах и горизонтальных поверхностях сформированных, вновь формируемых отвалах и целинных землях (рисунок 3.2).

*Разрез 1* (далее Р-1). Был заложен на сформированном (геофизическом) отвале, где были проведены рекультивационные работы на горизонтальном участке (отвалу 10 лет). Растительное сообщество – злаковое разнотравье, на некоторых местах встречаются растения из семейства двудольных. Почва

данной зоны является серо – бурой, каменистой. Отобраны почвенные образцы для определения их химико – физического состава. Место отбора проб почвы и современное состояние горизонтальной поверхности сформированного (геофизического) отвала представлены на рисунке 3.3.



Рисунок 3.2 – Места отбора почвенных образцов для определения химико-физического состава



Рисунок 3.3 – Место отбора проб и состояние горизонтальной поверхности сформированного (геофизического) отвала

Проанализированы морфологические описание почвы по генетическим горизонтам исследуемого объекта

A 0 – 7	Серый, сухой, вскипание бурное, среднесуглинистый, уплотненный, комковато – пороховатый, пронизан корнями растений. Закиси железы, переход в следующий горизонт постепенный
A 7 – 20	Серый, влажный, корни растений много, щебнистое, вскипание бурное карбонатный, среднесуглинистый, слабо-плотный, переход постепенный
B 30 – 50	Частично встречаются корни растений. Влажный свежий сильно защебненный

*Разрез 2* (далее Р–2). Почвенные образцы были отобраны с горизонтальной поверхности формируемого отвала карьера «Мирный» (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Места отбора проб на действующем отвале карьера «Мирный»

A 0 – 10	Цвет серо – коричнево – бурый, сухое, корешки нету абсолютно, вскипание слабое, почва бесструктурное, среднесуглинистый, песчаные включения, щебенистые коричневые, рыхлое неплотное, переход в следующий горизонт постепенный
A 10 – 20	Цвет светло коричневый, влажное, с щебнем, не вскипает, переход постепенный, до конца неплотный
B 30 – 50	Цвет светло коричневый, влажные щебенистые включения, вскипание слабое переход неясный, до конца неплотный

*Разрез 3* (далее Р – 3). Отбор проб осуществлялся на целине в западной части Донского ГОКа, который расположен на расстоянии 300 метров от полевой дороги (рисунок 3.5). Растительное сообщество – злаковое разнотравье, в некоторых местах встречаются растения из семейства двудольных. Почва данной зоны является темно – каштановой, рельеф ровный.

Изучение химико – физического состава отобранных проб почвы осуществлялось в специализированных лабораториях ТОО «Казахский научно – исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова» с применением сертифицированного современного оборудования. Результаты исследований представлены ниже.

*Физические свойства рекультивированных почв опытного участка.* Почва как природное тело обладает физическими свойствами, т.е. совокупностью качеств, характеризующих ее состояние. К основным физическим свойствам почвы относятся плотность твердой фазы (удельная масса), объемная масса и пористость.

Физические свойства почв оказывают большое и разнообразное влияние на почвообразование и сельскохозяйственные использование почв. От них в значительной степени зависят интенсивность и направленность многих почвообразовательных процессов, связанных с превращением, перемещением и

аккумуляцией органических и минеральных соединений в почве и окислительно – восстановительные условия. Она необходима для изучения физического состояния рекультивированных участков территории отвалов.



Рисунок 3.5 – Состояние растительности и места отбора проб почвы на целинных землях Донского ГОКа

A 0 – 9	Цвет темно – каштановый, рыхлое, встречаются корешки растений, вскипание слабое, камешки, уплотненный, переход ясный, зернистая структура
A 9 – 25	Цвет коричневый, влажный, редко встречаются корешки растений, слабо уплотненные, камешки, щебенистые, вскипание слабое
B 25 – 40	Цвет коричневый, влажный комковато – пороховатый, вскипание слабое, корешки очень редкие, среднесуглинистый, переход постепенный, включения белоглазки, камешки, меловые отложения, окиси металлов, уплотненный, вскипание слабое, подстилающие породы
C 40 – 50	Цвет коричневый, пороховатая структура, уплотненный, закиси железа, среднесуглинистый, переход постепенный
C 50 – 80	Материнская порода почв, переход ясный, влажный, рыхлый, слабо уплотненный, включение белоглазки крупного размера и меловые отложения, подстилающие породы

При проведении работ по горнотехнической рекультивации почва подверглась значительному механическому воздействию, приведшему к перетиранию и разрушению почвенных агрегатов. Это привело к увеличению количества тонких фракций в гранулометрическом составе почвы и как следствие к его утяжелению. Зафиксировать механическое утяжеление сложной задачей, так как техноземы отличаются пространственной и вертикальной неоднородностью гранулометрического состава. При формировании техноземов в результате неупорядоченного перемешивания различных по составу горизонтов почв создается, хотя и не настолько неурегулированность как в породах отвалов, но также непредсказуемая по гранулометрическому составу смесь.

Одновременно определялись объемная масса, а также отбирались пробы для определения влажности (таблица 3.1). В результате проведенных

исследований установлено, что полевая влажность каштановых почв (целина) крайне низкая (Р-3). В верхнем 0– 25 см супесчаном горизонте колеблется от 1,6 до 27,11% от веса почвы. Такая низкая влажность является специфической характерной чертой этих почв. В нижележащем горизонте – 25 – 40 см тяжелосуглинистом горизонте, полевая влажность достигает до 17,57 %, так как оно содержит глинистые вещества и коллоиды. Эта величина почти в три раза превосходит величину влажности верхнего супесчаного горизонта. С переходом в нижний горизонт, содержащий легкий механический состав (тонкозернистый песок), полевая влажность снизилась до 5,77%. Таким образом, полевая влажность почв уменьшается от тяжелосуглинистого механического к песчаным. Полученные результаты подтверждают, что содержание влаги в почве зависит от его гранулометрического состава, плотности, структуры и содержания гумуса. Кроме этого, на полевую влажность большое влияние оказывают структурное состояние, а также уровни грунтовых вод в районе, также нельзя отрицать влияние атмосферных осадков и растительного покрова.

#### *Гранулометрический состав почвы*

Гранулометрический состав почвы оказывает прямое влияние на подвижность тяжелых металлов. Фракции механических элементов слагают почвы или породы в различных количественных соотношениях, которые имеют неодинаковые свойства. Поэтому почвы и породы также будут обладать неодинаковыми свойствами в зависимости от разного содержания в них тех или иных фракций механических элементов. Все многообразие почв и пород по гранулометрическому составу можно объединить в несколько групп с характерными для них физическими, физико-химическими и химическими свойствами. В основу классификации почв и пород по гранулометрическому составу положено соотношение физического песка и физической глины (по Н.А. Качинскому). Результаты отобранных проб по гранулометрическому составу представлены в таблице 3.2.

По механическому составу выделены среднесуглинистые разновидности почв. В среднесуглинистых разновидностях (Р1) фракции физической глины содержится 32,330 – 38,860 %, сумма фракции ила и тонкой пыли – 14,959 – 13,636 % (таблица 3.2). Преобладают фракции крупного песка (4,267 – 53,320 %) и мелкой пыли (4,132 – 13,636 %). По классификации почвы, содержащие сумму фракций ила и тонкой пыли более 20 %, склонны к заплыванию во время дождей, поливов и образуют плотную корку при подсыхании.

Таблица 3.1 – Влажность образцов почв Донского ГОКа

№	Глубина разреза, см	№ бюкса	Масса пустого бюкса, г	Масса исходной почвы, г	Масса сухой почвы, г	Влажность, %
P-1	0-7	308	21,7	81,96	76,93	9,05
	7-20	176	22,4	90,5	80,44	17,34
	20-30	212 194	22,9	95,2	89,67	8,28
P-2	0-10	311 100	22,5	89,0	78,89	17,9
	10-20	394 398	20,1	79,9	66,48	28,9
	20-30	220 183	21,8	94,1	82,3	19,5
	30-50	203 009	23,1	95,6	80,97	25,2
P-3	0-9	055	23,9	89,3	75,35	27,11
	9-25	122	23,8	89,2	88,15	1,6
	25-40	027	22,5	87,6	77,87	17,57
	40-50	144	21,9	101,5	78,06	42,49
	50-80	271	21,4	83,7	80,3	5,77

На горизонте (Р2) по механическому составу «А» выделены, средне- и тяжелосуглинистые разновидности, редко легкосуглинистые и супесчаные. Физическая глина в тяжелосуглинистых разновидностях почв составляет 50,917 %. Доминирующей является фракция крупной пыли (19,266 %) и илистые частицы (34,404 %).

В тяжелосуглинистых разновидностях (Р3) фракции физической глины составляют 17,582 – 68,421% от общего объема фракций. Среди рассмотренных фракций частицы крупной пыли составляют 11,319 – 53,187 %, тонкой пыли 4,885 – 17,506 % и илистой фракции – 8,52 – 47,807 %.

#### Основные химические и физико – химические свойства почвы.

Анализ полученных данных показывает, что по разрезу Р1 на горизонте А содержание гумуса составляет 0,57 %, на горизонте В уменьшается до 0,29 %, на разрезе Р2 горизонта А – 0,32 %, горизонта В – 0,25 %, что свидетельствует о слабой гумусированности (таблица 3.3). Отобранные почвы на целине имеют более высокую гумусированность по сравнению на разрезах Р1 и Р2. В легкоглинистых разновидностях разреза Р3 на верхнем аккумулятивном горизонте А гумус составляет – 2,26 %, с уменьшением на горизонте В – до 1,61 %.

По разрезу Р1 на горизонтах А и В валовые формы азота составляют 0,028 %, (отношение С:N равно 8,4 – 11,0), что показывает низкую обеспеченность валовым азотом. Содержание валового азота в почве разреза Р2 на верхнем гумусовом горизонте А составляет 0,060 – 0,106 %.

Валовые формы азота в почве на целине Р3 на горизонте А составило 0,196 %, а на горизонте В – 0,126 %, что намного превышает обеспеченность азотом по сравнению разрезами Р1 и Р2.

Обеспеченность валовым фосфором почв разреза Р1 на горизонтах А и В составляет 0,416 %, в почвах разреза Р2 и Р3 соответственно на горизонте А и В 0,208 % и 0,132%, 0,112% и 0,144%. Почвы на всех трех разрезах по обеспеченности азотом соответствует среднему классу.

Таблица 3.2 – Гранулометрический состав почвы

№ П/П	№ Разреза	Глубина, см	А.С.Н % H <sub>2</sub> O	Содержание фракции (%) на абсолютную сухую почву						
				Размеры фракции, мм						
				Песок		Пыль			Ил	<0,001
				1,0 -0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001		
1	Р-1	0-7	4,60	4,267	45,837	10,902	5,451	10,482	23,061	38,994
2		7-20	4,20	3,674	53,320	8,351	4,593	11,691	18,371	34,655
3		20-30	3,20	19,772	45,104	4,132	12,397	13,636	4,959	30,992
4	Р-2	0-10	12,80	13,090	16,720	19,266	3,211	13,302	34,404	50,917
5		10-20	15,80	12,870	24,410	15,677	5,701	7,601	33,729	47,031
6		20-30	15,20	11,990	24,000	14,727	5,225	10,452	34,204	49,881
7		30-50	14,20	11,160	21,230	17,249	5,129	11,655	33,560	50,350
8	Р-3	0-9	7,80	2,880	16,420	16,480	4,339	17,353	42,516	64,208
9		9-25	9,00	4,260	27,600	1,319	8,791	14,945	43,070	66,813
10		25-40	8,60	4,157	16,630	13,567	5,689	17,506	42,451	65,646
11		40-50	8,80	5,022	12,080	14,474	8,772	11,842	47,807	68,421
12		50-80	9,00	8,660	20,570	53,187	4,395	4,835	8,352	17,582

Обеспеченность почв валовым калием на верхнем горизонте разреза Р1 составляет 1,500 мг на 100 г почвы. На нижнем горизонте обеспеченность калием – 1,437 мг на 100 г почвы.

В почвах разреза Р2 валовый калий составляет – 0,625 мг/кг, что намного ниже чем в почвах разреза Р1. На целине (Р3) обеспеченность калием на горизонте А – 1,437 мг/кг, на горизонте В – 1,205 мг/кг.

Вскипание почв от 10 процентной соляной кислоты отмечается на горизонтах А и В и оно составляет в Р1 – 3,15 %, 7,11 %, вниз по профилю уменьшается до 3,15 %.

Разгорание почв от 10 процентной соляной кислоты разреза Р2 отмечается на горизонте А, в меньшей степени – почвах горизонта ВС, где СО<sub>2</sub> карбонатов колеблется в пределах 1,89 – 2,43 %.

Закипание почв от 10 процентной соляной кислоты разреза Р3 отмечается на поверхности и по профилю. На горизонте А величина СО<sub>2</sub> карбонатов в основном изменяется 2,21 % до 3,99 %. Максимальное скопление СО<sub>2</sub> карбонатов отмечается на горизонтах ВС и С, оно изменяется от 3,99 до 4,81 %.

Таблица 3.3 – Основные химические и физико – химические свойства почв Донского ГОКа

№ разреза и глубина образца, см	Гумус %	Валово азот, %	Валовое формы, мг/кг		CO <sub>2</sub> , %	Обменные катионы мг-экв/100г				рН
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		Ca	Mg	Na	K	
P-1 0-7	0,57	0,028	0,416	1,500	5,92	9,31	7,35	0,35	0,27	9,06
7-20	0,29	0,028	0,416	1,437	7,11	6,37	5,39	0,58	0,12	9,38
20-30					3,15					9,50
P-2 0-10	0,32	0,042	0,132	0,625	2,43	23,5 2	13,72	1,85	0,15	8,61
10-20	0,25	0,014	0,208	0,625	1,21	19,6 0	14,21	2,15	0,15	8,66
20-30					1,62					8,53
30-50					1,89					8,61
P-3 0-9	2,26	0,196	0,144	1,437	2,21	24,5 0	7,84	0,39	0,30	8,78
9-25	1,61	0,126	0,112	1,250	3,99	21,0 7	8,33	0,94	0,09	9,20
25-40					4,81					9,40
40-50					3,08					9,14
50-80					1,38					8,41

Исследования отобранных образцов почв по водородному показателю рН показали, что на верхнем и нижнем горизонтах во всех разрезах относятся к средней и сильнощелочной среде (рН колеблется от 8,41 до 9,50). На горизонте ВС и С преобладает сильнощелочная среда (рН колеблется от 8,6 до 8,8).

Основную часть обменных катионов составляет поглощенный кальций (9,31 – 24,50 %), затем, поглощенный магний от 5,39 до 14,21 %, поглощенный натрий содержится в очень незначительных количествах от 0,35 до 2,15 %, что свидетельствует об отсутствии солонцеватости в описываемых почвах.

Легкорастворимые соли отсутствуют по всему профилю Р1. Величина токсичных солей по профилю почвы (0– 30 см) при хлоридно – сульфатном типе не превышает 0,097%. Содержание токсичных солей на верхнем засоленном горизонте в слабосолончаковых видах составляет 0,047 %.

Характерной особенностью профиля описываемых почв (Р – 2) является наличие легкорастворимых солей в слое 0– 50 см. Содержание токсичных солей в этом слое в слабосолончаковых видах составляет 0,115 %, а при сульфатно-хлоридном типе – степень засоления слабая. Глубже содержание токсичных солей уменьшается до 0,559%. На горизонте АВ показывает повышенную цифру 0,724 – 0,825%, чем на горизонте В. Тип засоления хлоридно-сульфатный, степень средняя и повышен на некоторых участках.

Почвенный профиль Р-3 не содержит легкорастворимые соли с поверхности и по всему профилю. Сумма токсичных солей (0–30 см) не превышает 0,094 % при сульфатно-хлоридном типе. Легкорастворимые соли обнаружены на горизонте ВС на глубине 25 – 80 см. Величина плотного остатка на горизонте ВС при хлоридно – сульфатном типе составляет 0,146%, что соответствует слабой степени засоления на глубине 25–40 см. Глубже содержание легкорастворимых солей увеличивается до 0,234 % и 1,824%. На горизонтах ВС и С тип засоления хлоридно – сульфатный и сульфатно – хлоридный, степень засоления очень сильная.

*Содержание тяжелых металлов.* Существуют различные оценки опасности отходов, загрязняющих поверхность земли. Наиболее опасны токсичные терраполлютанты, которые геохимически и биохимически подвижны, могут попасть в питьевую воду или в растения. Это в первую очередь соединения тяжелых металлов. Наряду с выбросами предприятий имеются многочисленные участки, где складируются открытым способом бытовые и промышленные отходы (шлако и золоотвалы, отвалы пустых горных пород, хвостохранилища, свалки). По концентрации и комплексу тяжелых металлов аномалии здесь не уступают выбросам, являясь источником повторной эмиссии в окружающую среду. В результате воздушной и водной миграции техногенные ореолы вокруг свалок в несколько раз больше территорий, отведенных под отходы. Отходы, таким образом, способны вызывать трансформацию природных систем в природно – техногенные и даже техногенные. Одним из главных механизмов наблюдаемой трансформации является техногенная миграция тяжелых металлов и других элементов в системе «отходы-почва». Для ландшафтов, загрязненных промышленными отходами, техногенная миграция ТМ является ведущим процессом преобразования. В почвенном профиле формируется техногенный поток рассеяния тяжелых металлов, имеющий четкую пространственную связь с его источником – твердыми промышленными отходами, а наблюданная техногенная аномалия ТМ характеризуется динамичностью и непостоянством параметров полиметаллического загрязнения. Исследования проводились с учетом нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ и микроорганизмов, а также других биологических веществ, загрязняющих почву. (Совместный приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 30 января 2004 года № 99 и Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 27 января 2004 года № 21-п).

По результатам проведенных исследований установлено, что загрязнение почв тяжелыми металлами на земельном отводе Донского ГОКа в недопустимых пределах зафиксировано не в отдельных точках, а на значительных площадях, охватывающих промзону – практически всю площадь предприятия. По отдельным ингредиентам (ртуть, цинк, свинец, мышьяк, медь) ореолы загрязнения выходят за пределы предприятия и попадают на сенокосы, пастбища и другие угодья. Валовые формы некоторых тяжелых металлов (cadмий, хром, кобальта, никель цинк) также указывают на недопустимо

высокий уровень загрязнения почв и возможно продуктов растениеводства (таблица 3.4).

Эти данные позволяют рассматривать некоторые виды отходов комбината как вторичные (техногенные) месторождения минерального сырья, а по набору и содержаниям токсичных элементов (хром и др.) – как источник повышенной опасности для окружающей среды. Нами были определены валовые формы цинка, меди, свинца, кадмия, никеля, кобальта, марганца, хрома и железа на целине, на отвале в северном крыле Донского ГОКа и в грунте прикопок как в северном крыле, так и в восточной части месторождения.

Таблица 3.4 – Содержание валовых форм тяжелых металлов в пробах почвы и воды

№	Тяжёлые металлы (ПДК)	Р-1 Сформированный отвал, мг/кг		Р-2 Формируемый отвал, мг/кг		Р-3, целина, мг/кг		Грунтовая вода, мг/л
		0-7 см	7-20 см	0-10 см	10-20 см	0-9 см	9-25 см	
1	Цинк (70)	101,16	88,80	143,0	160,14	135,40	133,63	0,0927
2	Медь (33)	4,06	3,61	13,54	10,26	17,66	18,58	0,0019
3	Свинец (32)	9,70	12,24	14,26	15,73	18,53	18,71	0,028
4	Кадмий (0,5)	1,55	1,01	1,03	0,80	0,41	0,44	0,0011
5	Никель (4,0)	87,59	76,03	320,12	1014,78	337,06	296,12	0,0136
6	Кобальт (5,0)	10,46	9,11	58,48	114,08	40,92	37,11	0,0141
7	Марганец (1500)	1959,44	1746,62	1143,45	1256,76	874,40	721,02	0,0212
8	Хром (3,0)	22,34	25,00	43,14	56,32	51,49	57,84	0,0278
9	Железо (55000)	14862,3	18003,27	23988,32	43804,75	36503,96	35461,0	0,0295

Цинк. Концентрация валовых форм Zn изменилась в пределах от 88,80 до 160,14 мг/кг, превышая ПДК в почвах во всех пробах, наибольшее количество отмечено в почвах в разрезе 2 на отвале. Максимум накопления цинка происходит на верхнем пахотном горизонте почв, и в меньшей степени наблюдается на подпахотном горизонте (рисунок 3.5).

Медь. Валовое содержание меди (ПДК 33 мг/кг) в изучаемых почвах варьировало в широких пределах от 3,61 до 18,58 мг/кг, и в основном находилось в пределах ПДК (рисунок 3.6).

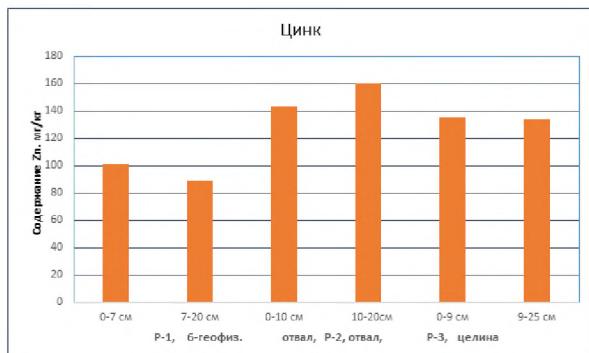


Рисунок 3.5 – Содержание Zn в отвалах и целинных почвах месторождения

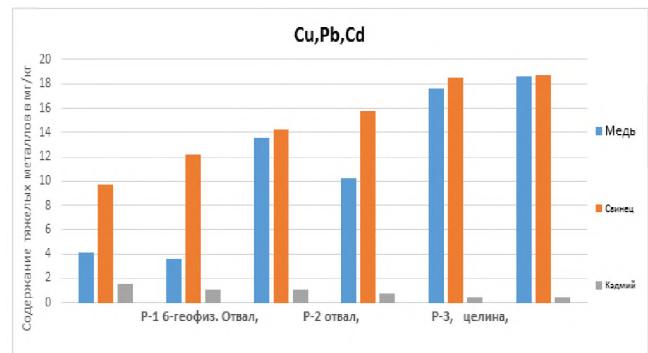


Рисунок 3.6 – Содержание тяжелых металлов в отвалах и целинных почвах месторождения

**Кадмий.** Загрязнение почв кадмием является одной из опасных экологических проблем, так как он способен накапливаться в растениях выше нормы даже при незначительном загрязнении почв. В Казахстане для валовых форм Cd установлен ПДК на уровне 0,5 мг/кг. Концентрация валовых форм Cd на изучаемой территории в которых образцах почвы была выше этой величины и изменялась в пределах от 0,44 до 1,55 мг/кг (рисунок 3.6).

**Свинец.** Концентрация валовых форм Pb в почвах варьировала от 9,70 до 18,71 мг/кг, ПДК (32 мг/кг). Максимум свинца в основном содержится под пахотным горизонтом.

**Никель.** В республике ПДК для валового содержания Ni составляет 85 мг/кг. Концентрация валовых форм Ni в образцах почв находилась в диапазоне от 76,3 до 1014,78 мг/кг, что сильно превышает ПДК, в особенности, в почвах в разрезе-2. На целине результаты анализа также показывают повышенную концентрацию никеля (рисунок 3.7).

**Кобальт.** ПДК для валового содержания Co составляет 5,0 мг/кг. Концентрация валовых форм Co в исследуемых почвах была значительно выше этой величины и изменялась в пределах от 9,11 до 114,8 мг/кг (рисунок 3.7).

**Марганец.** ПДК для валового содержания Mn составляет 1500 мг/кг. Содержание валовых форм Mn находилось в диапазоне от 721,0 до 1959,44 мг/кг. Превышение ПДК наблюдалось на отвале в разрезе 1. В других образцах почв – варьировало в пределах от 721,02 до 1256 мг/кг и не превышало допустимых значений (рисунок 3.8).

**Хром – соединение 1-го класса опасности.** Микроэлемент, встречающийся в следовых количествах в живых и растительных организмах. Избыток хрома в почвах вызывает различные заболевания у растений. Присутствие хрома в почвах (до 50 – 70 мг/кг сухой почвы) обуславливает его передвижение по пищевой цепочке: почва – растение – животное – человек. Основными источниками хрома и его соединений в атмосферу являются выбросы предприятий, где добывают, получают, перерабатывают и применяют хром и его соединения, каким и является объект исследования Донской ГОК.

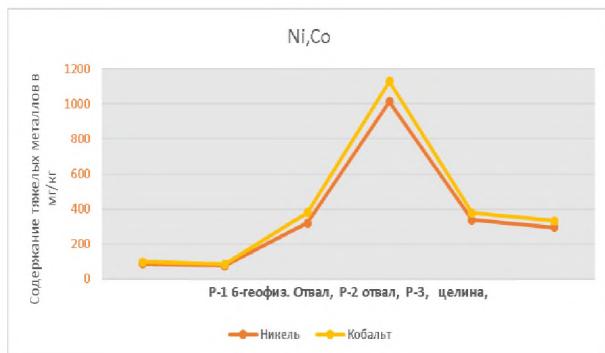


Рисунок 3.7 – Содержание тяжелых металлов в отвалах и целинных почвах

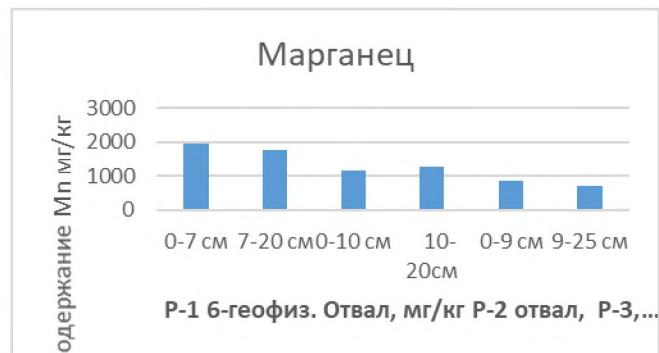


Рисунок 3.8 – Содержание Mn в отвалах и целинных почвах

Содержание хрома для валовых форм в республике установлен на уровне 3,0 мг/кг (ПДК). Валовое содержание хрома в образцах почвы изменялось от 22,34 до 57,84 мг/кг, это намного превышает ПДК (рисунок 3.9).

Железо. В республике для валового содержания Fe установлен ПДК на уровне  $7000 \div 55000$  мг/кг. Валовое содержание Fe не превышало ПДК во всех изученных почвах. Уровень накопления железа составляет от 1486 до 43804 мг/кг (рисунок 3.10).

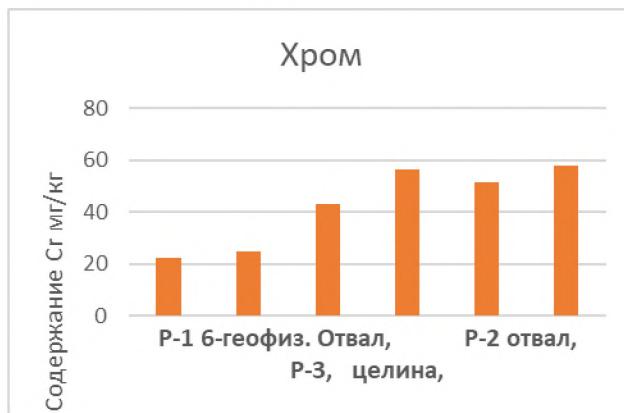


Рисунок 3.9 – Содержание Cr в отвалах и целинных почвах

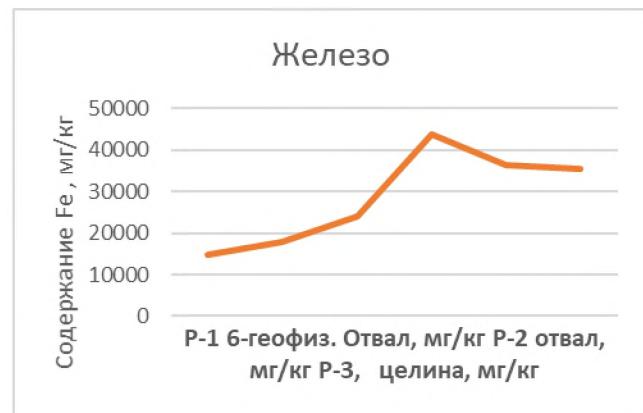


Рисунок 3.10 – Содержание Fe в отвалах и целинных почвах

Во всех отобранных образцах воды в водоемах Донского ГОКа тяжелые металлы не превышают ПДК (рисунок 3.11, 3.12).

Результаты анализа показывают, на исследуемых объектах карьера «Мирный», а также на контрольных площадках вдали от мест добычи и переработки хрома отмечено превышение ПДК по валовым формам Cr, Zn, Cd, Co, Ni, а такие ТМ, как железо, свинец и медь остаются в пределах нормы.

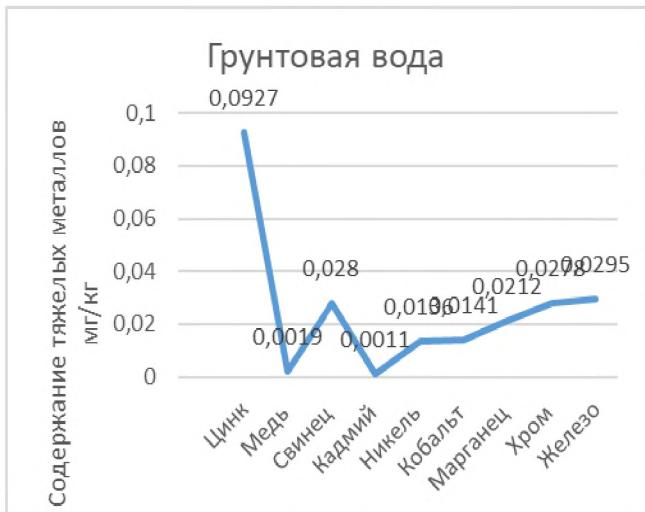


Рисунок 3.11 – Содержание тяжелых металлов в воде



Рисунок 3.12 - Отбор образцов воды

На основе анализа содержания и распределения тяжелых металлов в фоновых районах можно выявить особенности формирования регионального уровня фона тяжелых металлов и классифицировать диапазон концентраций изучаемых металлов. Исходя из этого, подвергли вариационно-статистической обработке полученные аналитические данные по содержанию тяжелых металлов в почвах объекта исследования. Как видно из полученных данных вычисленные значения  $t$ -критерия Стьюдента для всех изученных почв при 95% уровне значимости значительно больше чем  $t_{\text{таб}}$ . Анализ степеней вариабельности содержания тяжелых металлов в почвах объекта исследования показывает, что установленные среднестатистические значения содержания металлов в почвах являются статистически устойчивыми, подтверждением чему служат величины их коэффициентов вариации, которые по шкале градации соответствуют пределу от небольшой до средней [59].

Результаты статистических показателей валовых форм ТМ можно использовать с 95% вероятностью для характеристики общего экологического состояния почв массива и мониторинговых целей. При сравнительном анализе содержания ТМ на отвалах и целинных почвах местного массива Донского ГОКа видно, что в целинных почвах содержание ТМ больше, чем на отвалах (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Вариационно – статистические показатели содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах земельного отвода Донского ГОКа, мг/кг

Проба почвы	Метал.	Статистические показатели					
		n	$M \pm m$	Пределы колебания	t-критерий	Уровень надежности, $\pm t_{0,05} * m$ ,	V, %
P-1	Zn		$95,0 \pm 6,2$	$88,8 \div 101,2$	15,3	4,30	78,5
	Cu	2	$3,8 \pm 0,2$	$3,6 \div 4,1$	19,0	4,30	2,9
	Pb	2	$11,0 \pm 1,3$	$9,7 \div 12,2$	8,5	4,30	16,1
	Cd	2	$1,3 \pm 0,3$	$1,0 \div 1,6$	4,3	4,30	3,4
	Ni	2	$81,8 \pm 5,8$	$76,0 \div 87,6$	14,1	4,30	73,4
	Co	2	$9,8 \pm 0,7$	$9,1 \div 10,5$	14,0	4,30	8,6
	Mn	2	$1853,0 \pm 106,4$	$1746,6 \div 1959,4$	17,4	4,30	1352,1
	Cr	2	$23,7 \pm 1,3$	$22,3 \div 25,0$	18,2	4,30	16,9
	Fe	2	$16432,8 \pm 1570,5$	$1486,2 \div 18003,3$	10,5	4,30	19955,1
P-2	Zn	2	$151,6 \pm 8,6$	$143,0 \div 160,1$	1,8	4,30	108,9
	Cu	2	$11,9 \pm 1,6$	$10,3 \div 13,5$	7,4	4,30	20,8
	Pb	2	$15,0 \pm 0,7$	$14,3 \div 15,7$	21,4	4,30	9,3
	Cd	2	$0,9 \pm 0,1$	$0,8 \div 1,0$	9,0	4,30	1,5
	Ni	2	$667,5 \pm 347,3$	$320,1 \div 1014,8$	1,9	4,30	4413,2
	Co	2	$86,3 \pm 27,8$	$58,5 \div 114,1$	3,1	4,30	353,2
	Mn	2	$1200,1 \pm 56,7$	$1143,5 \div 1256,8$	21,2	4,30	719,9
	Cr	2	$49,7 \pm 6,6$	$43,1 \div 56,3$	7,5	4,30	83,7
	Fe	2	$33896,6 \pm 9908,3$	$23988,3 \div 43804,8$	3,4	4,30	125896,3
P-3	Zn	2	$134,5 \pm 0,9$	$133,6 \div 135,4$	149,4	4,30	11,2
	Cu	1	$18,1 \pm 0,5$	$17,7 \div 18,6$	36,2	4,30	5,8
	Pb	2	$18,6 \pm 0,1$	$18,5 \div 18,7$	186,0	4,30	1,1
	Cd	2	$0,4 \pm 0,0$	$0,4 \div 0,4$	0,0	4,30	0,2
	Ni	2	$316,6 \pm 20,5$	$296,1 \div 337,1$	15,4	4,30	260,1
	Co	2	$39,0 \pm 1,9$	$37,1 \div 40,9$	20,5	4,30	24,2
	Mn	2	$797,7 \pm 76,7$	$721,0 \div 874,4$	10,4	4,30	974,4
	Cr	2	$54,7 \pm 3,2$	$51,5 \div 57,8$	17,1	4,30	40,3
	Fe	2	$35982,5 \pm 521,5$	$35461,0 \div 36504,0$	69,0	4,30	6626,3

Приведенные закономерности подтверждают процесс антропогенного накопления тяжелых металлов в исследуемых почвах массива. Обобщая полученные данные можно заключить, что накопление изученных металлов в почве зависит главным образом от мелиоративных свойств почв.

Кадмий в изученных почвах отличается достаточно высоким превышением коэффициента Кларка (КК) земной коры: КК равняется 11,9. При этом

необходимо учесть, что этот элемент относится к классу высокотоксичных элементов. Также близкие значения к КК земной коры имеют цинк и никель.

В настоящее время при оценке опасности загрязнения почв химическими веществами, в т.ч. тяжелыми металлами их фактическое содержание сравнивают с ПДК и другими регламентирующими величинами. Это дает возможность провести оценку почв исследуемой территории в отношении экологической опасности, провести районирование по экологическому состоянию почв. В соответствии с этим проведена оценка почв месторождений Донского ГОКа по коэффициенту опасности валовых форм изученных тяжелых металлов.

Как видно из данных таблицы 3.6 наиболее экологически опасными в исследуемых почвах массива тяжелыми металлами являются Ni (4,0) – 5,8мг/кг – 4%, C(0,5) – 3,3 мг/кг – 25%, Co (5,0) – 2,2 мг/кг – 17%, Zn (70) – 1,6мг/кг – 12%, Cr (3,0) 0,6 мг/кг – 4%. По результатам исследований составлена карта экологического районирования территорий карьера «Мирный» Донского ГОКа по загрязненности ТМ (рисунок 3.13). Исходя из этого предлагается валовую форму содержания ТМ в почвах внести в список приоритетных элементов, подлежащих постоянному мониторингу.

Таблица 3.6 – Кларк концентрации тяжелых металлов в почвах Донского ГОКа, мг/кг

Тяжелые металлы	P-1		P-2		P-3	
	0-7 см	7-20 см	0-10 см	10-20 см	0-9 см	9-25 см
Цинк (70)	1,4	1,3	2,0	2,3	1,9	1,9
Медь (33)	0,1	0,1	0,4	0,3	0,5	0,6
Свинец (32)	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
Кадмий (0,5)	3,1	20,2	2,1	1,6	0,8	0,9
Никель (4,0)	21,9	19,0	80,0	253,7	84,3	74,0
Кобальт (5,0)	2,092	1,8	11,7	22,8	8,2	7,4
Марганец (1500)	1,3	1,2	0,8	0,8	0,6	0,5
Хром (3,0)	7,4	8,3	14,4	18,8	17,2	19,3
Железо (55000)	15,0	15,0	20,0	36,5	30,4	29,6

Таблица 3.7 – Коэффициенты опасности валовых форм тяжелых металлов в почвах Донского ГОКа, мг/кг

Тяжелые металлы	P-1		P-2		P-3	
	0-7 см	7-20 см	0-10 см	10-20 см	0-9 см	9-25 см
Цинк (70)	1,2	1,1	1,7	1,9	1,6	1,6
Медь (33)	0,1	0,1	0,3	0,2	0,4	0,4
Свинец (32)	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,2
Кадмий (0,5)	11,9	7,8	7,9	6,2	3,2	3,4
Никель (4,0)	1,5	1,3	5,5	17,5	5,8	5,1
Кобальт (5,0)	0,6	0,5	3,2	6,3	2,3	2,1

Продолжение таблицы 3.7

Марганец (1500)	2,0	1,7	1,1	1,3	0,9	0,7
Хром (3,0)	0,3	0,3	0,5	0,7	0,6	0,7
Железо (55000)	0,3	0,4	0,5	1,0	0,8	0,8

Таким образом мероприятия, с помощью которых снижаются отрицательные последствия распространения тяжелых металлов в окружающей среде, должны быть направлены на предупреждение загрязнения объектов окружающей среды, разработку новых приемов экологически безопасного воздействия на окружающую среду, в том числе на продукцию, потребляемую человеком и сельскохозяйственными животными. Большую роль в локализации загрязнения, создаваемого промышленными предприятиями, играют зеленые насаждения, так как они служат естественным барьером на пути рассеяния ТМ [59].

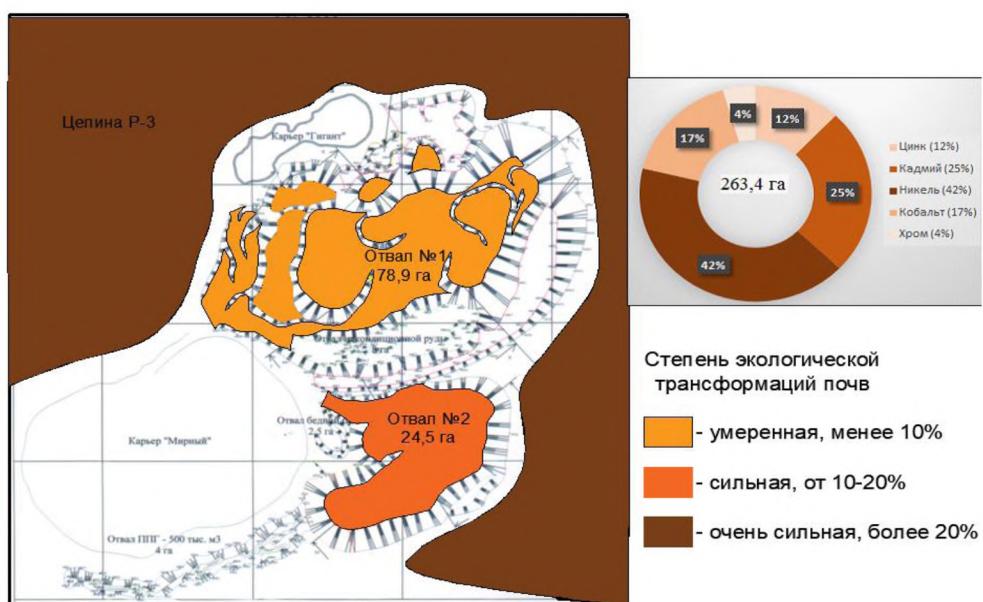


Рисунок 3.13 - Карта экологического районирования территорий карьера «Мирный» Донского ГОКа по загрязненности ТМ

### 3.3 Выбор вариантов рекультивации отвалов

Рассматриваем два варианта рекультивации отвалов:

- 1) Вариант с перемещением всего объема вскрышных пород в карьерные выемки;
- 2) Оставление отвалов на их территориях, покрытие доступной для бульдозера площади отвалов плодородным слоем почвы и ограничение доступа на территорию.

В связи с большими физическими, трудовыми и временными затратами первого варианта рекультивации, в данном исследовании рассматривается второй вариант.

Отвалы вскрышных пород месторождения классифицируются как земли, нарушенные при открытых горных работах, отвалы внешние, по форме рельефа - пластиообразные, террасированные, внешние, высокие. Данные нарушения земной поверхности подлежат рекультивации для последующего использования в качестве сенокосов, многолетних насаждений, всех видов лесонасаждений на плато и террасах, задернованных участков природоохранного назначения на откосах.

Рассматриваем технологию горно-технической рекультивации внешних отвалов по направлениям:

- природоохранное направление;
- санитарно-гигиеническое направление.

Участок покрывается почвенно-плодородным слоем и оставляется под самозаrstание, специально не благоустраивается, для использования в хозяйственных и рекреационных целях.

Общая площадь нарушенных территорий при укладке отвалов вскрышных пород месторождения «XX лет КазССР» составит 5060 тыс. м<sup>2</sup>.

### **3.4 Рекультивация внешних отвалов**

Вскрышные породы из забоя перемещаются автосамосвалами во внешний отвал вдоль борта карьера и, в дальнейшем, будут использоваться для рекультивации карьерной выемки и не должны вывозится на строительные объекты, в качестве строительного материала. Объём отвала 896,6 тыс. м<sup>3</sup>, при высоте в 6 м.

Для хранения потенциально-растительного слоя (ПРС)предусмотрен временный внешний отвал. Объём отвала 157,4 тыс. м<sup>3</sup>, при высоте в 3,5 м. В дальнейшем ПРС из временного отвала будет использован при рекультивации карьера.

Принят бульдозерный способ формирования отвалов с применением автосамосвалов типа БелАЗ-7547 и БелАЗ 75131 и на вспомогательных работах бульдозера типа CAT D9R, он же выполняет работы по поддержанию отвальных автодорог.

Отвалы намечено отсыпать в один ярус с углом откоса 25°, результирующие углы откоса отвала не превышают 16°.

Отсыпка вскрышных пород на отвале производится участками. Длина каждого участка должна равняться длине фронта непосредственной разгрузки, которая зависит от грузоподъемности самосвала и составляет для БелАЗ-75131 - 130 т и БелАЗ-75471 - 45т.

Площадка разгрузки имеет поперечный уклон, направленный от бровки откоса в глубину отвала, по всему фронту не менее 3°. Вся остальная площадь рабочей зоны отвала имеет поперечный уклон от площадки разгрузки к въезду на отвал менее 1°. Разгрузка производится автосамосвалами по всему фронту участка разгрузки с отступлением в глубину рабочей площадки, но не более чем на 10-12 м от предохранительного вала, который создается бульдозером по

всей протяженности бровки отвала при планировании разгрузочной площадки. Высота вала принимается в соответствии с требованиями «ЕГБ при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом» п.314 по расчету с учетом СНиП 2.05.07-91\* п. 5.105 и составляет 2,0 м (откосы вала имеют уклон 1:1,5). Запрещается использовать предохранительный вал в качестве упора или препятствия для остановки автосамосвалов.

При отсыпке и формировании предохранительного вала, а также планировке подъездов к нему расстояние от ножа бульдозера до бровки отвала должно быть не меньше ширины основания вала.

На разгрузочной площадке при одновременной разгрузке нескольких автосамосвалов расстояние между ними должно быть не меньше половины габарита автосамосвала и составлять для БелАЗ-75131 (130 т) – 3,5 м.

После засыпки откоса отвала через породный предохранительный вал (заработка вала) разгрузка на этом участке прекращается, и бульдозерист производит перемещение на откос отвала излишней породы с одновременным формированием на бровке отвала нового предохранительного вала.

При размещении отвала на основании, имеющем небольшой уклон, применяется технология отсыпки с опережающим созданием насыпи для разгрузки автосамосвалов, которая позволяет значительно увеличить фронт разгрузки и улучшить организацию работ на отвале.

Схема разгрузки автосамосвала на отвале показана на рисунке 3.14.

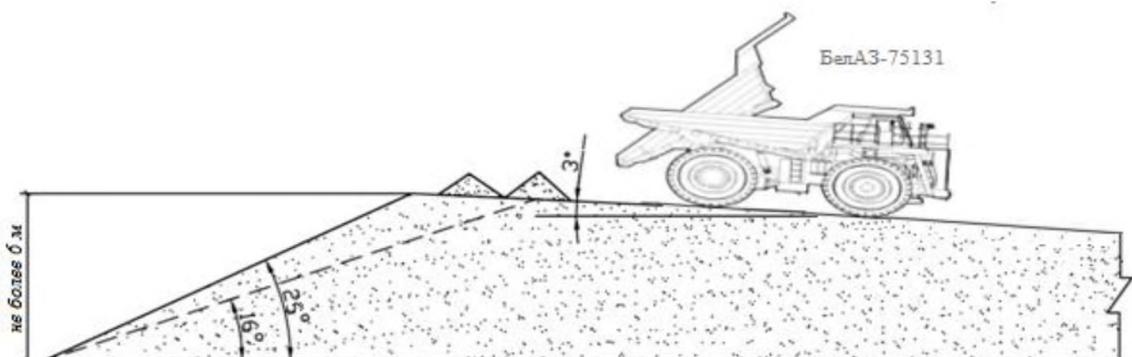


Рисунок 3.14 - Технологическая схема отсыпки внешнего отвала

При обосновании рационального комплекса оборудования в условиях Донского ГОКа целесообразно принимать вид оборудования, используемый в период эксплуатации карьера, производительность которого следует определять по разработанной методике с учетом горно-геологических условий, мощности ПСП и ГПП, расстояния перемещения пород, обеспечивающей повышение эффективности отвалообразования и рекультивации внешнего отвала.

Производительность бульдозера [47-49] при проведении работ по снятию и перемещению плодородного слоя почвы,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$$Q_6 = \frac{3600 \cdot V_{np} \cdot k_{ykl} \cdot k_{ep}}{T_u \cdot k_p}, \quad (3.1)$$

где  $V$  - объем грунта, перемещаемый бульдозером за один цикл,  $\text{м}^3$ ,

$$V = l(H - h)/2 \cdot \operatorname{tg}\varphi_0;$$

$k_{ykl}$  – коэффициент, учитывающий влияние уклона на производительность;

$$k_{ep} – \text{коэффициент использования бульдозера по времени, } k_{ep} = 0,75;$$

$$t_u – \text{время рабочего цикла бульдозера, с;}$$

$k_{ep}$  – коэффициент рыхления грунта: для песчаных грунтов –1,12, суглинистых –1,22, глинистых –1,30.

Расчёт производительности бульдозера приведен в приложении Б.

На рисунке 3.15 представлен график зависимости производительности ряда моделей бульдозеров используемые на карьере от мощности срезаемого почвенного слоя.

При эксплуатации бульдозера модели Caterpillar D9R график изменения производительности от мощности срезаемого почвенного слоя изменяются в зависимости

$$P_1 = -4845M^2 + 8372M - 389,6, \quad (3.2)$$

при эксплуатации бульдозера модели Четра Т35

$$P_2 = 1263\ln(M) + 2992, \quad (3.3)$$

при эксплуатации бульдозера модели Четра Т11

$$P_2 = -3500M^2 + 5642M - 345,7 \quad (3.4)$$

Полученными уравнениями коэффициент корреляции изменяется в пределах от 0,98 до 1.

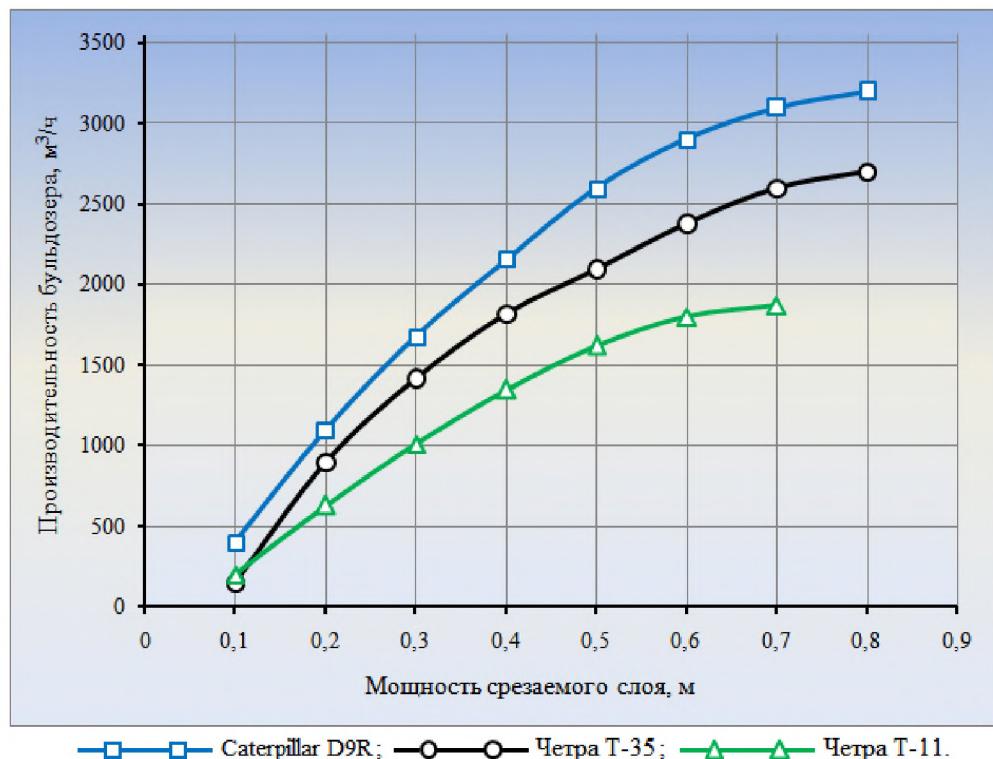


Рисунок 3.15 - График зависимости производительности бульдозера от мощности снимаемого слоя

Расчеты произведены с учетом параметров бульдозерного отвала, максимального заглубления отвала, таблица 3.8.

Таблица 3.8 - Максимальное заглубление отвала бульдозера

Наименование оборудования	CAT D9R	Четра T35	Четра T11
Максимальное заглубление отвала, см	75	70	55

Анализ данных, представленных на графике, рисунок 3.15 и таблице 3.8, показывает, что производительность бульдозера возрастает с увеличением мощности снимаемого плодородного слоя до уровня максимального заглубления отвала.

Таким образом, производительность бульдозерного оборудования, занятого на горнотехнической рекультивации, по отношению к производительности того же оборудования на основных технологических процессах, при разработке рудных месторождений, может увеличиваться в 1,5-3 раза, в зависимости от увеличения мощности плодородного слоя.

Необходимо учитывать и характеристики снимаемого ПСП и потенциально плодородных пород (ППП), в частности, мощность слоя, не превышающая 0,3 м, влияет на выбор модели бульдозерного оборудования.

Исходя из анализа данных по фактической производительности бульдозерного оборудования, использование высокопроизводительной бульдозерной техники не целесообразно при мощности ПСП и ППП менее 0,3 м. При применении на рекультивации карьерной техники, используемой в основных производственных процессах, для расчета эксплуатационной производительности необходимо вводить поправочный понижающий коэффициент селективного снятия ПСП и ППП, зависящий от мощности ПСП и ППП

$$k_{sel} = f \cdot (m_{PSP}), \quad (3.5)$$

где  $k_{sel}$  - коэффициент селективного снятия ПСП и ППП;

$m_{PSP}$  - мощность ПСП и ППП, м.

Так для работ по снятию ПСП и ППП с мощностью  $m_{PSP} > 0,2$  м (общий случай, рекомендованный для снятия и складирования в инструкциях по проведению горнотехнической рекультивации),  $k_{sel} = 1$  [50].

### 3.5 Технологическая схема селективного формирования внешних отвалов с учетом рекультивации

Проекты рекультивации нарушенных земель не предусматривают совмещение горных и рекультивационных работ в период отвалообразования с целью интенсификации формирования антропогенного ландшафта. С другой стороны недропользователи не выделяют финансовые средства на проведение научно-исследовательских работ по ускорению темпов рекультивации нарушенных земель в ходе ведения горных работ [50-54]. В результате этих обстоятельств работы по рекультивации нарушенных земель на действующих предприятиях не стали неотъемлемой частью технологических процессов открытых горных работ. Все это связано с отсутствием системного подхода к решению возникающих проблем рекультивации нарушенных земель и управления селективного формирования внешних отвалов на горнодобывающих предприятиях. Технология рекультивации нарушенных земель при открытой разработке месторождений должна обеспечивать своевременное формирование антропогенного ландшафта с учетом рекультивационных работ.

На техническом этапе рекультивации формирование внешнего отвала должно осуществляться в соответствии с требованиями последующего биологического этапа, направленного на возобновление устойчивых функционирующих высокопродуктивных биогеоценозов. Для этой цели в первую очередь следует исследовать пригодность пород нарушенных земель для рекультивации [54-58]. По результатам выполненных работ определяются объемы плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород, необходимых для селективного формирования внешнего отвала в период эксплуатации месторождения.

Обоснование выбора направления рекультивации нарушенных земель выполняется с учетом следующих факторов:

- природно-климатических, рельефа местности, почвенного покрова растительности, геологических, гидрогеологических и гидрологических особенностей;
- хозяйственных и санитарно-гигиенических условий района разработки месторождения с учетом перспективы его развития;
- технологии и комплексной механизации горных работ и срока эксплуатации месторождения;
- экономической, экологической и социальной эффективности рекультивации нарушенных земель и требований освоения природных ресурсов района [51-54].

Выбранное направление рекультивации должно обеспечивать решение задач рационального использования земельных ресурсов района, формирование гармоничного антропогенного ландшафта, отвечающего экологическим, хозяйственным, социально-экономическим и санитарно-гигиеническим требованиям.

В соответствии с направлением рекультивации обосновывается технологическая схема селективного формирования внешнего отвала с учетом последующего использования нарушенных земель в народном хозяйстве. Для выбранной технологической схемы селективного формирования внешнего отвала рассчитываются рациональные его параметры с учетом объемов складируемых вскрышных пород в отвал и его конфигурации в плане. Принятая технологическая схема отвалообразования предусматривает селективное размещение вскрышных пород в тело отвала [51, 53, 54].

С целью селективного размещения вскрышных пород в тело отвала проводится горно-геометрический анализ карьерного поля для установления объемов непригодных пород, потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы. Далее обосновывается календарный выход объемов вскрышных пород по пригодности их для рекультивации в соответствии с принятой системой разработки месторождения. Затем осуществляется увязка календарного выхода объемов вскрышных пород по их пригодности для рекультивации в соответствии с принятой технологической схемой селективного формирования внешнего отвала. При этом следует учесть то, что формы отвалов в плане могут быть различной: круглой, квадратной, прямоугольной, грушевидной и т.д. Во всех случаях для успешного решения вопросов совмещения горных и рекультивационных работ на открытых разработках следует строго увязывать селективное размещение вскрышных пород в отвале с развитием горных работ в карьере [54, 56, 57].

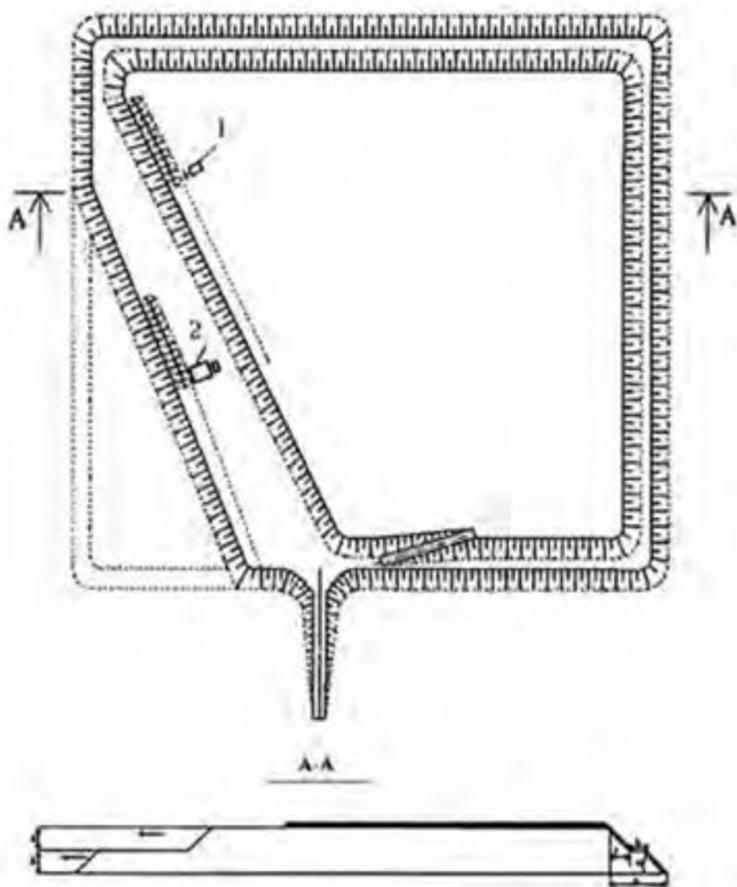
Предлагаемый технологическая схема селективного размещения вскрышных пород предусматривают отсыпку в периферийной части отвальных ярусов потенциально плодородных пород, а в тело отвала непригодных для цели рекультивации пород. Формирование всего отвала осуществляется в следующей последовательности. После отсыпки пионерной насыпи фронт

отвальных работ на первом отвальном ярусе развивается вдоль границы отвального отвала с правого или левого фланга. Периферийная часть первого отвального яруса отсыпается потенциально плодородными породами. По мере появления достаточной рабочей площадки на первом отвальном ярусе начинается отсыпка пионерной насыпи второго отвального яруса.

Фронт отвальных работ на втором отвальном ярусе также будет развиваться вдоль его контура. Откосная часть второго отвального яруса отсыпается потенциально плодородными породами. В соответствии с проектом вслед за подвиганием фронта отвальных работ на поверхность второго отвального яруса укладываются также потенциально плодородные породы. В дальнейшем производится одновременная отсыпка отвальных ярусов с некоторым опережением периферийной части отвала.

В момент окончания отсыпки отвальных ярусов их периферийные части и горизонтальная поверхность будут отсыпана пригодными для рекультивации породами, что позволит ускорить рекультивацию внешнего отвала. Селективное размещение потенциально плодородных пород по периферийной части отвальных ярусов позволяет ускорить рекультивацию внешнего двухъярусного отвала. При отвалообразовании улучшаются показатели землепользования за счет снижения интенсивности нарушения земель. В связи с селективным формированием откосной части отвальных ярусов потенциально плодородными породами предлагается исключить выполнование откосов, что позволит уменьшить горно-планировочные работы.

Предлагаемой технологической схеме селективного формирования двухъярусных внешних отвалов одновременно отсыпаются отвальные ярусы и достигают в минимальные сроки проектной высоты. В дальнейшем отвальные ярусы формируются с подвиганием фронта отсыпки справа налево или слева направо с некоторым опережением по периферии отвального отвода (рисунок 3.16). Во всех случаях подвигание фронта отвальных работ должно быть параллельным и равным с целью нормальной организации отвальных и рекультивационных работ.



1 – бульдозер, 2 – автосамосвал

Рисунок 3.16 - Технологическая схема селективного формирования внешнего двухъярусного бульдозерного отвала квадратной формы

Таким образом, селективное размещение вскрышных пород в теле отвала по пригодности их для рекультивации позволяет ускорить рекультивационные работы и уменьшить негативные последствия открытой разработки на окружающую природную среду.

### **3.6 Технологические расчеты параметров при бульдозерном отвалообразования**

При доставке породы на отвалы автомобилями применяют бульдозерные отвалы. Процесс отвалообразования включает разгрузку автосамосвалов на верхней площадке отвального уступа, перемещение пород под откос уступа, планировку поверхности отвала. Заполнение отвала осуществляется периферийным способом. Автосамосвалы разгружаются по фронту работ на расстоянии 4 метров от откоса. Затем порода бульдозерами перемещается под откос.

Определяем площадь отвала по формуле

$$S = W_n \cdot K_p / h, \text{ м}^2 \quad (3.6)$$

где  $W_n$  – объем размещаемых вскрышных пород,  $\text{м}^3$ ;

$K_p$  – коэффициент разрыхления пород в отвале,  $K_p = 1,5-2,3$ ;

$h$  – высота отвального уступа,  $h = 25\text{м}$ .

$$S = 5\ 702\ 880 \cdot 2,3/25 = 524\ 665 \text{ м}^2.$$

Для данных горно-геологических условий (угол падения залежи  $\alpha = 50-70^\circ$  и глубиной карьера до 250 м) целесообразнее всего применять внешние отвалы, располагаемые за пределами контура карьера. Для расположения отвала выбирается необводненное, равнинное место, имеющее малый уклон в одну сторону. В основании отвала находятся полускальные породы. Поверхность очищается от кустарников и мелколесья. На месте расположения отвала бульдозером снимается потенциально-плодородный слой почвы и складируется в отдельные навалы, для последующего использования на рекультивационных работах.

Достоинства бульдозерных отвалов: простота производства и организации работ; мобильность применяемого отвального оборудования; простота и небольшие сроки строительства новых отвалов; низкие капитальные затраты, эксплуатационные затраты. Недостатки бульдозерных отвалов: зависимость эффективности работ от гранулометрического состава пород и климатических условий.

### **3.7 Рекомендаций по рациональной рекультивации откосов внешних сформированных отвалов на открытых горных работах**

Развитие почвообразовательных процессов на рекультивируемой поверхности способствует постепенному преобразованию и формированию почвенного покрова, восстановлению растительного и почвенного слоя на поверхности отвала, характеризует почвенно-экологическое состояние улучшенных земель и естественное развитие процесса педогенеза [29–31]. Обоснование способа рекультивации нарушенных земель следует осуществить на основании полевых почвенных обследований, лабораторного анализа пробы почвы и конкретной съемки состояния объектов с целью получения качественного результата при определении направления восстановления техногенно нарушенной территории.

При открытой разработке месторождений направление рекультивации поверхности формируемого внешнего бульдозерного отвала зависит от способа дальнейшего использования восстановленных земель для нужд народного хозяйства. Поэтому при выборе следует стремиться к созданию благоприятных условий для восстановления устойчивой экосистемы на нарушенных территориях при максимальном сокращении их негативных последствий и

возвращении хозяйственной, экологической рекреационной значимости. Для ускорения реабилитации следует выбрать технологическую схему формирования внешнего отвала, учитывающую селективное размещение в теле отвала вскрышных пород по пригодности их для цели рекультивации. Далее на основании горно-геометрического исследования необходимо установить соответствие вскрышных пород требуемым условиям восстановления нарушенных земель. Поэтому по результатам анализа вскрыши определяются объемы непригодных пород, потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы, далее устанавливается динамика выхода их для использования при рекультивации в соответствии с принятой системой разработки месторождения.

Потенциально плодородные породы при предлагаемой технологической схеме отсыпаются на откосную и горизонтальную поверхность ( $\theta_t$  –ширина террасы) отвальных ярусов в периферийной части, а непригодные для цели рекультивации в тело отвала. При достижении проектной высоты отвала ( $H$ ) его горизонтальная поверхность также покрываются слоем потенциально плодородных пород ( $h_{пп}$ ) и плодородным слоем ( $h_{пс}$ ). Углы  $\alpha$  и  $\beta$  соответствуют углу откоса яруса и результирующему углу рекультивации откоса отвала, а  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  – высотам ярусов. Схема селективного формирования внешнего трехъярусного бульдозерного отвала круглой формы в разрезе показана на рисунке 3.17.

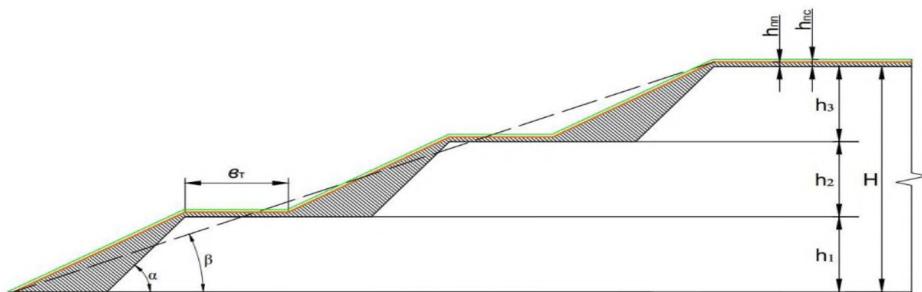


Рисунок 3.17 – Схема селективного формирования трехъярусного отвала в периферийной части

Использование рекомендуемой схемы отсыпки внешнего отвала позволяет ускорить восстановление его поверхности за счет отсыпки вскрышных пород по их пригодности для целей рекультивации. При этом высота отсыпаемых отвальных ярусов рекомендуется в среднем 3 м и их отсыпка в пределах отвального отвода предлагается осуществлять в следующей последовательности (рисунок 3.18). После отсыпки пионерной насыпи отвалообразование на первом ярусе развивается вдоль границы отвального отвода с правого и левого фланга до соединения. В дальнейшем на первом отвальном ярусе отсыпают заезд на второй ярус, с последующим формированием второго отвального яруса параллельно первому. Аналогичным образом отсыпается третий отвальной ярус с целью ускорения рекультивации внешнего бульдозерного отвала. По мере появления достаточной площади на горизонтальной поверхности периферийной части отвальных ярусов (террасах)

укладываются потенциально плодородные породы, затем при наличии наносится плодородный слой почвы.

Для рационального использования, имеющихся в контурах земельного отвода объемов плодородного слоя, а также, объемов потенциально-плодородных пород в контуре карьера, рекомендуется, используя имеющиеся современные информационные ресурсы, создавать цифровую топографическую модель будущего отвала. При этом, учитываются требования биологической рекультивации поверхности отвала и его формирование осуществляется селективно. Данная модель позволяет, с момента отсыпки первого объема горных пород в отвал до его конечного формирования, учитывать поступающие из карьера объемы потенциально плодородных и непригодных объемов и определять места отсыпки, и соответственно интенсифицировать рекультивацию нарушенных земель в процессе отвалообразования (рисунок 3.18).

Цифровая топографическая модель отвала и его разрезы построены в программах AutoCAD и Geovia Surpac. При построении отвала задавались следующие параметры: Количество ярусов 3; высота яруса 3 м; угол откоса  $37^\circ$ ; ширина бермы (террасы) 10 м; ширина дороги 6 м; уклон въезда 80 %.

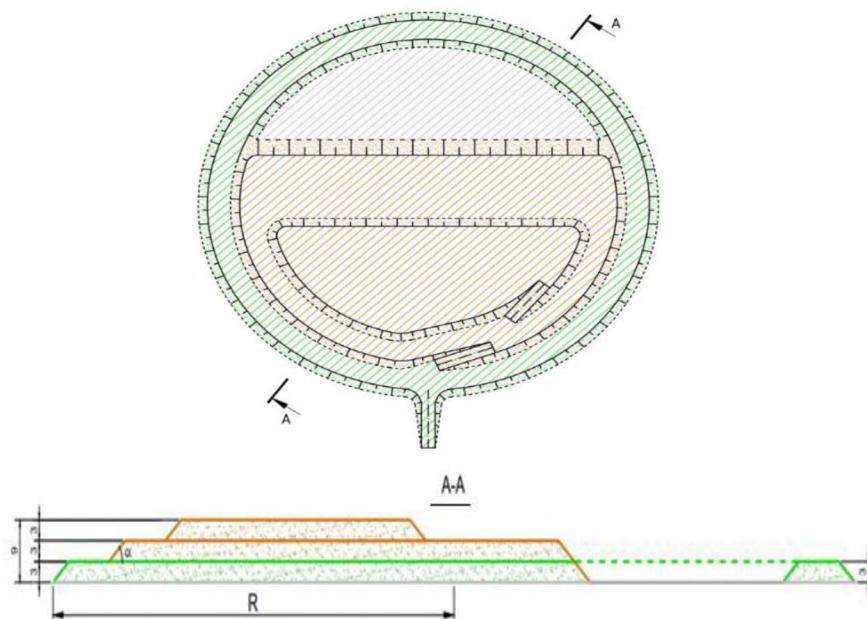


Рисунок 3.18 –Технология заполнения отвальной площади пустыми породами с учетом требований рекультивации ( $R$  – радиус отвальной площади)

При селективном формировании параметры внешнего трехъярусного бульдозерного отвала круглой формы ( $S_{kp}$ ) устанавливаются в следующей последовательности. Площадь отвала круглой формы в зависимости от объема складируемых вскрышных пород, его высоты и результирующего угла откоса отвала определяется по формуле [32]

$$S_{kp} = \pi \left( \sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - \frac{Hctg\beta}{2} \right)^2, \quad (3.7)$$

где  $V$  – объем складируемых вскрышных пород в отвал, м<sup>3</sup>;

$H$  – высота отвала, м;

$\beta$  – результирующий угол откоса отвала, градус;

$K_p$  – коэффициент разрыхления вскрышных пород.

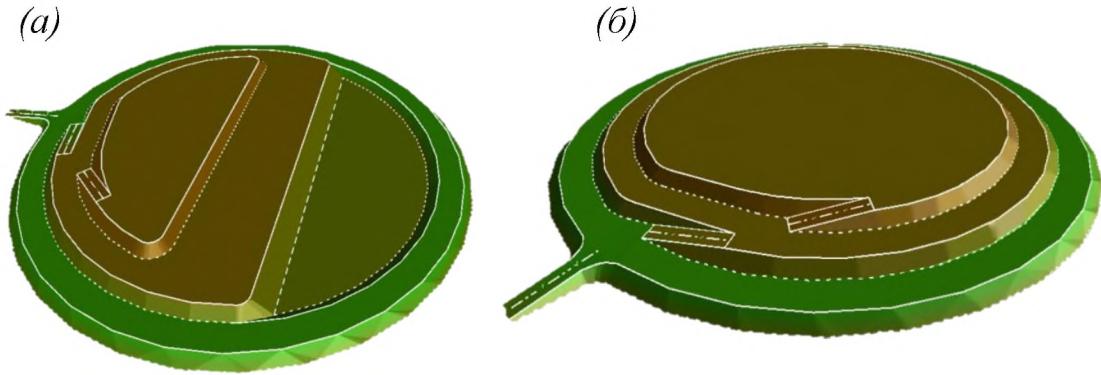


Рисунок 3.19 – Цифровая топографическая модель: отвал при его формировании (a), селективно сформированный отвал (б)

Площадь верхней горизонтальной поверхности отвала ( $S_{e,kp}$ ) определяется из выражения

$$S_{e,kp} = \pi \left( \sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - \frac{Hctg\beta}{2} \right)^2. \quad (3.8)$$

При известных линейных параметрах круглого отвала его объем находится по формуле

$$V_{kp} = \frac{\pi H (2R - HCtg\beta)^2}{4K_p} \quad (3.9)$$

Радиус отвальной площади ( $R$ ) при известных его параметрах определяется по формуле

$$R = \sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{HCtg\beta}{2}. \quad (3.10)$$

Необходимый объем потенциально плодородных пород ( $V_{kp}$ ) для рекультивации внешнего отвала круглой формы определяется по формуле

$$V_{kp} = \pi \left( \sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - \frac{Hctg\beta}{2} \right)^2 h_{ппп}, \quad (3.11)$$

где  $h_{пп}$  – мощность наносимых потенциально плодородных пород, м.

Объем плодородного слоя почвы ( $V_{kp}$ ), укладываемого на поверхность внешнего бульдозерного отвала, находится по формуле

$$V_{kp} = \pi \left( \sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - \frac{H \operatorname{ctg} \beta}{2} \right)^2 h_{пп} \quad (3.12)$$

где  $h_{пп}$  – толщина наносимого плодородного слоя почвы, м.

Вышеприведенные алгоритмы расчета служат для определения с достаточной точностью параметров отторгаемой площади под внешний бульдозерный отвал, его верхней горизонтальной поверхности, объема отвала и радиуса отвальной площади.

Разработанные рекомендации по рациональной рекультивации откосов внешних сформированных отвалов на открытых разработках обеспечивают селективное формирование внешнего бульдозерного отвала и отличаются от существующих способов отвалообразования одновременной отсыпкой отвальных ярусов для интенсификации рекультивации поверхности его отсыпанной части:

- селективное размещение вскрыши на поверхность отвала по пригодности ее для рекультивации позволяет ускорить восстановление отсыпанной части отвала в процессе его формирования и уменьшает негативные последствия открытых горных работ на окружающую природную среду;

- использование способа селективного формирования трехъярусного бульдозерного внешнего отвала позволяет интенсифицировать процесс рекультивации его поверхности в период эксплуатации месторождения открытым способом;

- в результате повышения эффективности рекультивации внешнего отвала происходит своевременный возврат нарушенных земель для нужд народного хозяйства и обеспечивается экологическая безопасность при разработке месторождений;

- озеленение нарушенных земель путем рекультивации после окончания горных работ способствует гармонизации восстановленных участков с природной средой и осуществляется необходимость экологической ориентации общества.

Использование цифровой топографической модели при рекультивации нарушенных земель позволяет представить селективность формирования внешнего отвала и интенсивность восстановительных работ. Селективная укладка вскрыши и использование рационального направления рекультивации техногенно нарушенных земель способствует оздоровлению состояния территории района разработки месторождения и успешному решению проблемы, имеющей экологические влияния на окружающую природную среду.

### **3.8 Биологический этап рекультивации отвалов вскрышных пород**

Основная цель биологической рекультивации, в основе которой лежит использование преобразовательных функций растительности, сводится к созданию на техногенных месторождениях растительного покрова, играющего значительную роль в оздоровлении окружающей среды [54-58].

Биологическая рекультивация земель включает в себя комплекс мероприятий, целью которых является улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почв. То есть, биологическая рекультивация земель является завершающей стадией комплекса рекультивационных работ.

Выполнение биологического этапа рекультивации позволяет снизить выбросы пыли в атмосферу и улучшить микроклимат района.

Закрепление пылящих поверхностей является одной из важных составных частей природоохранных мероприятий.

По возможности площадь отвалов будет покрыта почвенно-плодородным слоем мощностью 0,53 м и оставлена под самозарастание. Необходимый объем ППС будет транспортироваться со складов ППС. Параметры складов приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Информация по площадям накопления ППС

Наименование объекта	Объем, тыс.м <sup>3</sup>	Объемный вес, т/м <sup>3</sup>	Вес, тыс.т
Поисковый	844	1,6	1350,5
Южный	275	1,5	412,5
Всего	1119		1763

ППС со склада экскавируется погрузчиками в автосамосвалы и транспортируется на рекультивируемый участок, где укладывается слоем в 0,53м бульдозером. Схема укладки приведена на рисунке 3.20, участки, покрываемые ППС, показаны в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Участки, покрываемые ППС

Наименование объекта	Покрываемая площадь, тыс. м <sup>2</sup>	Толщина, м	Объем необходимого ППС, тыс. м <sup>3</sup>
Отвалы карьеров Южный и Поисковый	2128	0,53	1119
Всего	2128		1119

Перечень техники для нанесения ППС на поверхность рекультивируемых участков:

1. Бульдозер типа CAT D9R;
2. Автосамосвалы типа БелАЗ-7547 и БелАЗ 75131;
3. Экскаватор типа ЭКГ-5А.

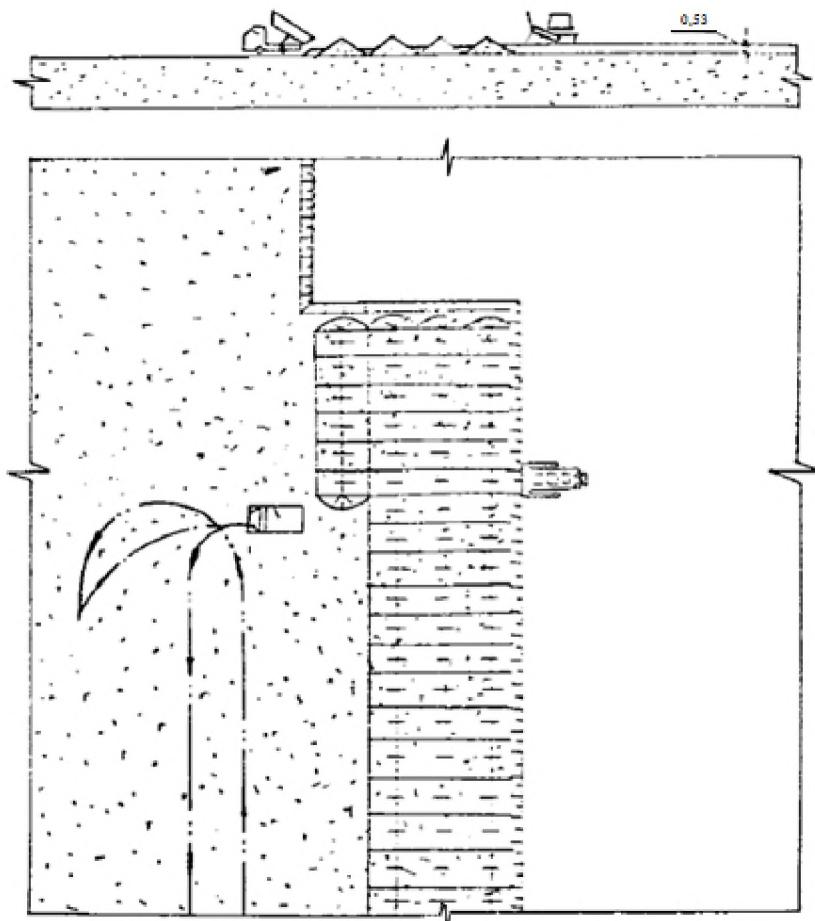


Рисунок 3.20 – Схема укладки ППС на рекультивируемой поверхности

Объемы работ по погрузке, транспортировке и планированию потенциально-плодородного слоя на поверхности рекультивируемых участков приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Объемы работ по укладке ППС

Наименование работ	Ед.изм.	Объем работ	Применяемая техника
Планировочные работы	тыс. м <sup>2</sup>	2128	Бульдозер типа CAT D9R
Погрузочные работы	тыс. м <sup>3</sup>	1119	Экскаватор типа ЭКГ-5А
Транспортирование	тыс. м <sup>3</sup>	1119	Автосамосвалы типа БелАЗ-7547 и 75131

Расчёт производительности экскаватора приведен в приложении В и принят 79 350 т/сут.

На укладке ППС будет задействовано 2 экскаватора, 4 автосамосвала и 1 бульдозер.

После выполнения биологического этапа рекультивации доступ на территорию отвалов будет ограничен путем создания породного вала на транспортных уклонах согласно схеме, приведенной на рисунке 3.21.

Параметры блокировки въездов на отвалы вскрышных пород приведены на таблице 3.12.

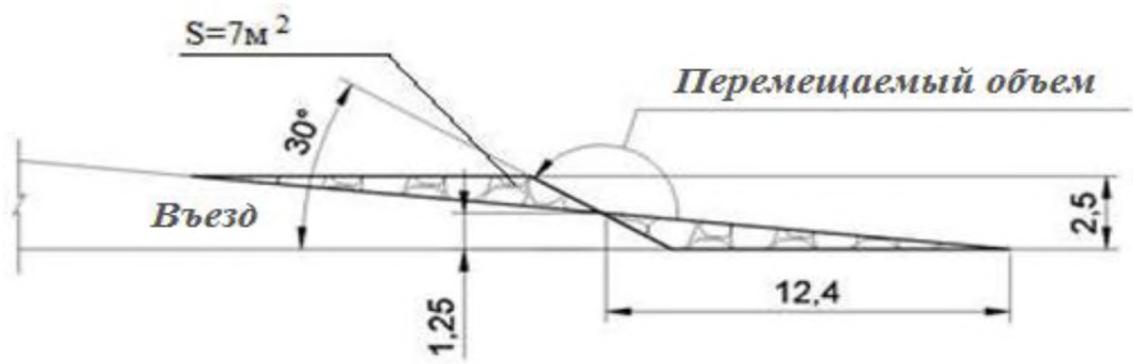


Рисунок 3.21 – Схема планировки выездов

Таблица 3.12 – Параметры блокировки въездов на отвалы вскрышных пород

Отвал	Длина обваловки, м	Расход вскрышных пород на обваловку, $\text{м}^3/\text{м}$	Объем вскрышных пород для обваловки, $\text{м}^3$
Южный	133	7	931
Поисковый			

Расчёт производительности бульдозера приведены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Расчёт производительности бульдозера на планировке въездов

Показатель	Обозначение	Единицы измерения	Значение
Продолжительность смены	$T_{\text{см}}$	ч	12
Объем призмы волочения	$V$	$\text{м}^3$	15,3
Коэффициент использования	$k_v$		0,7
Коэффициент разрыхления	$k_p$		2,3
Время цикла	$T_{\text{ц}}$	сек	57,6
Расстояние набора породы бульдозером	$L_h$	м	12,4
Расстояние на которое перемещается порода	$L_g$	м	12,4
Скорость движения при наборе породы	$v_h$	$\text{м}/\text{с}$	0,9
Скорость движения груженого бульдозера	$v_g$	$\text{м}/\text{с}$	1,1
Скорость движения порожнего бульдозера	$v_n$	$\text{м}/\text{с}$	1,1
Время переключения передач	$t_p$	сек	10
Сменная производительность бульдозера	$Q_{\text{см}}$	$\text{м.куб}/\text{смену}$	7172,4

Для планировки въездов на отвалы вскрышных пород необходим 1 бульдозер в течение 1 смены.

Показатели работы технического оборудования, задействованного на рекультивации, приведены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 - Показатели работы технического оборудования на рекультивации отвала

Наименование показателей	Единицы измерения	Значение показателей
Планировка въездов		
Объем перемещаемых грунтов при блокировке въездов	м <sup>3</sup>	931
Число рабочих смен для выполнения объемов при формировании откоса отвала	см	1
Восстановление ППС		
Объем перемещаемого ППС	тыс. м <sup>3</sup>	1119
Число рабочих смен для выполнения работ по погрузке, транспортировке и распределению ППС	см	875
Обваловка		
Общий объем вскрышных пород для обваловки карьера	м <sup>3</sup>	29257
Количество смен	см	48
Всего по рекультивации		
Количество смен для выполнения объемов работ по рекультивации отвала	см	924
Потребное количество бульдозеров	шт	1
Потребное количество экскаваторов	шт	2
Потребное количество автосамосвалов	шт	4

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В диссертационной работе изложены научно обоснованные технические и технологические решения по усовершенствованию технологии горнотехнической рекультивации внешних отвалов, обеспечивающей повышение эффективности отвалообразования и рекультивации внешнего отвала.

Основные научные и практические результаты исследований заключаются в следующем:

1) В результате анализа литературных источников в области отвалообразования и рекультивации внешнего отвала, доказана необходимость разработки и совершенствования методики селективного формирования внешних отвалов с учетом рекультивации.

2) Установлена зависимость зависимости производительности бульдозера от мощности снимаемого слоя. Доказано, что производительность бульдозера возрастает с увеличением мощности снимаемого плодородного слоя до уровня максимального заглубления отвала.

3) Приведены рекомендации по рациональной рекультивации откосов внешних сформированных отвалов на открытых горных работах. Использование цифровой топографической модели при рекультивации нарушенных земель позволяет представить селективность формирования внешнего отвала и интенсивность восстановительных работ. Селективная укладка вскрыши и использование рационального направления рекультивации техногенно нарушенных земель способствует оздоровлению состояния территории района разработки месторождения и успешному решению проблемы, имеющей экологические влияния на окружающую природную среду.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Юриш В.В. История открытия хромитовых месторождений Кемпирсайского массива // Уральский геологический журнал. - 2001 - № 3 - С. 159-165.
- 2 Савельев А.А. Офиолиты Кемпирсайского массива: основные черты структурно-вещественной эволюции /А.А. Савельев, Г.Н. Савельева //Геотектоника. - 1991 - № 6 - С. 57–75.
- 3 Справочник месторождений Казахстана [Электронный ресурс] / Официальный Интернет-ресурс правительства Республики Казахстан. – Электрон. дан. – Нур-Султан. Комитет геологии и недропользования Республики Казахстан, 2007–2019. – URL: <http://info.geology.gov.kz>.
- 4 План рекультивации последствий деятельности на месторождении рудника «Донской». Донской ГОК – филиала АО «ТНК «Казхром», Алматы, 2019, 107 с.
- 5 Чулаков П.И., Никифоров И.М. Калыбеков Т.К. и др. Рекультивация земель при открытой разработке месторождений полезных ископаемых Казахской ССР, Алма-Ата, 1983, 60 с.
- 6 ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН. ОХРАНА ПРИРОДЫ. ОТКРЫТИЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ. ЗЕМЛИ. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ. СТ РК 17.00.05-2002
- 7 Инструкции по разработке проектов рекультивации нарушенных земель, Приказ и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 17 апреля 2015 года № 346. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 3 июня 2015 года № 11256.
- 8 Горкунов В.И., Валиев К.З. Взаимосвязь рекультивационных и добывчих работ на нерудных карьерах. Комплексное использование минерального сырья. - Алма-Ата, 1980, №1, с.3-8.
- 9 Экологические основы рекультивации земель –М.: Наука, 1985. –183 с.
- 10 Половников А.В. Рекультивация и мелиорация нарушенных земель / А.В. Половников. - Пермь: изд-во Пермской ГСХА, 2016. - 51 с.
- 11 Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / под ред. И.М. Гаджиев, В.М. Курачев [и др]. –Новосибирск: Наука, 1992. –305 с.
- 12 Меньшикова Н.А. Рекультивация отвалов руд цветных металлов // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <a href="https://scienceforum.ru/2017/article/2017031244">https://scienceforum.ru/2017/article/2017031244</a> (дата обращения: 08.06.2021).
- 13 Рыбаков Ю.С. Применение геотехнологических методов для защиты водных объектов от загрязнения стоком с техногенных образований / Рыбаков Ю.С. / «Неделя горняка - 99» / 1999. С. 60-62.
- 14 [Электронный ресурс] / <http://www.wikipedia.org>.

15 Kalybekov T., Rysbekov K., Zhakupbek Y. Efficient land-cut mining. New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining, 287-291. <https://doi.org/10.1201/b19901-51>.

16 Kalybekov T., Sandibekov M.N., Rysbekov K.B. Management of land reclamation on opencast mining. Resources and resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. – Petrosani, Romania: UNIVERSITAS publishing, 2018. – 363p. pp.37-53.

17 Шиляева О.А., Панькин А.В. Рекультивация южного участка месторождения кирпичных глин для последующего использования под застройку. [elar.urfu.ru/bitstream/10995/46332/sio\\_2011\\_14\\_42.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/46332/sio_2011_14_42.pdf).

18 Ермаков А.Ю., Сенксус В.В., Потокина М.В., Сенксус Вал. В. Рекультивация открытых горных выработок с использованием твердых и бытовых промышленных отходов, необработанных и переработанных остатков сточных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 4. - С.409-414.

19 Тальгамер Б.Л., Франчук А.В., Снетков В.И. Обоснование параметров рекультивации нарушенных земель при открытом способе разработки рудных месторождений // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАН № 2 (43) 013. - С. 103-108.

20 Егоров Е.В., Ростовцев А.А., Калгин В.П. Рыбохозяйственное использование Криводановского карьера (Новосибирская область) /Рекультивация выработанного пространства: проблемы и перспективы: 1 Международная научно-практическая конференция. / - Белово: Изд-во филиала Когтя; Изд-во Новосибирского филиала «Западно-Сибирского научно-исследовательского Института водных биоресурсов и Аквакультуры»; Изд-во Вышей школы агробизнеса и развития регионов, Пловдив, Болгария, 2015. - С.35-38.

21 Гавришев С.Е., Пыталев И.А., Павлова Е.В. Способы повышения приемной емкости выработанного пространства карьеров при его использовании для размещения промышленных отходов различного класса опасности. <https://www.sworld.com.ua/konfer32/873.pdf>

22 Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Пыталев И.А. Расширение области рационального использования техногенных георесурсов //Горный информационно-аналитический бюллетень. Семинар №16. 2006. - С.252-258.

23 Гавришев С.Е., Корнилов С.Н., Мельников И.Т., Пыталев И.А. Формирование и освоение горнотехнических сооружений при открытой разработке месторождений полезных ископаемых с целью экологически безопасного размещение промышленных отходов. 2016.-С.56-66.

24 Гавришев С.Е., Пыталев И.А. Перспективные направления использования отвалов и выработанного карьерного пространства // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. №4. –С.10-14.

25 Зеньков И.В., Барадулин И.М. Инженерные решения по выбору формы щебеночных карьеров с учетом экологических целей. Science.kuzstu.ru» Events Sibresource pages64.pdf.

26 Галанина Т.В., Миронова С.Ф. Правовые аспекты решения проблемы нарушенных земель /Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия промышленных регионов России: Сб. докладов четвертой Международной научно-практической конференции / Под ред. Е.П. Волынкиной: СибГИУ. –Новокузнецк, 2012. –С.42-46

27 ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнобразия.

28 Kalybekov, T., Sandibekov M.N., Rysbekov, K.B. Management of land reclamation on opencast mining. Resources and resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. – Petrosani, Romania: UNIVERSITAS Publishing. 2018. - 363p. (pp.37-53).

29 Стратегическая программа исследований технологической платформы твердых полезных ископаемых. Москва, Санкт-Петербург.

30 Архипов А.В., Земцовская Е.В. Преимущества формирования породных отвалов с малой высотой яруса.

31 Архипов А.В., Земцовская Е.В. Выбор рациональной конструкции и высоты породных отвалов /Экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли – формирование нового мировоззрения в освоении природных ресурсов: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с участием иностранных специалистов. Апатиты. СПб.: «Реноме», 2014. –Т. 1. –С.171-177.

32 Архипов А.В., Земцовская Е.В. Возможность рекультивации породных отвалов в условиях Заполярья и влияние рекультивации на отвалообразование// Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016 № 4. –С. 110-121.

33 Забалотских В.В., Белобородов О.А. Разработка технологических подходов к рекультивации отработанных карьеров на территории Самарской Луки// «Евразийское Научное Объединение». № 2 (24). 2017.-С.53-56.

34 Забалотских В.В., Белобородов О.А. Проблемы и перспективы биологической рекультивации отработанных карьеров на территории Самарской Луки/ Сборник трудов шестого международного экологического конгресса «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT. Самара-Тольятти, Россия: Изд.во «ELPIT». 2017. Е.2. Научный симпозиум «Биотические компоненты экосистем». –С.37-45.

35 Забалотских В.В., Белобородов О.А. Разработка технологических подходов к рекультивации отработанных карьеров на территории Самарской Луки// «Евразийское Научное Объединение». № 2 (24). 2017.-С.53-56.

36 Шапарь А.Г., Скрипник О.А., Романенко В.Н., Гулямов Б.С., Дихтяр А.А. Технологии ускоренной биологической рекультивации скальных отвалов.

37 Андроханов В.А., Лавриненко А.Т. Обоснование технологии создания и формирования корнеобитаемого слоя поверхности отвалов угледобывающих предприятий КАТЭКа для биологической рекультивации.

38 Мельников Н.Н. Экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли /Экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли – формирования нового мировоззрения в освоении природных ресурсов: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с участием иностранных специалистов. Апатиты. СПб.: «Реноме», 2014.-Т.1.-С.9-26.

39 Лавриненеко А.Т., Остапова Г.А. Изучение лимитирующих факторов биологической рекультивации на отвалах гребневой формы отсыпки угледобывающих предприятий Хакасии// Уголь. №2,2018. – С. 99-101.  
<http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-12-98-101>

40 Комаров Ю.А. Обоснование технологии высотного складирования пород-отходов при разработке калийных месторождений: Автореферат дисс. На соискание уч.степени кандидата технических наук: Санкт-Петербург,2016. <https://dlib.rsl.ru/01006661267>

41 Земцовская Е.В. Горнотехническая рекультивация отвалов скальных пород на примере АО «Ковдорский ГОК». Горный информационно-аналитический бюллетень. ISSN 0236-1493. 2016. № 7. С. 384–391.

42 Алексеенко А.В., Дребенштедт К. Оценка воздействия на окружающую среду и рекультивация отвалов карьера по добыче мергеля. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки, том 42, № 3, с. 467-477

43 Архипов А.В., Решетняк С.П. Особенности рекультивации породных отвалов на территориях Севера и Заполярья России. Вестник Кольского научного центра РАН. – 2016. – № 2 (25). – С. 39–43.

44 Соколов А. А. 1968. Природные зоны Казахстана - В кн.: Агрохимическая характеристика почв СССР. М.

45 Левит С. Я., Пикалова Г.М. Современное состояние и условия рекультивации Донского горно-обогатительного комбината// Растения и промышленная среда, Сб. 7,- Свердловск, 1980. - С. 146-153.

46 Тулеубаев Ж.С. Физическая деградация почвы и пути ее снижения. Алма-Ата: Галым, 1994. С. 15

47 Бочкарева, Т.М. Технология планировочных и землеройных работ: учеб.-метод. пособие / Т.М. Бочкарева. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 132 с.

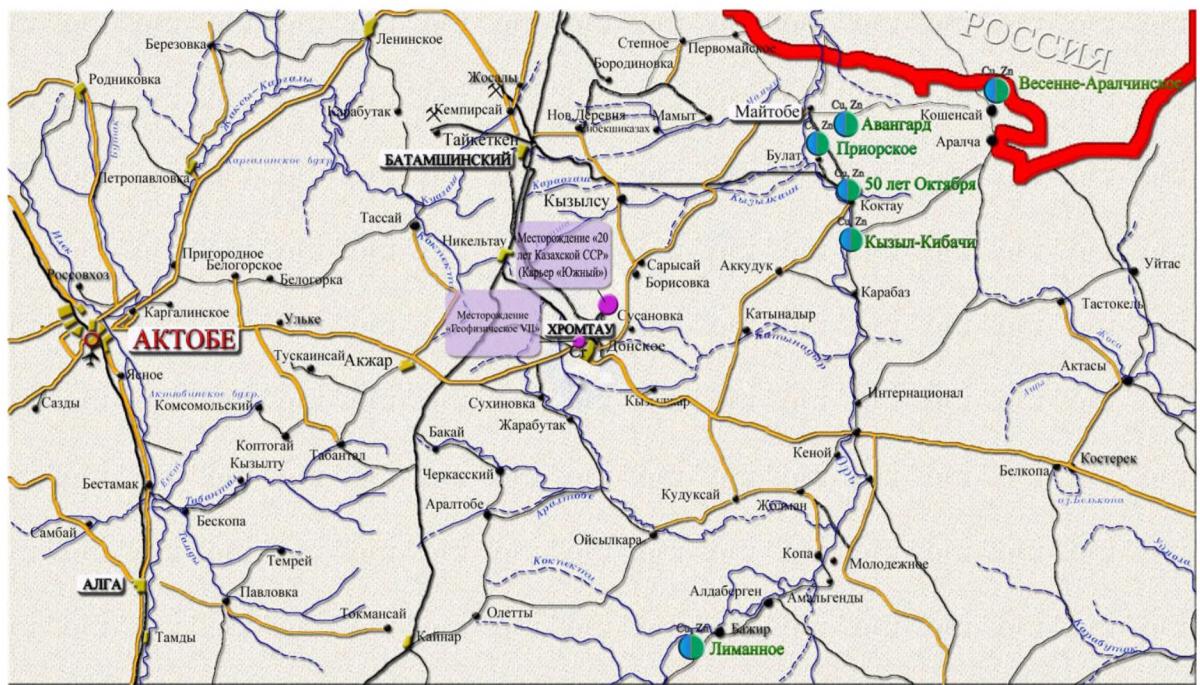
48 Dobronravov S.S., Dobronravov M.S. Construction machinery and equipment: Reference. – 2-d ed., Revised. and add. – M.: Higher. wk., 2006. – 445 p.

49 Саншибеков М.Н. Разработка технологии селективного формирования и рекультивации внешних бульдозерных отвалов: диссертация кандидата технических наук: 05.15.03. - Алма-Ата, 1985. - 176 с.

50 Инструкция по разработке проектов рекультивации нарушенных земель/ Приказ и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 17 апреля 2015 года № 346. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 3 июня 2015 года № 11256.

- 51 Чулаков П.Ч., Бегалинов А., Калыбеков Т. Интенсификация рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель. – Алматы: Гылым, 1994. – Часть 1, 2. – 272 с.
- 52 Михайлов А.М. Охрана окружающей среды при разработке месторождений открытым способом. – М.: Недра. – 184 с.
- 53 Калыбеков Т.К., Толеуов Б.Т., Рысбеков К.Б. Технологическая схема селективного формирования внешнего бульдозерного отвала //Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов (г. Курск). – 2009. – 11. – С. 84–85.
- 54 Т. Калыбеков, Ж.Д. Байгурин, К.Б. Рысбеков, Б.Т. Толеуов Разработка технологических схем селективного формирования внешних отвалов с учетом рекультивации. Москва: Журнал Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. С.78-81.
- 55 Чибрик Т. С. Основы биологической рекультивации: Учеб. пособие. - Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2002. - 172 с
- 56 Ракишев Б.Р. Технологические комплексы открытых горных работ: Учебник.–Алматы, 2015.-313с.
- 57 Калыбеков Т., Саншибеков М.Н. Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами. Вестник КазНИТУ 102 (№ 5), -С.273-279.
- 58 Ракишев Б.Р. Циклично-поточные технологии на карьерах Казахстана. Вестник КазНИТУ, Алматы, №1, -2012. С.14-20.
- 59 Отчет о НИР по теме «Совершенствование управления технического и биологического этапов рекультивации нарушенных земель на открытых горных работах. № АР05131591» 2018-2020гг.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А



## Рисунок А.1 – Обзорная карта района

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Расчёт производительности бульдозера

Эксплуатационная производительность определяется тем объемом земляного массива, который спецтехника способна разработать и переместить за единицу времени, то есть за один час. Расчет производительности бульдозера ведется по формуле

$$Q_6 = \frac{3600 \cdot V_{np} \cdot k_{ukl} \cdot k_{bp}}{T_u \cdot k_p}, \quad (3.1)$$

где  $V$  - объем грунта, перемещаемый бульдозером за один цикл,  $\text{м}^3$ ,

$$V = l(H - h)/2 \cdot \operatorname{tg}\varphi_0;$$

$k_{ukl}$  – коэффициент, учитывающий влияние уклона на производительность;

$k_{bp}$  – коэффициент использования бульдозера по времени,  $k_{bp} = 0,75$ ;

$t_u$  – время рабочего цикла бульдозера, с;

$k_{bp}$  – коэффициент рыхления грунта: для песчаных грунтов – 1,12, суглинистых – 1,22, глинистых – 1,30.

$$T_u = 3,6 \left( \frac{l_p}{V_p} + \frac{l_{nep}}{V_{nep}} + \frac{l_{x.x}}{V_{x.x}} \right) + 2(t_{nov} + t_{nep} + t_o), \quad (3.2)$$

где  $l_p$ ,  $l_{nep}$ ,  $l_{x.x}$  – соответственно, длина пути резания, перемещения и обратного хода, м;

$V_p$ ,  $V_{nep}$ ,  $V_x$  – скорость движения при резании, перемещении и обратном ходе соответственно, м/с;

$t_{nov}$ ,  $t_{nep}$ ,  $t_o$  – продолжительность одного поворота, переключения передач и опускания отвала соответственно, с,  $t_{nov} = 10 \div 20$ ,  $t_{nep} = 2 \div 5$ ,  $t_o = 2 \div 3$ .

$$T_u = 3,6 \left( \frac{7,0}{2,5} + \frac{40}{2,0} + \frac{47}{5,8} \right) + 2(20 + 5 + 2) \approx 170 \text{ с.} \quad (3.3)$$

Эксплуатационная производительность бульдозера будет равна

$$Q_6 = \frac{3600 \cdot 15,0 \cdot 0,75 \cdot 0,3}{170 \cdot 1,1} = 65 \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (3.4)$$

## ПРИЛОЖЕНИЯ В

### Расчет производительность экскаватора

Определяем производительность экскаватора типа ЭКГ-5А

$$Q_{\text{ч.ч.}} = 3600 \cdot E \cdot K_h \cdot K_3 / t_{\text{ч.н.}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3.5)$$

где  $E$  - вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ,  $E = 4,6 \div 6,3$ ;

$t_{\text{ч.н.}}$  - паспортная продолжительность цикла, с;

$K_3$  - коэффициент влияния параметров забоя,  $K_3 = 0,9$ ;

$K_h$  - коэффициент наполнения ковша ( $0,7 \div 0,95$ ).

$$Q_{\text{ч.ч.}} = 3600 \cdot 6,3 \cdot 0,9 \cdot 0,8 / 10 = 1633 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определим производительность экскаватора в смену, сутки

$$Q_{\text{ч.см.}} = Q_{\text{ч.ч.}} \cdot T_{\text{см.}} \cdot K_h, \quad (3.6)$$

где  $T_{\text{см.}}$  - продолжительность смены, ч;

$K_h$  – коэффициент использования экскаватора в течение смены, принимаем  $K_h = (0,88)$ ;

$$Q_{\text{ч.см.}} = 1633 \cdot 12 \cdot 0,88 \approx 17\,245 \text{ м}^3/\text{см.} \quad (3.7)$$

Производительность экскаватора в сутки

$$Q_{\text{ч.см.}} = 17\,245 \cdot 2 \approx 34\,500 \text{ м}^3/\text{см.}$$

или  $34\,500 \cdot 2,3 = 79\,350 \text{ т/сут.}$

Плотность породы в разрыхленном состоянии –  $2,3 \text{ т/м}^3$ .

*Технические характеристики экскаватора ЭКГ-5А*

Модель состоит из следующих составных частей: поворотной части, включающей в себя поворотную платформу с расположенными на ней механизмами, и рабочее оборудование; ходовой тележки, состоящей из нижней рамы, двух гусеничных рам с колесами и гусеничными цепями; ходового механизма, зубчатого венца, роликового круга.

Все механизмы на платформе ЭКГ-5А закрыты кузовом. Для удобства ремонта и монтажа механизмов на платформе кровля кузова имеет съемные панели. Расположение основных агрегатов и узлов машины обеспечивает свободный доступ к ним для осуществления монтажных, демонтажных и ремонтных работ. Большинство механизмов и составных частей имеют блочную конструкцию и взаимозаменяемы, что позволяет применять при ремонтах агрегатно-узловой метод.

## Продолжение приложения В

**Характеристики ковша:**

Тип устанавливаемого ковша - обратная лопата;

Наименьшая вместимость устанавливаемого ковша - 4,6 м<sup>3</sup>;

Наибольшая вместимость устанавливаемого ковша – 6,3 м<sup>3</sup>;

Максимальный радиускопания - 14500 мм;

Максимальный радиусвыгрузкиковша - 12650 мм;

Максимальная высота копания - 10300 мм;

Максимальный радиускопания на уровне грунта - 9040 мм;

Максимальная высота выгрузкиковша - 6700 мм;

Полная масса стандартного ковша - 9935 кг;

Полная длина стандартного ковша - 2450 мм;

Полнаяширина стандартного ковша - 2190 мм;

Полная высота стандартного ковша - 2560 мм.

Параметры	Значение
Эксплуатационная масса, т	196
Вместимость ковша основного, м <sup>3</sup>	5,2
Вместимость ковшей сменных, м <sup>3</sup>	3,2; 4,6; 6,3; 7
Радиус черпания, м	14,5
Высота черпания, м	10,3
Просвет под поворотной платформой, м	1,85
Мощность, кВт	250

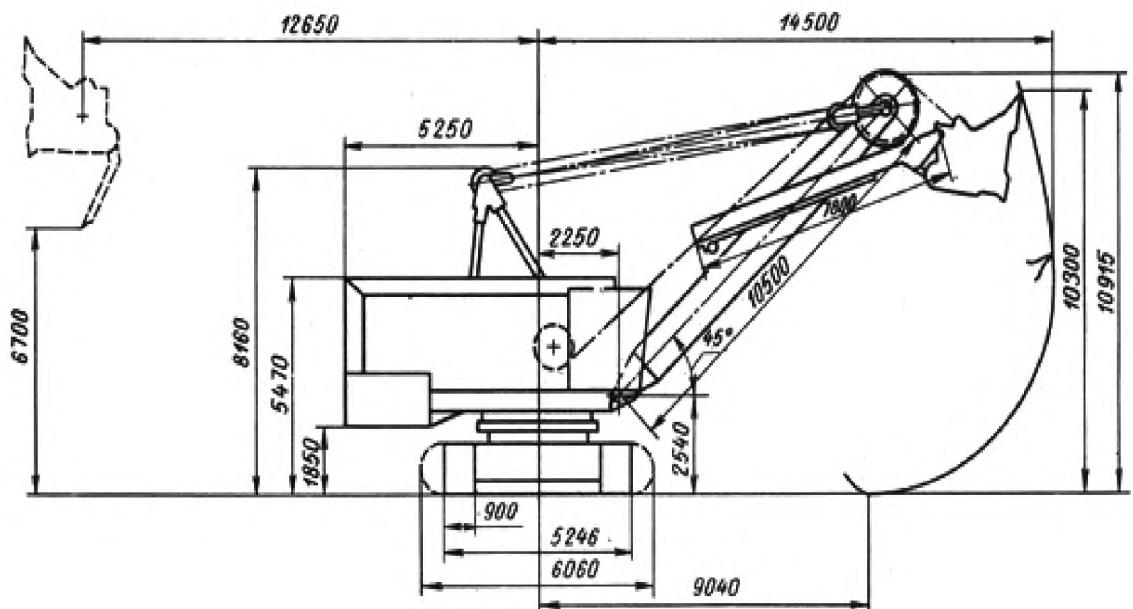


Рис.2 Схема рабочих размеров экскаватора

Рисунок В1 - Схема рабочих размеров экскаватора