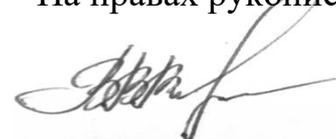


**Министерство науки и высшего образования
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»**

На правах рукописи



ЯКШИНА ВИКТОРИЯ ВЛАДИМИРОВНА

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ С
ФОРМИРОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОЙ ЕМКОСТИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ
ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ РУД**

Специальности

25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

**Научный руководитель
профессор, доктор технических наук
Иван Алексеевич Пыталев**

Магнитогорск 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1.1 Состояние и перспективы открытых горных работ с учетом использования вскрышных пород для формирования накопителей хвостов обогащения.....	9
1.2 Анализ опыта использования выработанного пространства карьеров и целенаправленно сформированных емкостей для размещения хвостов обогащения	22
1.3 Этапы функционирования горно-обогатительных комплексов и параметры карьеров с учетом возможности формирования техногенных емкостей для складирования хвостов обогащения.....	30
1.4 Анализ состояния научно-методической базы определения параметров открытых горных работ при совмещении строительной и открытой геотехнологии	38
1.5 Цель, задачи и методы исследования	42
Выводы по главе 1	44
2 РАЗВИТИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ УЧАСТКА НЕДР ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЕМКостей В ПЕРИОД РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ	46
2.1 Систематизация факторов влияющих на возможность использования выработанного пространства карьеров при складировании хвостов обогащения	46
2.2 Обоснование комплексного освоения участка недр и способов повышения эффективности и экологической безопасности техногенной емкости	58
2.3 Систематизация факторов определяющих условия использования вскрышных пород для формирования техногенной емкости	85
2.4 Разработка методики определения параметров горнотехнической системы для размещения хвостов в техногенной емкости при одновременном ведении добычных работ, формировании и эксплуатации техногенных емкостей.....	91
Выводы по главе 2	96
3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМ В КАЧЕСТВЕ ТЕХНОГЕННОЙ ЕМКости.....	97
3.1 Исследование расширения функционала процессов открытых горных работ при комплексном освоении участка недр.....	97
3.2 Влияние режима горных работ и схем вскрытия на формирование и эксплуатацию техногенных емкостей.....	103
3.3 Исследование изменения затрат на совместное ведение открытых горных работ и формирование техногенной емкости	114
3.4 Алгоритм выбора параметров открытых горных работ при одновременной добычи твердых полезных ископаемых и формировании техногенной емкости.....	125

Выводы по главе 3	129
4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ТЕХНОГЕННОЙ ЕМКОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИХ ВНЕДРЕНИЯ.....	131
4.1 Экономическое обоснование эффективности формирования приемных емкостей для складирования хвостов обогащения.....	131
4.2 Расчет экономической эффективности внедрения рекомендаций на месторождениях Восточно-Семеновской группы	138
Выводы по главе 4	152
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	153
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	155
Приложение	168

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

В результате функционирования горнодобывающих предприятий и постоянного роста спроса на минеральное сырье, а также снижения качества полезных ископаемых при постоянном усложнении горно-геологических, горнотехнических условий открытых горных работ в горнодобывающих регионах страны сформированы значительные техногенные образования в виде отвалов вскрышных пород и хвостохранилищ. Ежегодно в стране прирост объемов отходов в результате добычи и переработки полезных ископаемых превышает 7 млрд. т. В связи с этим особо актуальным становится вопрос поиска технических решений, позволяющих на ограниченной территории размещать максимальные объемы пород вскрыши и хвостов обогащения горнодобывающих предприятий.

В практике горнодобывающих предприятий имеется положительный опыт использования выработанного пространства для размещения хвостов обогащения руд и строительства, ограждающих дамбы из вскрышных пород, однако данные решения носят единичный характер. Однако формирование пионерных и ограждающих дамб с использованием вскрышных пород осуществляется не на весь период функционирования обогатительной фабрики, а лишь с использованием попутной вскрыши, объем которой установлен режимом горных работ исходя только из подготовленных запасов к выемке. При этом складирование отходов обогащения в выработанном пространстве карьера реализуется исключительно после полной отработки всех запасов. Отсутствие научно-методических рекомендаций и геотехнологических решений по рациональному использованию вскрышных пород для формирования техногенных объектов в процессе ведения добычных работ сдерживает целенаправленное формирование техногенной емкости для размещения хвостов в выработанном пространстве карьера и на дневной поверхности.

В связи с этим решение вопроса одновременной добычи полезных ископаемых и размещения отходов горнодобывающего предприятия в пределах осваиваемого участка недр Земли в условиях наметившегося дефицита земельных ре-

сурсов позволит обеспечить повышение экологической безопасности и эффективности складирования хвостов обогащения.

Поэтому обоснование параметров открытой геотехнологии с формированием техногенной емкости для размещения хвостов обогащения руд при согласовании производительности карьера по горной массе и производственной мощности обогатительной фабрики является актуальной научно-практической задачей.

Цель работы:

Разработка методики обоснования параметров открытой геотехнологии и условий размещения хвостов обогащения руд в техногенные емкости, формируемые и эксплуатируемые в ходе развития горных работ для повышения полноты и комплексности освоения участка недр.

Идея работы: Регулирование режима горных работ по требуемому объему вскрышных пород для формирования техногенной емкости достигается последовательной выемкой и складированием строительных и изоляционных материалов, с учетом их физико-механических характеристик.

Объект исследования: горнотехническая система открытой геотехнологии, предусматривающая размещение хвостов обогащения руд в техногенной емкости, формируемой в ходе развития открытых горных работ.

Предмет исследования: параметры открытой геотехнологии, обеспечивающей согласование режима горных работ с объемами пород, используемых при формировании техногенной емкости для размещения хвостов обогащения руд.

Основные задачи исследования:

- анализ состояния и опыта ведения открытых горных работ с использованием выработанных пространств карьеров и пород вскрыши, с целью формирования емкостей для размещения отходов производства;
- систематизация факторов, определяющих условия размещения хвостов обогащения руд в выработанном пространстве карьера;
- разработка способов формирования и обоснование параметров ограждающей дамбы техногенной емкости;
- обоснование способов создания инженерной системы защиты техноген-

ной емкости для обеспечения экологической безопасности;

- корректировка параметров открытых горных работ при формировании и эксплуатации техногенной емкости для размещения хвостов обогащения руд;

- экономическое обоснование целесообразности формирования техногенной емкости для размещения хвостов обогащения; технико-экономическая оценка предлагаемых технологических решений.

Методы исследования: анализ и научное обобщение положительного опыта освоения месторождений при открытом способе разработки с формированием техногенных емкостей для складирования хвостов обогащения; математическое, каркасное и имитационное моделирование технологических процессов; метод определения физико-механических свойств рыхлых и скальных пород вскрыши; технико-экономический анализ.

Научные положения, представленные к защите:

1. Повышение полноты и комплексности освоения участка недр при открытой разработке месторождений обеспечивается формированием техногенной емкости заданной конструкции, инженерной системы защиты для размещения хвостов обогащения руд, достигается регулированием режима горных работ на основе учета необходимых объемов вскрышных пород, с требуемыми физико-механическими характеристиками, используемых в ходе ведения горных работ для строительства ограждающей дамбы.

2. Разделение вскрышных пород по требуемым физико-механическим характеристикам позволяет использовать их в качестве строительных и изоляционных материалов при формировании ограждающей дамбы и является условием регулирования режима горных работ, в соответствии с разработанной динамической моделью управления объемами горной массы, в зависимости от дальности транспортирования, типа применяемого подвижного состава и пространственного положения рыхлых и скальных пород в теле дамбы и карьерном поле.

3. Повышение вместимости техногенной емкости обеспечивается увеличением угла ее внутреннего откоса до 89° и достигается использованием габионных конструкций при высоте ограждающей дамбы до 25 м, а уменьшение угла внешнего откоса дамбы до установленной величины, согласно выбранному направле-

нию рекультивации, позволяет проводить рекультивацию земель в процессе ведения горных работ.

Научную новизну работы составляют:

1. Систематизация техногенных емкостей для размещения хвостов обогащения по расположению относительно земной поверхности, способу возведения и увязки технологических процессов горных работ, использование которой позволяет выбрать тип, конструкцию, параметры и систему инженерной защиты ограждающих дамб.

2. Методика обоснования параметров открытой геотехнологии с формированием техногенной емкости для размещения хвостов обогащения руд, определяющая конструкцию ограждающей дамбы, необходимые объемы строительного и изоляционного материалов, а также физико-механические характеристики и пространственное положение рыхлых и скальных пород в теле дамбы и карьерном поле.

Достоверность результатов обеспечивается: надежностью и представительным объемом исходных данных; использованием современных программных средств при разработке и проведении компьютерного моделирования; подтверждается: согласованностью данных, полученных различными методами исследования, между собой и с данными практики; положительными результатами применения научно-методических положений диссертации в промышленных условиях.

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследования; систематизации техногенных емкостей; обосновании способов и условий выбора конструкций инженерной системы защиты ограждающей дамбы техногенной емкости; создании алгоритма формирования техногенной емкости горнотехнической системы при комплексном освоении участка недр; разработке методики определения параметров формируемой техногенной емкости с заданными технологическими характеристиками; моделировании горнотехнической системы.

Практическая ценность работы заключается в разработанных технологических схемах габионных конструкций при строительстве ограждающих дамб, применение которых, позволяет увеличить вместимость техногенной емкости; в

определении рациональных параметров открытой геотехнологии с формированием техногенной емкости, для снижения площади нарушенных земель; рекомендациях по применению схем вскрытия и созданию технологических площадок в пределах контура основания ограждающей дамбы для селективного складирования рыхлых и скальных пород при формировании и эксплуатации техногенной емкости в период ведения горных работ.

Научное и практическое значение работы подтверждено ее выполнением при поддержке гранта Президента РФ МД-3602.2021.1.5.

Эффективность разработанных технологий подтверждена актом внедрения результатов диссертационного исследования на ООО «Семеновский рудник», с указанием экономического эффекта.

Реализация рекомендаций:

Результаты и научно-практические рекомендации диссертации использованы в проектах разработки месторождений Челябинской и Оренбургской областей; при разработке основных технических решений Куранахского рудного поля; при выполнении исследования в рамках гранта Президента РФ МД-3602.2021.1.5 «Обоснование параметров карьеров и отвалов формируемых в качестве техногенных емкостей»; при разработке патента на изобретение «Способ совмещения работ по добыче полезных ископаемых и восстановлению земель при разработке крутопадающих месторождений» регистрационный номер № 2719894 РФ. Материалы диссертации использованы в научно-методическом процессе по дисциплинам: «Комплексное освоение недр», «Комплексная оценка технологических решений» специальности 21.05.04.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: XXIX Международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (г.- Москва, 2021 г.); X, XI Международной конференции «Комбинированная геотехнология» (г. Магнитогорск, 2019, 2021 гг); II, III Всероссийской научно-практической конференции «Золото. Полиметаллы. XXI век» (г. Челябинск, 2020, 2022 гг.).

1 ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД И ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА КАРЬЕРОВ ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ ОТХОДОВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

1.1 Состояние и перспективы открытых горных работ с учетом использования вскрышных пород для формирования накопителей хвостов обогащения

Основой развития экономики России является освоение одной из богатейшей в мире минерально-сырьевой базы. Что является результатом совокупности мероприятий, направленных на разведку, оценку и освоение ресурсов полезных ископаемых [40]. Функционирование горнодобывающей отрасли является одним из основных источников финансовых поступлений в государственные бюджеты разных уровней, что определяет необходимость повышения ее эффективности.

Согласно данным государственного доклада [25] по состоянию на 01.01.2020 г. балансовые запасы России по основным рудам, требующих обогащения с суммарным годовым объемом переработки более 0,5 млрд. т составляют:

Железные руды. Балансовые запасы категорий А+В+С₁+С₂, достигают почти 113 млрд. т. В нераспределенном фонде остаются 142 месторождения, в основном среднего и мелкого масштаба, расположенные в районах со слаборазвитой инфраструктурой. Значительная часть запасов – 53 % принадлежит 75 крупным месторождениям, 38 из которых находятся на стадии разработки, а 37 подготавливаются к освоению. Динамика развития добычи железных руд представлена на рисунке 1.1.

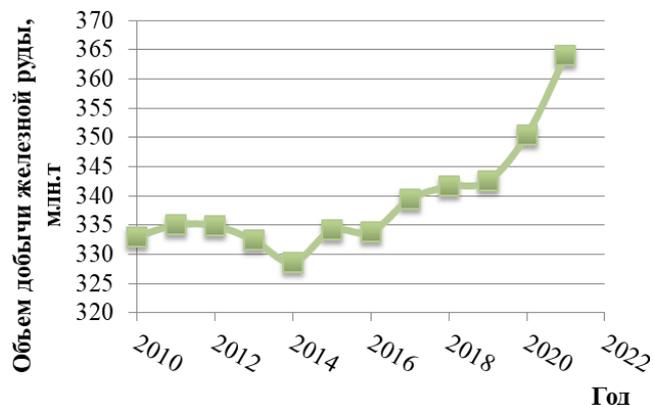


Рисунок 1.1 – Динамика добычи железной руды в 2010-2021 гг

Медные руды. Запасы меди, составляют 99,1 млн. т и сосредоточены в 43 корен-

ных месторождениях (36 существенно медных, 7 комплексных медьсодержащих, а также 3 техногенных объекта), в том числе 12 только с забалансовыми запасами. В распределенном фонде недр сосредоточенно 94% запасов меди категорий А+В+С₁+С₂, из которых 36,3% вовлечены в разработку, остальные являются осваиваемыми и разрабатываемыми объектами. Динамика развития добычи медных руд представлена на рисунке 1.2а.

Цинк. Сегодня 152 коренных месторождения цинка, практически все они являются комплексными. Балансовые запасы категорий А+В+С₁+С₂ составляют 59 412 тыс. т. Освоенность российской сырьевой базы цинка средняя — в нераспределенном фонде недр находится 46% российских запасов. Руды разрабатываемых месторождений составляют всего 17% отечественных запасов цинка. Запасы подготавливаемых месторождений вдвое превышают запасы разрабатываемых. Динамика роста добычи цинковых руд представлена на рисунке 1.2а.

Золото. На государственном балансе страны числятся запасы полезных ископаемых 5895 месторождений золота, из которых 564 коренных (391 собственно золоторудные и 173 комплексные) и 5331 россыпные. По категориям А+В+С₁+С₂ балансовые запасы составляют 14 648 т. В распределенном фонде недр по состоянию на 01.01.2021 г. учтено 277 собственно золоторудных месторождений, 119 комплексных и 2 820 россыпных объектов. Динамика добычи золота, представлена на рисунке 1.2б.

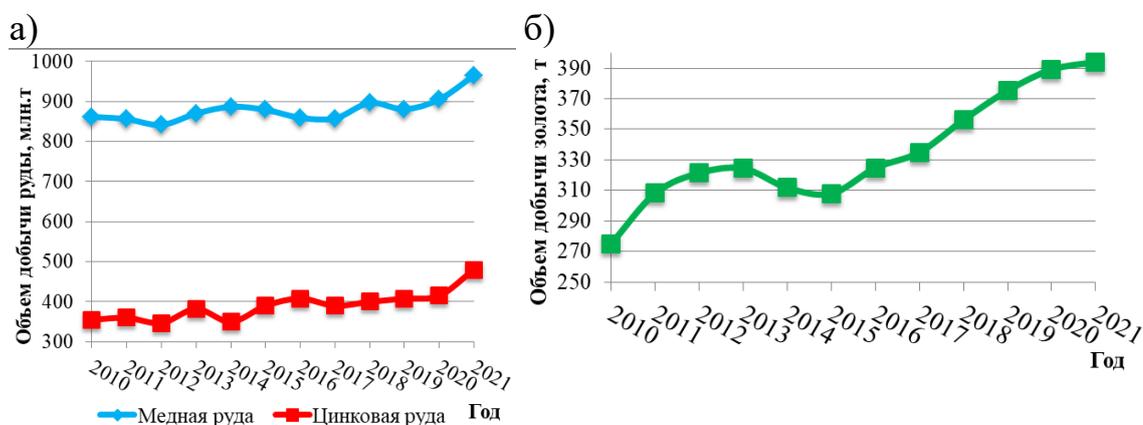


Рисунок 1.2 – Динамика добычи руд полезных ископаемых в 2010-2021гг

а) медной и цинковой руд; б) золота

Рост добычи золота за последние 11 лет увеличился на 61%.

На государственном балансе учтено несколько десятков видов рудных и нерудных твердых полезных ископаемых, однако их годовой объем добычи и переработки не сопоставим с указанными рудами и в работе не рассмотрены.

Разработка открытым способом месторождений полезных ископаемых является основным направлением развития горно-перерабатывающей отрасли промышленности России, которым добывается более 80% железной руды, 70% руд цветных металлов, и до 100% неметаллических полезных ископаемых и строительных материалов.

Мировой спрос на минерально-сырьевые ресурсы за последние несколько десятков лет возросло с 7 до 280 млрд. т. в год. Это приводит к тому, что сегодня для удовлетворения потребностей промышленности в сырье, происходит истощение минеральных ресурсов за счет отработки балансовых запасов месторождений, расположенных в регионах с развитой инфраструктурой, а также высоким содержанием в руде полезных компонентов [117]. Таким образом, для повышения эффективности работы горных предприятий возникает задача поиска технологий вовлечения в разработку месторождений с низким содержанием полезных компонентов, в том числе в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Открытие месторождений с высоким содержанием полезных компонентов, не обеспечивает среднее содержание в разрабатываемых запасах, что приводит к его снижению. Анализ минерально-сырьевой базы показал, что за последние несколько десятков лет среднее содержание полезного компонента в рудах снизилось следующим образом: железо – с 35 до 13%; медь — с 2,1 до 0,3%; цинк — с 10,5 до 0,55%; золото – с 15,4 до 0,25г/т; свинец — с 2,7 до 0,6%; олово — с 1,2 до 0,33%. Содержание меди на Урале снизилось в 20 раз. Данная обстановка характерна как для условий отработки месторождений на территории стран постсоветского пространства, так и за рубежом [97].

Следует отметить, что постоянный рост потребности в минеральном сырье при снижении его природного качества, приводит к увеличению объемов добычи и переработки на обогатительных фабриках соответствующих руд.

В работе ученых [4, 97, 98] отмечается тенденция истощения балансовых запасов наиболее доступных месторождений богатых и легкообогатимых полезных ископаемых. Кроме того, вследствие распада СССР большая часть богатых раз-

данных месторождений осталась за пределами России. Экспертами прогнозируется, что в обозримом будущем выемка руд черных и цветных металлов будет осуществляться при отработке глубоких горизонтов на действующих предприятиях с вовлечением в разработку маломасштабных сближенных месторождений относительно бедных и труднообогатимых руд, таких как Куранахское рудное поле, Восточно-Семеновская группа месторождений, Качканарское, Уткинское и др.

В соответствии с конъюнктурой рынка и изменением цены на Лондонской бирже металлов, а также с появлением доступных по экономическим показателям технологий обогащения упорных руд, перспективным становится вовлечение в разработку запасов твердых полезных ископаемых, отработка которых ранее считалась нерентабельной. Динамика среднегодовых цен на Лондонской бирже, представлена на рисунке 1.3.

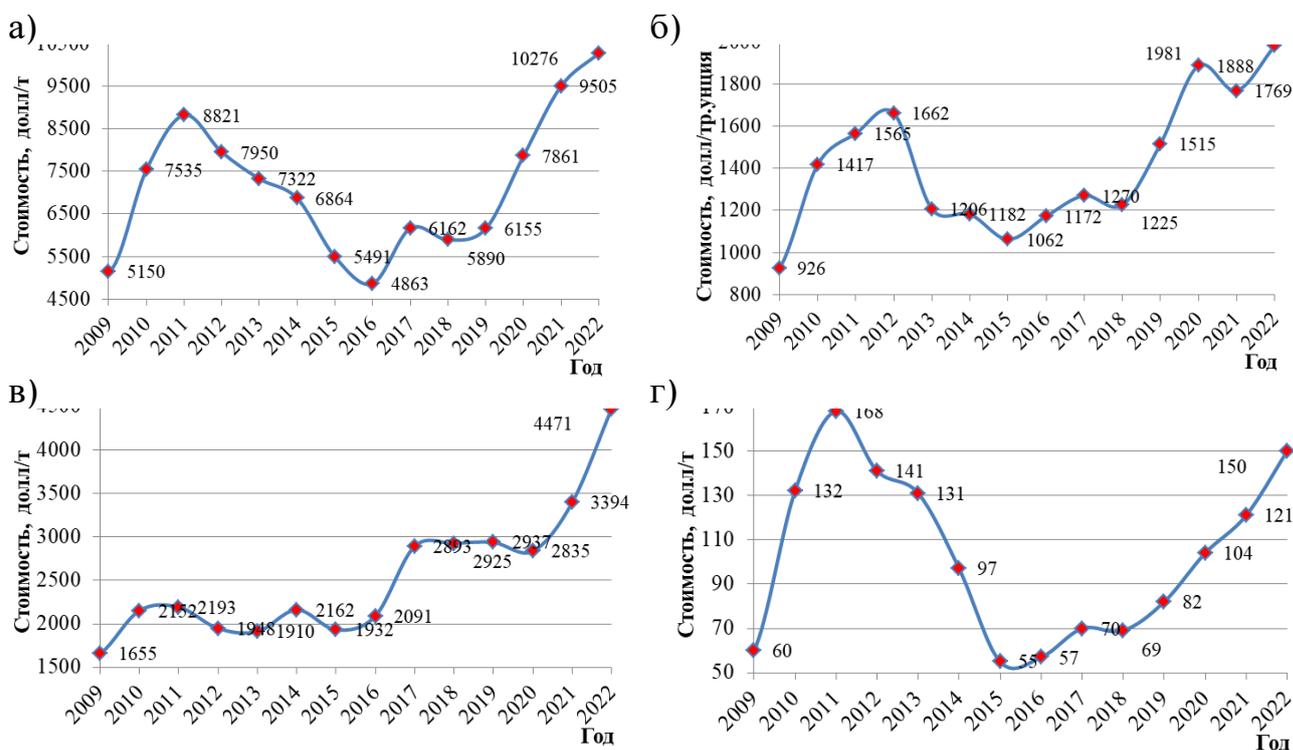


Рисунок 1.3 – Динамика среднегодовых биржевых цен на Лондонской бирже металлов в 2009–2022 гг.:

- а) рафинированная медь сорта «А», долл./т; б) золото, долл./тр.унция;
- в) рафинированный цинк сорта Special High Grade, долл./т;
- г) железорудный концентрат 62%, долл./т.

Анализ ранее выполненных научных исследований, перспектив и состояния открытых горных работ, позволил выявить следующее: наблюдается общемировая тенденция снижения природного качества полезного ископаемого и бортового содержания полезного компонента; увеличение коэффициента вскрыши и требований

потребителей к готовой продукции горно-перерабатывающего комплекса; ужесточение экологических и социальных требований на фоне роста объемов образования отходов и площадей, отчуждаемых земель. На практике обеспечение требуемых объемов готовой продукции горно-перерабатывающих комплексов достигается путем модернизации производства и увеличения производительности обогатительных фабрик и карьеров.

Использование на карьерах высокоэффективного выемочного, транспортного и вспомогательного оборудования, а также современных технологий в области ведения добычных работ и обогащения полезных ископаемых позволило осуществить переход к такому этапу развития горнодобывающих предприятий, на котором стало возможно вовлечение в разработку мелких и средних по запасам месторождений, в том числе за счет извлечения максимального количества компонентов. Это в свою очередь, неизбежно ведет к росту объемов добычи и продуктов переработки полезных ископаемых, и как следствие, увеличению площадей земель, нарушенных горными работами, которые заняты не только под карьеры, но и под размещение пород вскрыши и хвостов обогащения.

В результате производственной деятельности промышленных предприятий горно-обогатительного и металлургического комплекса неизбежно образуются отходы, которые складываются на специальных площадках и на существующем уровне развития техники и технологий рассматриваются как техногенные образования [47, 49, 51, 84, 127].

Согласно данным Минприроды по состоянию на 2021 г. доля отходов горной промышленности России, в частности отходы добычи и работы обогатительных фабрик составляет 94,2% от общего количества отходов [25, 103]. Динамика образования отходов при добыче полезных ископаемых за 2010-2021гг, представлена на рисунке 1.4.

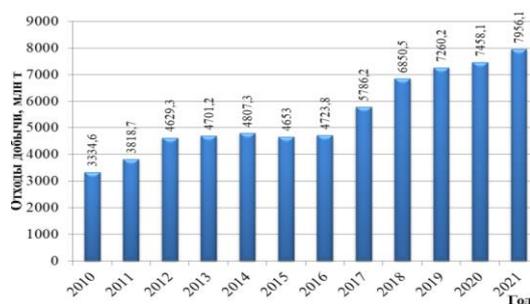


Рисунок 1.4 – Динамика образования отходов при добыче полезных ископаемых 2010-2021гг

В стране годовой объем образующихся отходов свыше 7,0 млрд. т., которые представлены в основном вскрышными, вмещающими породами и продуктами обогащения минерального сырья. Следует отметить, что за последние десять лет количество ежегодно образующихся отходов увеличилось на 94,5%. По данным Росприроднадзора, количество утилизированных отходов производства и потребления в 2021 г. составило 3 805,169 млн т., или 52,4% общего количества образованных отходов. Количество утилизированных отходов по всем видам экономической деятельности в 2021 г, представлено на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Утилизированные отходы по видам экономической деятельности, МЛН. Т

В промышленных регионах России в результате деятельности горно-перерабатываемых комплексов образовано значительное количество техногенных объектов, таких как выработанные пространства карьеров, склады некондиционных руд, отвалы пород вскрыши, шлаков и хвостов обогатительных фабрик. В Уральском регионе с целью размещения промышленных отходов (ПО) различных классов опасности, отчуждено более 20 тыс. га земель различного целевого назначения. В регионе размещение отходов горно-перерабатывающего производства осуществляется непрерывно, при этом ежегодно утилизируется не более 23% от объема их образования [10, 92]. Динамика образования, использования, обезвреживания и размещения отходов горных производств Урала за период 2010-2019 гг., представлена на рисунке 1.6.

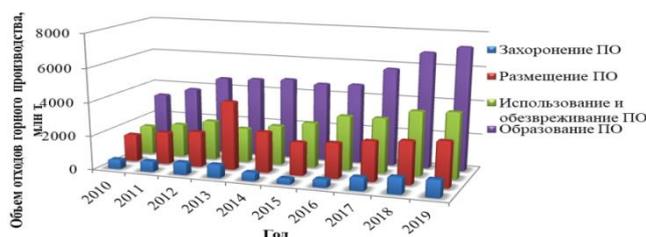


Рисунок 1.6 – Динамика образования, использования, обезвреживания и размещения отходов горного производства, МЛН. Т

Одной из основных причин образования отходов горных производств является то, что на этапе проектирования и ведения горных работ на сегодняшний день до 95% от общего объема вынимаемой горной массы, размещается в виде отходов в отвалах, рудных складах и других хранилищах техногенного сырья [8, 46, 73, 97]. Согласно статистике, только для получения 1 тонны медной руды необходимо переработать около 100 тонн горной массы, из которой 99 тонн складываются на земной поверхности в отвалы вскрыши и хвостохранилища.

Следует констатировать, что отдельные предприятия с целью снижения себестоимости продукции решают вопрос размещения отходов, образующихся при добыче полезных ископаемых, за счет их утилизации при реализации мероприятий по засыпке карьерных выемок на этапе ликвидации, консервации, за счет выполнения работ по рекультивации земель, нарушенных при ведении горных работ [112, 135, 136, 148]. Данные направления реализуются в полном соответствии принципам освоения георесурсов заложенных в работах академика М. И. Агошкова, который в 1982 году предложил их классификацию и определил основные направления перспективного использования[4]. В работах последователей были предложены способы формирования и использования техногенных георесурсов. Данная классификация была расширена техногенными минеральными ресурсами, теплом недр Земли и полостями в недрах природного и техногенного возникновения [30,45, 86, 100].

Проведенный анализ опыта использования сформированного техногенного георесурса [15, 46, 76, 86,100, 104, 105] при добыче полезных ископаемых позволяет говорить о том, что, по сути, осуществляется использование 6-ой группы данной классификации. Однако вопреки современному уровню развития технологии на горно-перерабатывающих предприятиях степень использования техногенных георесурсов следует, оценивать как крайне низкое. Отсутствие повсеместной реализации подхода целенаправленного формирования техногенного георесурса и последующее их использование, сдерживает широкое применение пород вскрыши в качестве сырья для различных отраслей промышленности, в том числе для строительства сооружений, хранилищ, в частности в виде техногенных емкостей для

размещения текущих хвостов обогатительных фабрик, что не позволяет обеспечить комплексность освоения участка недр Земли [4, 80, 93]. В промышленно развитых регионах страны, наиболее востребованными в краткосрочной перспективе являются, согласно классификации академика М. И. Агошкова, техногенные емкости, предназначенные для складирования промышленных отходов, текущих хвостов обогащения и продуктов их переработки.

На сегодняшний день объекты размещения отходов (техногенные емкости), согласно ФЗ «Об отходах производства и потребления», в классическом представлении – это специализированные оборудованные сооружения, используемые для централизованного обезвреживания и захоронения отходов предприятий (полигон, шламохранилище, в том числе шламовый амбар, хвостохранилище, отвал пород вскрыши и другое).

Современные тенденции в области обращения с отходами в горной промышленности направлены на полное и комплексное освоение месторождений полезных ископаемых, при котором целенаправленно подготовленное выработанное пространство карьеров и дифференцирование по физико-механическим и прочностным характеристикам пород вскрыши позволяют формировать и использовать техногенные георесурсы на этапе ведения добычных работ [100].

Перспективные направления развития открытых горных работ с учетом формирования техногенных георесурсов базируются на отечественной и зарубежной практике, где апробированы способы складирования промышленных отходов различных классов опасности и продуктов их переработки. Данные технические решения реализованы на ряде горно-перерабатывающих предприятий в зависимости от морфометрических характеристик рельефа, горнотехнических условий разработки месторождений и направлений рекультивации нарушенных земель, которые в том числе стремятся обеспечить минимальную себестоимость размещения, утилизации хвостов обогатительных фабрик и их продуктов переработки. Применяемые конструкции при размещении хвостов обогащения, представлены на рисунке 1.7.

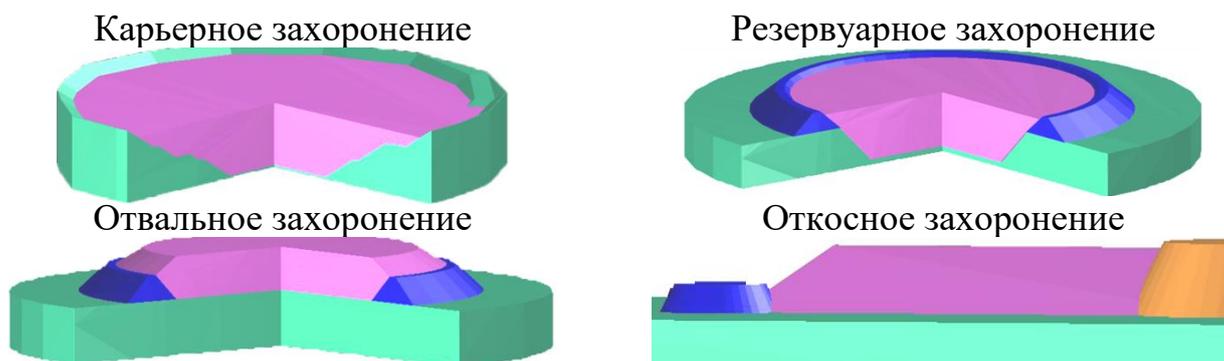


Рисунок 1.17 – Виды конструкции, используемые для размещения отходов

Представленные способы на сегодняшний день реализуются в качестве самостоятельных решений при обращении с хвостами обогащения и продуктами их переработки, однако горнодобывающие предприятия на современном этапе развития способны формировать непосредственно на этапе ведения добычных работ техногенные емкости с более высокими потребительскими характеристиками и низкой себестоимостью. Это особо актуально на фоне снижения содержания полезных компонентов в руде и увеличения производительности горно-обогатительных комбинатов, в частности при размещении хвостов обогащения [14].

Потенциальными объектами и материалом для создания техногенных емкостей в процессе ведения добычных работ являются выработанные пространства карьеров, хвостохранилища и породы вскрыши, которые в настоящее время целенаправленно не используются для размещения текущих хвостов обогатительных фабрик и продуктов их переработки.

Выработанное пространство карьеров. В результате деятельности предприятий Уральского региона за последние 20 лет объем выработанного пространства увеличился в 3 раза. При этом на этапе проектирования данных карьеров не предусматривалось использование их выработанных пространств, в каких-либо целях, в том числе в качестве техногенной емкости. Динамика роста объема выработанных пространств карьеров, представлена на рисунке 1.8.

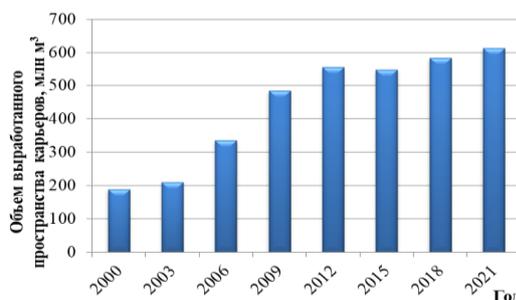


Рисунок 1.8 – Рост объема выработанных пространств карьеров Урала за период 2000-2021гг

Однако на практике с целью снижения себестоимости ведения открытых горных работ отдельные предприятия при постановке одного из бортов карьера в предельное положение имеется положительный опыт организации внутреннего отвалообразования.

При складировании пород вскрыши в выработанном пространстве карьера основным преимуществом, является то, что исключается отвод площадей нарушенных земель под новые внешние отвалы, а также обеспечивается возможность восстановления рельефа, нарушенного открытыми горными работами, за счет их возвращения в хозяйственное и рекреационное использование при уменьшении или полном предотвращении загрязнения окружающей природной среды [13, 80, 119, 120]. Складирование отходов и пород вскрыши в отработанное карьерное пространство является альтернативным с точки зрения сокращения площади нарушенных земель и обеспечения высокой экономической эффективности открытых горных работ, в том числе с учетом затрат на рекультивацию [3, 16, 26, 44, 75].

Согласно данным, представленным в работах [78, 86, 97], площадь нарушенных земель в результате добычи полезных ископаемых увеличилось за 10 лет в среднем на 11% и составило в среднем 10,1 тыс. га. Ежегодный прирост объемов пород вскрыши складироваемых в отвал за тот же период работы горнодобывающих предприятий составляет 1%, что в абсолютных величинах составляет 1,2 тыс. м³.

Таким образом, целенаправленное формирование техногенных георесурсов с целью их последующего использования, позволит значительно повысить экономическую эффективность функционирования горнодобывающего предприятия и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Хвостохранилища. Общая тенденция снижения содержания полезного ископаемого в добываемом и перерабатываемом сырье вынуждает горнообогатительные комбинаты внедрять высокоэффективные технологии глубокого обогащения при увеличении объемов переработки, с целью обеспечения заданного объема концентрата, что неизбежно приводит к увеличению объемов хвостов, укладываемых в хвостохранилища.

В качестве примера следует отметить, что ввод в эксплуатацию уникально-

го для горной отрасли России медно-порфирового месторождения с содержанием полезного компонента 0,4 % явился индикатором новой эпохи развития горно-перерабатывающей промышленности страны. В 2013 г был запущен Михеевский ГОК с годовым объемом добычи и переработки 18 млн. т. В настоящее время завершено строительство второго блока обогатительной фабрики, позволяющего увеличить производительность фабрики в 2 раза. Кроме того, в 2013 году ЗАО «РМК» приступила к проектированию и финансированию реализации освоения Томинского медно-порфирового месторождения с производительностью комбината 45 млн т/год. Для размещения объектов хвостового хозяйства требуется площадь около 1 000 гектар [72, 94, 147].

Следует отметить, что с момента развала СССР не было введено в эксплуатацию ни одного крупного хвостохранилища, в первую очередь по экономическим причинам. По данным Ростехнадзора до 2013 г на территории России не было запущено в эксплуатацию наземного хранилища отходов обогащения полезная емкость которого более 50 млн. м³. В настоящее время эксплуатируются более 300 емкостей для складирования хвостов горно-перерабатывающей промышленности и при этом из них около 60% находятся в аварийном состоянии или заполнены до проектных отметок [26]. Таким образом, на ближайшую перспективу ставится перед горнодобывающими предприятиями задача поиска территорий земель для строительства или реконструкции хвостохранилищ. Объем хвостохранилищ Урала за последние 20 лет, представлен на рисунке 1.9.

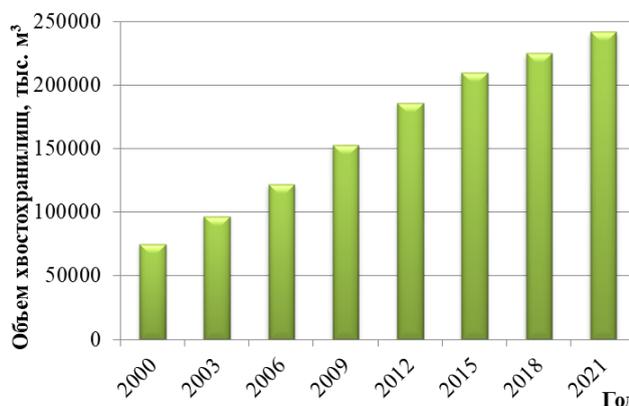


Рисунок 1.9 – Объем хвостохранилищ Урала за период 2000-2021гг

В рамках диссертации хвостохранилище рассматривается в качестве техно-

генной емкости. Для строительства хвостохранилища предусматривается использование материалов, для получения которых, как правило, необходима разработка специальных карьеров, что, в свою очередь, негативно сказывается на рациональном использовании недр, а также на экологических факторах и показателях экономической эффективности горнодобывающих предприятий. При строительстве техногенной емкости для складирования хвостов обогащения необходимо обеспечить:

- формирование инженерной системы защиты, предусматривающей технические и технологические процессы по складированию отходов, таких как гидроизоляция, постоянный контроль за состоянием гидротехнического сооружения и вмещающего массива горных пород, а также природными и техногенными воздействиями на них и т.д.;
- обеспечение устойчивости откосов от оползания и оплывания под действием выклинивающихся на откосе фильтрационных вод [1];
- использование материалов пород вскрыши для создания ограждающих дамб, технологических дорог, водоотводных канав и т.д.;
- отчуждение безрудных территорий, отведенной под строительство техногенной емкости.

Использование выработанных пространств карьеров и размещение в хвостохранилищах продуктов обогащения требует соблюдения экологических требований, которые направлены на реализацию мероприятий по обеспечению предотвращения воздействия техногенных емкостей на окружающую среду. В частности ее компонентов: воздушного бассейна (противодействие пылению хвостов); гидросферы (за счет сброса сточных вод), почвы (борьба с подтоплением водами, фильтрующимися из пруда хвостохранилища), в том числе при восстановлении нарушенных земель в период рекультивации в соответствии с выбранными направлениями.

Основными направлениями рекультивации нарушенных земель горными работами являются: лесохозяйственное, водохозяйственное, сельскохозяйственное, природоохранное и санитарно-гигиеническое, рекреационное и строительное. Рекультивация нарушенных земель в большинстве субъектов Российской Федера-

ции производится на землях, нарушенных относительно недавно. Мероприятия по восстановлению земель, нарушенных особенно в период СССР, как правило, не выполнялись, по причине технологической сложности осуществления работ, особенно в условиях крутопадающих месторождений, а также в связи с отсутствием юридических лиц, несущих ответственность за выполнение работ по рекультивации этих земель. В связи с чем местные администрации совместно с другими заинтересованными организациями проводят натурное обследование данных земельных участков с целью их списания и перевода в другие категории хозяйственного назначения [27, 100, 149]. В условиях углубочной системы разработки крутопадающих месторождений осуществить параллельную рекультивацию невозможно по причине того, что необходимо осуществить полную отработку балансовых запасов полезных ископаемых. Это свидетельствует о том, что существующий подход к ведению горных работ и рекультивации нарушенных земель не позволяет осуществлять восстановительные работы до момента полной отработки запасов. При этом на этапе окончания ведения добычных работ большинство предприятий финансово не в состоянии обеспечить восстановление земель, что обуславливается низким процентом рекультивации земель.

Таким образом, для удовлетворения потребности рынка минерально-сырьевых ресурсов горно-перерабатывающие предприятия вынуждены увеличивать объем добычи и переработки полезных ископаемых, что влечет к неизбежному увеличению отходов производства и продуктов их переработки, которые необходимо размещать на специализированных площадках – объектах размещения отходов (техногенные емкости). На фоне снижения природного качества минерального сырья, усложнения горно-геологических условий неизбежно увеличение образования отходов. Это, в свою очередь, требует дополнительного увеличения площади земель, изымаемых под строительство объектов их размещения.

Реализуемые в настоящее время подходы повышения эффективности горно-перерабатывающих комплексов, включающие управление техническим и социальным потенциалом, практически исчерпаны. С целью дальнейшего развития горнодобывающей отрасли необходимо изменение подхода, предусматривающего ком-

плексное освоение участка недр, который включает добычу и переработку минерального сырья, а также размещение отходов обогатительных фабрик в целенаправленно созданные на стадии ведения горных работ техногенные емкости. Формирование техногенных емкостей на базе отработанной карьерной выемки и внешних отвалов с использованием пород вскрыши в качестве строительных материалов необходимо для создания техногенного геоландшафта в рамках горнотехнических систем комплексного освоения участка недр [54]. Эффективность комплексного освоения участка недр обеспечивается одновременной добычей балансовых запасов полезных ископаемых и созданием техногенных емкостей для дальнейшего размещения в них хвостов обогащения, что является важной научно-практической задачей и имеет существенный народнохозяйственный и экологический эффект. Поэтому для изучения вопроса размещения хвостов обогатительного производства с использованием техногенных георесурсов необходимо провести анализ опыта использования выработанного пространства карьеров и целенаправленно сформированных сооружений в качестве техногенных емкостей.

1.2 Анализ опыта использования выработанного пространства карьеров и целенаправленно сформированных емкостей для размещения хвостов обогащения

На сегодняшний день многие как отечественных, так и зарубежных горнодобывающие предприятия на разных стадиях своего функционирования предусматривают возможность эксплуатации выработанного пространства карьера. До недавнего времени широкое распространение получило использование выработанного пространства карьера лишь в качестве емкости для создания внутренних отвалов. Однако использование отработанных карьерных выемок для размещения хвостов обогащения является актуальным и приоритетным направлением развития комплексного освоения участка недр, позволяющем не только повысить эффективность функционирования горно-перерабатывающих комплексов, но и уменьшить площади земель занимаемые отходами, снизить экологические выплаты предприятий [18, 34, 43], а также улучшить экологическую обстановку в регионе в целом.

В практике функционирования горно-перерабатывающих предприятий имеется опыт размещения хвостов обогащения руд в естественных и специаль-

но сформированных техногенных емкостях. Высокогорский горно-обогатительный комбинат может служить ярким примером. За период функционирования Высокогорский ГОК использовал в качестве техногенных накопителей 8 карьеров: Каменский, Черемшанский, Главный, Северо-Лебяжинский известковый и др. [19, 20, 21, 36].

Эксплуатация при складировании хвостов Черемшанской карьерной выемки, находившейся на расстоянии 2 км от зоны ведения подземных горных работ, не вызвало технологических затруднений. Заполнение хвостами обогащения Северо-Лебяжинского известкового карьера, несмотря на то, что его южная граница находится в 250 – 300 м к северу от зоны обрушения Лебяжинского рудника не вызывало трудности.

В 1968 году карьер Каменский был реконструирован под хвостохранилище, и оно функционировало до 1975 года. Складирование хвостов было приостановлено после осветление воды в хвостохранилище с формированием водоема глубиной до 3 м. В 1978 г. уровень воды снизился до отметки +90 м, и до 1986 года хвостохранилище было законсервировано. Хвосты, размещенные в Каменском карьере, содержали до 20-30 % примесей пылевато-глинистого материала, который выполнял функцию изолирующего экрана [20]. В 1986 г. начато повторное заполнение с отсыпкой ограждающей дамбы на подработанном борту. В настоящее время прудок используется для осветления вод из водоотливной системы шахты «Магнетитовая» перед их сбросом в Нижне-Выйское водохранилище.

Заполнение выемки Главного карьера хвостами мокрого обогащения началось в 1995 г. Однако в ходе размещения хвостов Высокогорским ГОКом в качестве инженерной системы защиты был создан один межслоевой экран на отметке –50 м, что являлось отступлением от проектных решений [20]. В августе 1999 г., когда зеркало воды находилось на отметке 27,91 м, произошел размыв сифона в карстовой полости в южном борту карьера, не перекрытой межслоевым экраном. Это привело к увеличению потерь воды с 1700-1750 до 2340 м³/ч с одновременным падением уровня воды в карьере. В 2000 году уровень воды стабилизировался, и был выдан прогноз, что подъем уровня воды выше +36 ÷ +38 м может привести к резкому увеличению потерь воды. Однако такой же прорыв произошел в 2002 г. В обоих случаях залповый прорыв воды в действующие горные

выработки был предотвращен за счет строительства глухих железобетонных перемычек. В ноябре 2009 г. в результате повторного невыполнения основных проектных решений, а именно отказ от создания противодиффузионного экрана, в шахту произошел прорыв пульпы и ее затопление. В феврале 2010 г. шахта была восстановлена и запущена, однако после прихода паводка повторно затоплена.

Разработка комбинированным способом месторождения твердых полезных ископаемых вносит ряд ограничений при дальнейшем использовании отработанного карьерного пространства в качестве техногенной емкости для размещения отходов производств. Для исключения возможного залпового прорыва хвостов обогащения в подземные горные выработки необходимо обеспечить проведение требуемых мероприятий по обезвоживанию выработанного пространства карьера. Экономически выгодным является способ обезвоживания путем сгущения текущих хвостов обогащения [76]. В качестве примера использования выработанного пространства карьера для размещения продуктов переработки текущих хвостов обогатительной фабрики является Учалинский горно-обогатительный комбинат, где обосновано техническое решение по складированию сгущенных хвостов в рамках выполнения мероприятий по горнотехнической рекультивации выработанного пространства Учалинского карьера [50, 113, 114]. Материалом для рекультивации являются хвосты обогатительной фабрики.

В результате разработки проектных решений с учетом условий ведения подземных горных работ был разработан календарный план складирования сгущенных хвостов в выработанное пространство карьера «Учалинский». Объем размещаемых хвостов составляет 137,35 млн. м³, объем выработанного пространства карьера позволит эксплуатировать данную техногенную емкость около 33,5 лет. Угол растекания хвостов обогащения составит 8 град. Положение уложенных сгущенных хвостов в течение первых 24 лет представлено на продольном разрезе рисунок 1.10.

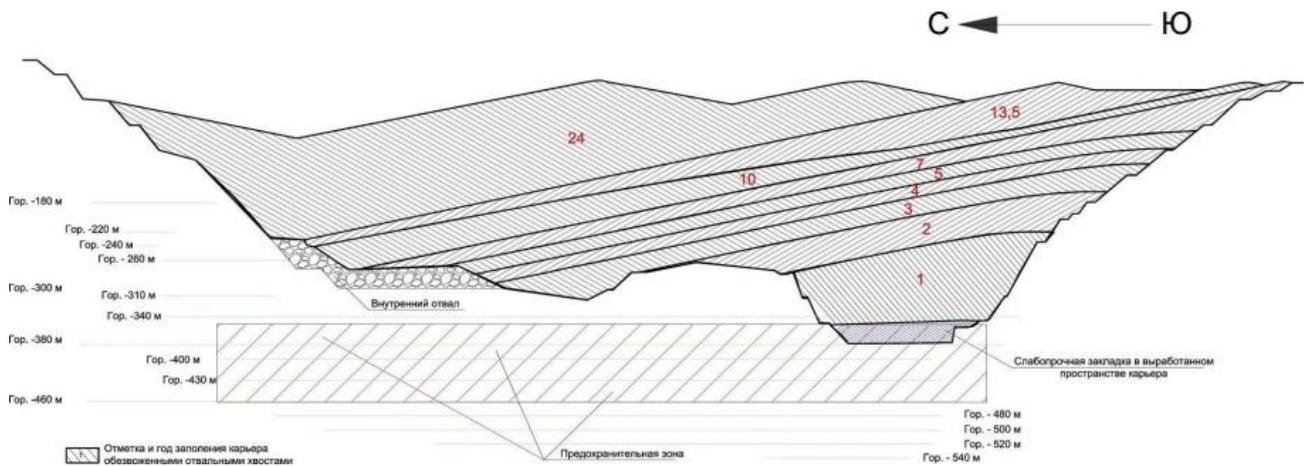


Рисунок 1.10 – Карьер «Учалинский» с контурами поверхности сгущенных хвостов по годам их складирования

Значительный опыт использования отработанных карьерных выемок для размещения хвостов обогатительных фабрик имеет Гайский горно-обогатительный комбинат.

В 2005 году на Гайском руднике был осуществлен сброс продуктов обогатительной фабрики в выработанное пространство карьера №2 в целях последующей рекультивацией его нарушенных земель.

С 2009 года обогатительной фабрикой Гайского рудника перерабатывается 5632 тыс. т руды. В результате обогащения руды получено 452,9 тыс. т медного концентрата, 12,23 тыс. тонн цинкового концентрата и 5191 тыс. т отходов обогатительного производства, которые размещены в карьере № 2. В настоящее время ведутся работы по увеличению производственной мощности до 9 млн. т руды в год, что свидетельствует об увеличении объемов хвостов и дальнейшем их размещении с учетом сложности поиска свободных площадей земель. Руководством предприятия были рассмотрены альтернативные варианты размещения хвостов ГОКа. Первый вариант заключается в увеличении приемной емкости карьера №2 путем формирования ограждающей дамбы по периметру его выработанного пространства карьера. Формирование дамб предусматривалось в две очереди с целью создания наливного хвостохранилища с отметками гребня пионерной дамбы +380 м и основной ограждающей дамбы +390 м. Дополнительный объем продукта сгущения составит 17 млн. м³ [100]. План карьера №2 Гайского ГОКа и сформированной ограждающей дамбой, представлен на рисунке 1.11.

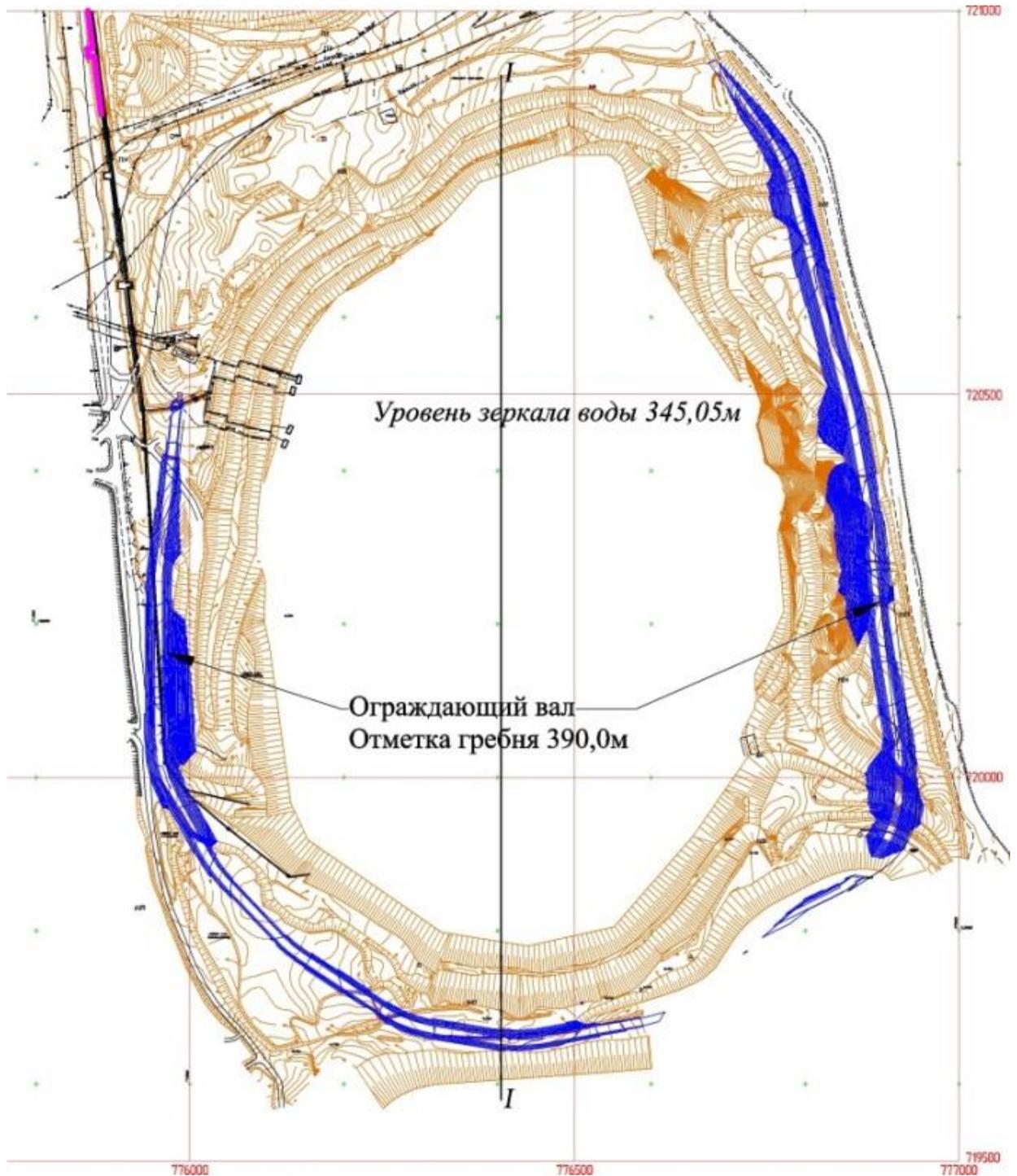


Рисунок 1.11 – План карьера №2 Гайского горно-обогатительного комбината

Второй вариант заключается во временном их складировании в целенаправленно созданную техногенную емкость, расположенная с восточной стороны существующих отвалов вскрыши. Согласно календарному плану, создаваемые техногенные емкости должны обеспечить размещение сгущенных хвостов в течение 50 лет в объеме 126 млн. м³ продукта сгущения. План хвостохранилища Гайского горно-обогатительного комбината представлен на рисунке 1.12.



Рисунок 1.12 – План хвостохранилища
Гайского горно-обогатительного комбината

Таким образом, основываясь на положительном опыте дальнейшей эксплуатации выработанных пространств карьеров, можно сделать вывод, что все примеры представлены исключительно в качестве локальных решений производственных задач. Это объясняется, отсутствием методики комплексного освоения участка недр с добычей твердых полезных ископаемых и одновременным созданием и подготовкой техногенных емкостей, исключая изъятие значительных площадей земель под отвалы и хвостохранилища. Динамика роста площадей нарушенных земель за период с 2011-2021 гг. представлена на рисунке 1.13.

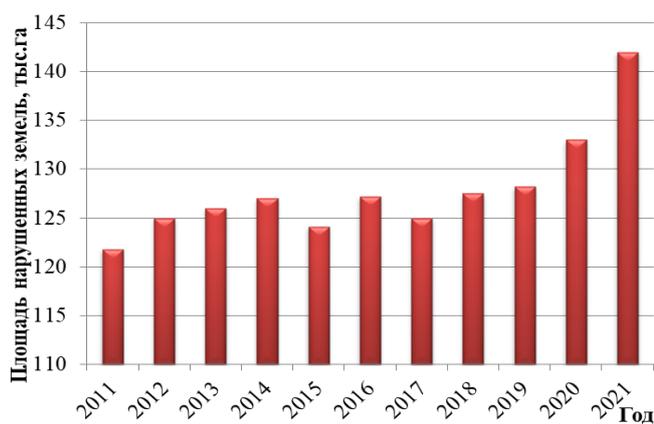


Рисунок 1.13 – Площади нарушенных земель при разработке крутопадающих и мощных месторождений центральной части России и Урала

Одной из причин невыполнения мероприятий по рекультивации земель в условиях отработки крутопадающих месторождений является требование к рекультивации, предусматривающее начало работ на участках с полностью отработанными балансовыми запасами полезных ископаемых, что приводит к переводу изъятых нарушенных земель в другую категорию до полного их восстановления. По данным [27], распределение земельного фонда Российской Федерации по категориям земель представлено на рисунке 1.14.

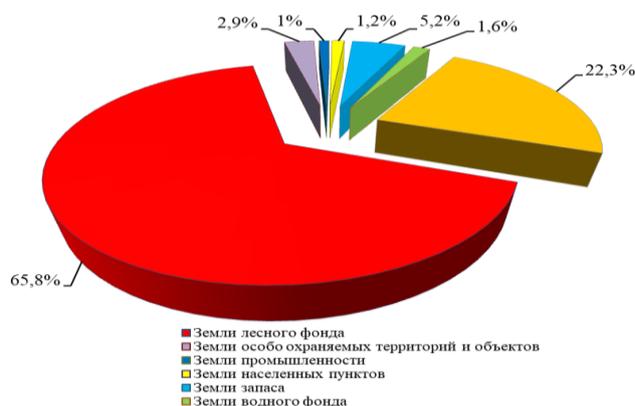


Рисунок 1.14 – Структура земельного фонда Российской Федерации по категориям земель

Таким образом, дефицит площадей земель промышленного назначения для формирования отвалов и хвостохранилищ свидетельствует о необходимости перевода земель в данную категорию при разработке месторождений полезных ископаемых и поиска альтернативных способов размещения пород вскрыши и хвостов обогащения.

Кроме того, следует отметить, положительный опыт использования в качестве накопительной емкости для размещения промышленных отходов различного агрегатного состояния, отвалы вскрышных пород. Примером является центральное хранилище г. Ганновер. Следует отметить то, что одним из основных преимуществ данного способа размещения является дренаж и дегазация свалки технически проще и легче контролируется, чем при резервуарном складировании [86, 143].

В отечественной и мировой практике имеется положительный опыт рекультивации поверхностей накопителей промышленных отходов, в частности хвостохранилищ. Так, на канадском предприятии Форт МакМюррей применена технология сооружения органического покрытия на поверхности хвостохранилища. Рекультивационные работы в зимний период выполняются на поверхности намытого хвостохранилища: формируется экран из сетки и геотекстиля, на который отсыпается слой кокса, затем укладывается еще один защитный экран. В летний период данный экран выдерживает на плаву вес 60-тонного оборудования и служит основанием для проведения биологического этапа рекультивации и создания растительного покрова.

В США имеется положительный опыт эксплуатации открытых горных выработок при формировании отвалов в виде ограждающих дамб гидроаккумулятора электростанции Таум Саук (Taum Sauk) в штате Миссури. Целью использования техногенного пространства является воспроизводство возобновляемой энергии на основе разности геодезических отметок начала и конца перемещения движущихся масс [24]. Гидроаккумулирующая электростанция Таум Саук, представлена на рисунке 1.15.



Рисунок 1.15 – Гидроаккумулирующая электростанция Таум Саук (Taum Sauk) в штате Миссури

Таким образом, согласно мировой тенденции потребление минеральных ресурсов, увеличение производительности горнодобывающей отрасли по добычи и переработки минерального сырья, ведут к росту объемов хвостов обогатительного производства и увеличению числа отработанных карьеров, площадей занимаемых, под отвалы вскрыши, которые необходимо впоследствии рекультивировать. При обосновании параметров открытой геотехнологии с формированием техногенной емкости для размещения хвостов обогащения необходимо учитывать: реологические свойства складированных хвостов обогатительной фабрики, специфические гидрогеологические условия обрабатываемого месторождения, физико-механические свойства и гранулометрический состав пород укладываемых в ограждающие дамбы создаваемой техногенной емкости, долю обводненной и необводненной части карьера, выбор и обоснование способа гидроизоляции при разработке инженерной системы защиты. Создание и использование техногенных емкостей позволит рационально и комплексно осваивать не только балансовые запасы месторождений полезных ископаемых, но и участки недр, повышая при этом экономическую эффективность горнодобывающего предприятия.

1.3 Этапы функционирования горно-обогатительных комплексов и параметры карьеров с учетом возможности формирования техногенных емкостей для складирования хвостов обогащения

Выход концентрата в условиях снижения качества минерального сырья горно-обогатительные предприятия обеспечивают увеличением производительности карьера при неизбежном увеличении коэффициента вскрыши, что приводит к росту объемов добычи и переработки, а также к дополнительному изъятию площадей под размещение пород вскрыши и хвостов обогащения. В настоящее время это ставит перед горнодобывающими предприятиями задачи одновременного решения следующих задач: стабилизация качества минерального сырья; увеличение производственной мощности горно-перерабатывающего производства; снижение себестоимость продукции; уменьшение земель, отчуждаемых под горнотехническую систему; сокращению экологических плат; выполнение технического этапа рекультивации нарушенных земель. Согласно практике проектирования горнодобывающих предприятий решение данных задач во многом зависит от типа залежей

рудных тел по углу падения, формы, мощности, а также от рельефа месторождения, положения относительно господствующего уровня поверхности и глубины залегания [41]. Возможность использования отработанной карьерной выемки в качестве техногенной емкости, которая целенаправленно формируется в процессе ведения открытых горных работ для последующего размещения в ней хвостов обогащения, должна предусматриваться на стадии проработки проектных решений и учитывать тип залежи и угол падения рудных тел. Согласно классификации типов разрабатываемых месторождений, по углу падения рудного тела залежи подразделяются на [9, 32, 39, 139, 140, 144]:

- *пологие*, характеризующиеся слабонаклонным и волнистым залеганием основной части залежи – до $8-10^\circ$ (рисунок 1.16, а);
- *наклонные*, с углами падения от $8-10^\circ$ до $25-30^\circ$ (рисунок 1.16, б, д);
- *крутопадающие*, с углами падения более 30° (рисунок 1.16, в);
- *сложного залегания*, характерного при анклинальных и синклинальных складок и резких геологических нарушениях; отличается переменным направлением падением залежи (рисунок 1.16, г). Классификация залежи по углу падения, представлена на рисунке 1.16.

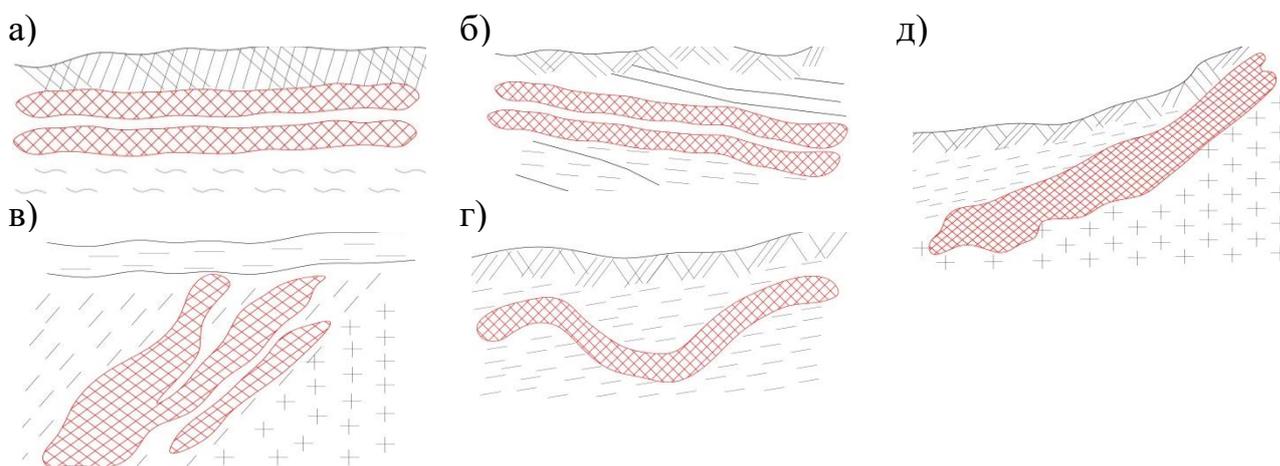


Рисунок 1.16 – Классификация залежи по углу падения

Тип залежи оказывает влияние не только на технологический комплекс применяемого оборудования, но и на выбор системы разработки и направления технического этапа рекультивации. Под системой открытой разработки понимают – технологический порядок и взаимосвязь ведения подготовительных, вскрышных и добычных работ [22]. При этом технический этап рекультивации

для наклонных и крутопадающих залежей, в том числе для случаев применения внутреннего отвалообразования, предусматривается после полной отработки запасов, по отдельному проекту, преимущественно в водохозяйственном направлении рекультивации под водоем.

Для каждого месторождения в зависимости от условий залегания полезных ископаемых, мощности рудных тел, угла падения залежи применяется соответствующая система разработки. В основу классификации системы разработки, предложенной академиком В.В. Ржевским, заложены такие предпосылки как горно-геологические и геометрические, описывающие сущность технологии открытых горных работ [7]. В качестве ведущих признаков открытых горных работ приняты направление выемки горной массы в плане и профиле и месторасположение отвалов, что в современных условиях при подходе к комплексному освоению участка недр определяет эффективность формирования техногенных георесурсов для их последующего использования.

Система разработки месторождений полезных ископаемых рудные тела которых относятся к горизонтальным и пологим залежам в период ведения горных работ характеризуется порядком и последовательностью проведения вскрышных и добычных работ, а также изменением длины фронта работ или высоты отдельных уступов и размеров рабочих площадок. Такая система разработки называется сплошной [22, 116].

В условиях данных типов залежей возможность создания техногенных емкостей появляется фактически после завершения этапа строительства и постановки одного из бортов карьера в предельное положение на всю его глубину. Формирование оконтуривающих границ техногенной емкости может быть осуществлено за счет использования текущих пород вскрыши.

Углубочная система разработки наклонных и крутопадающих залежей характеризуется порядком выполнения вскрышных, добычных и регулярно-подготовительных работ [39]. В отличие от сплошной системы разработки создание техногенной емкости в условиях разработки крутопадающих месторождений возможно на дневной поверхности за счет использования материалов

вскрышных пород при соблюдении определенной последовательности их выемки и укладки, а формирование выработанного пространства карьеров осуществляется в процессе ведения добычных работ, с созданием дополнительных площадок для разгрузки, технологических операций по последующему размещению хвостов обогащения и эксплуатации техногенной емкости. Однако использование техногенной емкости осуществляется исключительно после полной отработки балансовых запасов полезных ископаемых. Характерным примером маломасштабного месторождения с крутопадающим типом залежи, обеспечивающим возможность формирования в процессе добычи и последующего использования выработанного пространства карьера в качестве емкости для размещения хвостов обогащения руд, являются Восточно-Семеновское месторождение и Юлалы по добыче золота и серебра, расположенные в Баймакском районе Республики Башкортостан. Одной из основных особенностей строения Восточно-Семеновское месторождений является субмеридиональное простираание и восточное падение пород. Элементы залегания четко устанавливаются по слоистости прослоев алевропсаммитовых туфов и ориентированному расположению обломков. Углы падения пород колеблются от 20° - 30° до 60° - 80° , преобладают 45° - 55° . Глубина карьера составляет 310 м. Эксплуатационные запасы – 2 034,5 тыс. м³. Объем вскрышных пород за весь период составляет – 54 477,2 тыс. м³. Годовая производительность по полезному ископаемому – 140 тыс. м³, по вскрыши – 150 тыс. м³. Коэффициент вскрыши равен $28,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$. План карьера на конец отработки Восточно-Семеновского месторождения, представлен на рисунке 1.17.

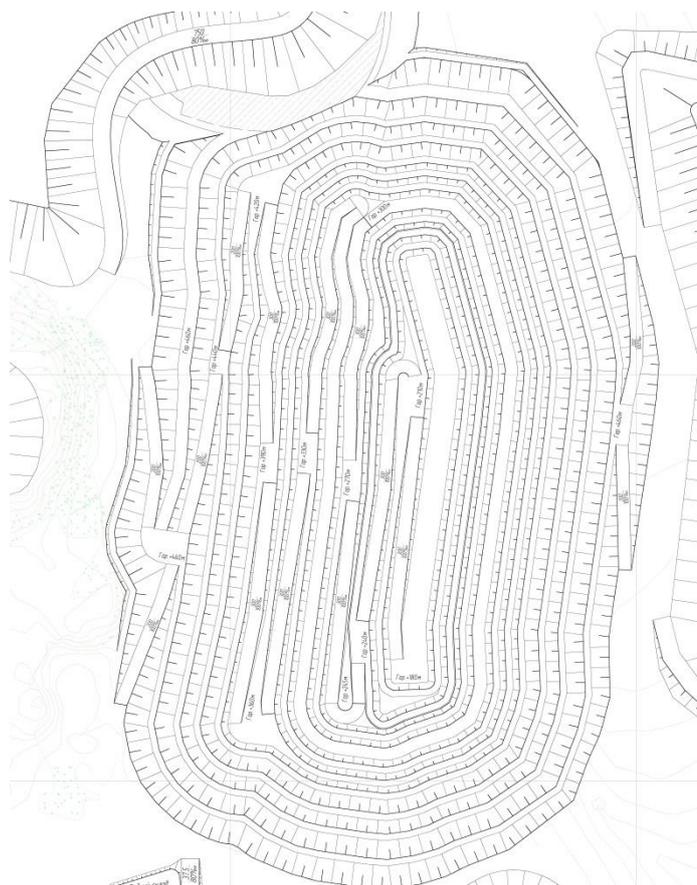


Рисунок 1.17 – План карьера на конец обработки Восточно-Семеновского месторождения

Коэффициент вскрыши при обработке крутопадающих месторождений открытым способом значительно выше, значения данного показателя при обработке пологих залежей. При существующем подходе к проектированию вскрышные породы складировываются и накапливаются в виде отвалов, которые требуют последующего решения вопроса их рекультивации. Однако существует множество положительных примеров по использованию карьеров обрабатываемых по углубочной системе разработки для последующего размещения в них текущих отходов переработки обогатительных фабрик. Ярким представителем является Гайский горно-обогатительный комбинат, находящийся в Оренбургской области. С 2005 года в карьер №2 осуществляется складирование хвостов обогащения. Глубина карьера составляет 310 м. Объем выработанного пространства карьера до отметки дна +367 м равен 57 915 тыс. м³. Объем вскрышных пород за весь период составляет – 54 761,9 тыс. м³. Размещение хвостов обогащения ведется в рамках технического этапа рекультивации. Прак-

техническое применение данных решений позволило повысить показатели эффективности работы предприятия. В результате чего техническим руководством было принято решение по увеличению приемной емкости карьера №2 за счет обваловки карьера по периметру, не только с целью обеспечения рекультивационных работ, но и непосредственно для размещения продуктов сгущения отходов обогащения. При этом в качестве материала для формирования ограждающих дамб прямо использовать вскрышные породы.

Поиск решения вопросов, связанных с размещением текущих отходов обогащения при разработке руд с крайне низким содержанием полезных компонентов, особо актуально для Михеевского и Томинского ГОКов, где только на этапе строительства хвостохранилища было отведено до 1000 га. Михеевское месторождение представлено на рисунке 1.18.

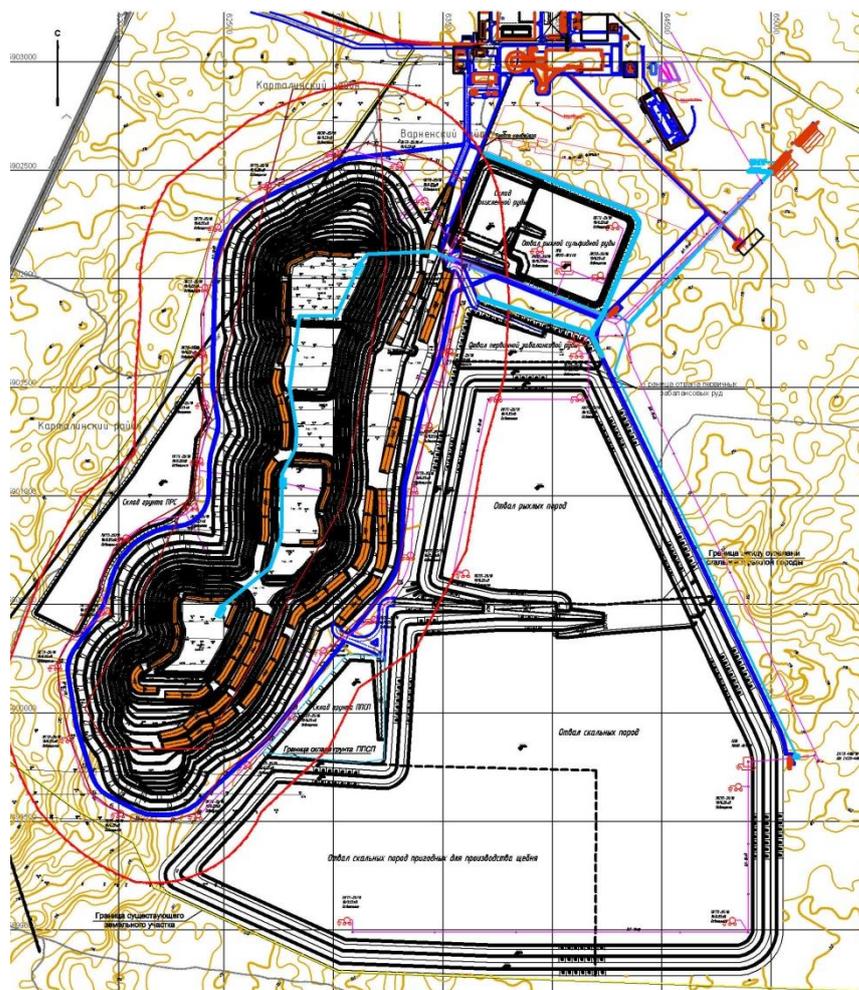


Рисунок 1.18 – План Михеевского месторождения

Функционирование горнодобывающего предприятия в рамках одновре-

менной добычи полезных ископаемых открытым способом и создание техногенной емкости для размещения хвостов обогащения включает в себя следующие этапы [97]:

- *строительство;*
- *эксплуатация;*
- *рекультивация/консервация.*

С точки зрения формирования техногенных емкостей на этапе строительства, при существующем подходе проектирование основывается на постоянном увеличении объемов приемной способности горнотехнических сооружений, в частности хвостохранилищ, отвалов как внешних, так и внутренних. При этом строительство техногенных объектов требует дополнительных материалов, полученных за счет разработки обособленных карьеров по добыче строительных материалов, для отсыпки ограждающих дамб и создания системы инженерной защиты. Однако в условиях разработки крутопадающих месторождений до полной отработки балансовых запасов использование данной емкости не представляется возможным. А накопленные отвалы являются объектами ожидающими отработку запасов полезных ископаемых, чтобы перейти к их рекультивации.

Этап эксплуатации техногенных объектов включает в себя складирование хвостов обогатительной фабрики в выработанное пространство карьеров или в целенаправленно сформированные емкости, обеспечение водоотведения, а также соблюдение требований как промышленной, так и экологической безопасности ведения работ.

Заключительным этапом комплексного освоения участка недр является рекультивация/консервация, согласно Постановлению правительства №800 [93]. Выбор направлений этапа технической рекультивации зависит от коэффициента вскрыши, от параметров выработанного пространства карьера, его формы в плане, от целевого назначения восстановленных земель.

Рекультивационные работы на месторождениях горизонтального и пологого залегания полезных ископаемых на практике традиционно решаются в период ведения открытых горных работ, поскольку при принятой системе разработки имеется возможность поставить борт в предельное положение и организовать внутреннее отвалообразование текущими породами вскрыши [37, 121, 125,

126]. Однако, как правило, данные типы месторождений, характеризуется низким коэффициентом вскрыши порядка $0,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$, что свидетельствует о незначительном объеме полезной емкости выработанного пространства карьера, которая может быть использована под попутную рекультивацию.

Однако данная технология не получила широкого применения при разработке крутопадающих месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых [44, 45, 46], так как они характеризуются мощными залежами рудных тел, высоким коэффициентом вскрыши, низким содержанием полезных компонентов, а также необходимостью изъятия в процессе эксплуатации больших площадей земель для размещения пород вскрыши и хвостов обогатительных фабрик.

Как правило, рекультивация нарушенных земель при разработке крутопадающих месторождений, согласно проектной документации, отнесена на период после полной отработки балансовых запасов.

Таким образом, согласно проведенному анализу можно сделать вывод, что выработанное пространство карьеров на базе месторождений, имеющих наклонные и крутопадающие залежи полезных ископаемых, являются потенциальными емкостями для размещения не только текущих пород вскрыши, но и хвостов обогащения. В то же время остается актуальным вопрос поиска решений возможного параллельного ведения работ по добыче полезных ископаемых и осуществлению подготовительных работ технического этапа рекультивации нарушенных земель. Решение поставленного вопроса возможно обоснованием параметров открытой геотехнологии комплексного освоения участка и целенаправленного формирования техногенных емкостей с использованием выработанного пространства карьеров и материалов вскрышных пород для последующего размещения хвостов обогащения руд. Это имеет особое значение при отработке отдельных залежей карьерного поля и при целенаправленном формировании техногенных емкостей с заданными потребительскими свойствами для последующего размещения хвостов обогащения руд, добываемых на соседних карьерах, осваиваемого участка недр Земли. Решение данной проблемы требует изучения состояния научно-методической базы, определения параметров открытых горных работ при совмещении строительной и открытой геотехнологии.

1.4 Анализ состояния научно-методической базы определения параметров открытых горных работ при совмещении строительной и открытой геотехнологии

Сегодня под горнотехнической системой понимается, совокупность горных конструкций, оборудования, технологических процессов горного производства во взаимодействии с вмещающими их участками недр [22]. В связи, с чем при проектировании горнотехнических систем научно-методическая база сводится к определению параметров элементов и конструкции, подбору горнотехнического оборудования, обоснованию систем разработки месторождений.

Исследования в области определения параметров открытой геотехнологии, формирования техногенных емкостей, управления отходами добычи и переработки полезных ископаемых, а также повышения эффективности при разработке месторождений полезных ископаемых отражены в научных трудах ведущих ученых: академиков М. И. Агошкова, Н.В. Мельников; В.В. Ржевского, К. Н. Трубецкого, чл. корр. РАН Д.Р. Каплунова, В.Л. Яковлев, профессоров., д.т.н. А.И. Арсентьева, С.Е. Гавришева, В.А. Галкина, И.А. Пыталева, М.В. Рыльниковой, Г.Г. Саканцева, Г.В. Стась, Г.А. Холоднякова, В.С. Хохрякова, и многих других ученых и инженеров, внесших значительный вклад в развитие науки и производства.

Однако на сегодняшний день не в полной мере проработаны принципы, касающиеся совмещения работ по одновременной разработке месторождений полезных ископаемых и созданию техногенной емкости, обеспечивающие комплексное освоение участка недр и экологическую безопасность для последующего размещения хвостов обогащения и продуктов их переработки.

Современные горнодобывающие предприятия обеспечивают полный цикл добычи и переработки полезных ископаемых, с возможностью получения конечной продукции в виде готового металла и реализации его на рынке. Анализ существующих проектных решений при повышении эффективности функционирования горно-перерабатывающих предприятий показывает интерес и стремление к укрупнению производства и управлению полным технологическим циклом. Существующий подход по проектированию горнотехнической системы, отдельных объектов горного предприятия, как правило, осуществляется

различными проектными организациями.

В результате анализа научно-методической базы выявлено, что ее развитие осуществляется по трем условным этапам:

- первый этап - сравнение граничного коэффициента вскрыши с такими коэффициентами вскрыши, как контурный, текущий, средний и др.;
- второй этап - развитие методов оценки экономической эффективности и полноты освоения запасов месторождения, с учетом фактора времени и организации горных работ, а также извлечение попутно-добываемых полезных ископаемых;
- третий этап - определение параметров каждого объекта в рамках единой горнотехнической системы с учетом ограничений и особенностей разрабатываемого месторождения при обеспечении перспективных направлений использования, созданных в процессе добычи техногенных георесурсов.

Современные методики определения оптимальных параметров горнотехнической системы сводятся к показателю чистой приведенной стоимости (NPV) и внутренней норме доходности (IRR) [100]. Проектирование отвального хозяйства сводится к учету следующих показателей – физико-механическая характеристика пород вскрыши и оснований отвалов, наличие свободных земель, максимальная вместимость выделенной территории, затраты на работы по возведению и отсыпке отвалов.

На сегодняшний день параметры горнотехнической системы определяются на основе исключительно экономического критерия, когда особую важность имеет наличие и доступность территорий для размещения объектов капитального строительства и накопительных сооружений для складирования как промышленных отходов, так и продуктов переработки полезных ископаемых. В настоящее время современные тенденции повышения эффективности функционирования горно-перерабатывающих предприятий направлены на поиск альтернативных решений обеспечивающих экономический эффект по формированию и использованию техногенных георесурсов. В частности, для формирования техногенных емкостей и их последующего использования проведен ряд исследований [6, 30, 129], в которых предложены способы формирования техногенных георесурсов и обоснованы методы

определения их ценности, участвующей в обосновании параметров открытой геотехнологии и влияющей на эффективности работы горнодобывающего комплекса.

Ценность техногенных георесурсов, представляет собой выражение в стоимостном эквиваленте всех качеств, полезных свойств или компонентов, техногенных объектов, созданных в результате ведения горных работ, с учетом затрат на добычу и переработку [81]. В работах [30] предложена методика расчета ценности объектов горнотехнической системы, используемых в качестве емкостей для размещения промышленных отходов. Однако результаты работ направлены исключительно на размещение отходов различного класса опасности и структурного состояния. На фоне современной тенденции снижения качества минерального сырья, увеличения потребительского спроса на продукцию горной отрасли и, как следствие, роста производственной мощности горнодобывающих предприятий возникает вопрос поиска технологических решений, обеспечивающих экономическую эффективность размещения текущих отходов переработки твердых полезных ископаемых.

В работе [33, 77, 107, 146] разработаны методики определения конструктивных и технологических параметров намывных горнотехнических сооружений. В практике проектирования хвостохранилищ главная задача заключается в размещении необходимого объема хвостов обогащения на ограниченной территории с учетом ее морфометрических параметров. Исторически сложилось, что значительная часть хвостохранилищ формируются по типу намывных сооружений, как наименее затратных при их эксплуатации с экономической точки зрения [6, 82, 83, 88, 89].

В настоящее время особо актуальным становится вопрос получения земельных участков для функционирования горнодобывающих комплексов. Поскольку в современной нормативно-правовой базе существует механизм регулирования получения участков земель исключительно в пределах горного отвода. Однако эти земли относятся только к добыче полезных ископаемых и формируемому выработанному пространству карьера. Получение земель под размещение отвалов, строительства хвостохранилищ и обогатительных фабрик, подъездных и внутривыщадочных

дочных автомобильных дорог, в отличие от земель, находящихся в контуре горного отвода, не регламентируется государством, а является объектом договорных отношений нескольких субъектов. В связи, с чем перед недропользователем встает вопрос поиска земель для размещения соответствующих горнотехнических и инфраструктурных сооружений. Как следствие, для недропользователя возникает задача минимизации площадей для размещения пород вскрыши и хвостов обогащения полезных ископаемых. Одним из решений данной проблемы, в том числе с использованием пород вскрыши в качестве строительного материала является формирование ограждающей дамбы по периметру выработанного пространства карьеров с последующим использованием техногенной емкости.

Таким образом, разработка месторождений полезных ископаемых за последние 30 лет характеризуется снижением качества минерального сырья, ростом потребности в металле, увеличением объемов отходов обогатительного производства, что приводит к поиску площадей земельных участков для их размещения. Наметилась тенденция необходимости проектирования не только отдельных самостоятельных единиц горного предприятия, но и горнотехнической системы в целом. На современном этапе развития руководство горного производства стремится к построению предприятия с полным технологическим циклом, способным представлять на рынок не только металл, полученный при добыче минерального сырья и его обогащении, а также сформированные и используемые техногенные георесурсы. На сегодня способы формирования техногенных емкостей в процессе ведения добычных работ с целью размещения текущих хвостов обогащения и продуктов их переработки, а также определение ценности техногенных георесурсов изучены не в полной мере, что сдерживает повышение эффективности работы горно-перерабатывающих предприятий в рамках комплексного освоения участка недр Земли. Решение вопроса по размещению хвостов обогатительного производства и определению параметров техногенных объектов используемых в качестве техногенных емкостей, а также их последующая рекультивация, является актуальной научно-практической задачей.

1.5 Цель, задачи и методы исследования

Сегодня развитие горнодобывающей отрасли характеризуется сложными горно-геологическими и горнотехническими условиями обработки с одновременно высоким ростом потребности в минеральном сырье, снижением содержания природного качества полезных ископаемых. Что ведет к увеличению площадей, нарушенных горными работами, и острому дефициту территорий для размещения не только пород вскрыши, но и хвостов обогащения перерабатывающего комплекса. Данные факторы определяют показатели эффективности горнодобывающего предприятия, характеризующие его конкурентоспособность на рынке. Повышение эффективности работы горнодобывающего предприятия во многом зависит от порядка и последовательности управления добычными и вскрышными работами обеспечивающие минимальные затраты на добычу и восстановление нарушенных земель, а также в одновременном использовании пород вскрыши при формировании техногенных емкостей для дальнейшего размещения хвостов обогатительного производства с последующей рекультивацией нарушенных земель горными работами. Это способствует обеспечению полноты и комплексности освоения участка недр, выбору технического этапа рекультивации выработанного пространства карьера, а также решению вопроса с дефицитом свободных земель для размещения хвостов обогатительной фабрики.

Как показывает анализ научно-методической базы, целенаправленное формирование техногенных емкостей на базе выработанного пространства карьера с использованием пород вскрыши в качестве строительного материала при строительстве ограждающей дамбы с целью размещения хвостов обогатительного производства является недостаточно изучено. Исходя из этого обоснование параметров открытой геотехнологии с формированием техногенной емкости для размещения хвостов обогащения руд является весьма актуальной научно-практической задачей, обеспечивающей повышение эффективности ведения открытых горных работ при комплексном освоении участка недр Земли.

В связи с этим **целью работы является:** разработка методики обоснования параметров открытой геотехнологии и условий размещения хвостов обогащения

руд в техногенные емкости, формируемые и эксплуатируемые в ходе развития горных работ для повышения полноты и комплексности освоения участка недр.

Идея работы. Регулирование режима горных работ по требуемому объему вскрышных пород для формирования техногенной емкости достигается последовательной выемкой и складированием строительных и изоляционных материалов, с учетом их физико-механических характеристик.

Сформулированы основные задачи исследования:

1. Анализ состояния и опыта ведения открытых горных работ с использованием выработанных пространств карьеров и пород вскрыши, с целью формирования емкостей для размещения отходов производства.
2. Систематизация факторов, определяющих условия размещения хвостов обогащения руд в выработанном пространстве карьера.
3. Разработка способов формирования и обоснование параметров ограждающей дамбы техногенной емкости.
4. Обоснование способов создания инженерной системы защиты техногенной емкости для обеспечения экологической безопасности.
5. Корректировка параметров открытых горных работ при формировании и эксплуатации техногенной емкости для размещения хвостов обогащения руд.
6. Экономическое обоснование целесообразности формирования техногенной емкости для размещения хвостов обогащения; технико-экономическая оценка предлагаемых технологических решений.

При решении поставленных задач необходимо произвести анализ и научное обобщение положительного опыта освоения месторождений при открытом способе разработки с формированием техногенных емкостей для складирования хвостов обогащения; математическое, каркасное и имитационное моделирование технологических процессов; метод определения физико-механических свойств рыхлых и скальных пород вскрыши; технико-экономический анализ.

Выводы по главе 1

1. Согласно проведенному анализу для удовлетворения потребности рынка минерально-сырьевых ресурсов горно-перерабатывающие предприятия, вынуждены увеличивать объем добычи и переработки твердых полезных ископаемых. На сегодняшний день современные технологии в области обогащения полезных ископаемых позволили осуществить переход к такому этапу развития горных работ, на котором стало возможно вовлечение в разработку мелких и средних по запасам месторождений. Тенденция роста производительной мощности обогатительной фабрики влечет к неизбежному увеличению отходов производства и продуктов их переработки, которые необходимо размещать в специализированных объектах – техногенных емкостях.

2. За последнее время на горную отрасль приходится более 95% всех образующихся отходов в стране. Объем пород вскрыши отвалов и хвостохранилищ обогатительных фабрик превышает 7 млрд. м³. Накопление отходов горно-перерабатывающего производства осуществляется непрерывно. Это в свою очередь требует дополнительного увеличения площади земель изымаемых под строительство техногенных емкостей, для размещения хвостов обогатительных фабрик.

3. Динамика увеличения производительности горнодобывающей отрасли по добычи и переработки минерального сырья ведет к росту объемов хвостов обогатительного производства, а также к увеличению числа отработанных карьеров и площадей, занимаемых под отвалы вскрыши и склады почвенно-растительного слоя. На сегодня, согласно статистике, площадь изъятых земель под размещение объектов горнотехнической системы на территории Урала превышает 200 тыс. га.

4. Проведенный анализ показал, что выработанное пространство карьеров на базе месторождений имеющие наклонные и крутопадающие залежи полезных ископаемых, являются потенциальными емкостями для размещения не только текущих пород вскрыши, но и хвостов обогащения. Однако на сегодняшний день остается актуальным вопрос поиска решений возможного одновременного ведения работ по добыче полезных ископаемых и формированию техногенных емкостей. Основной задачей при решении данной проблемы является обоснование параметров

горнотехнической системы, осуществляющей комплексное освоение участка недр Земли при непосредственном формировании техногенных емкостей с использованием выработанного пространства карьеров и материалов вскрышных пород.

5. Для развития горно-перерабатывающей отрасли и повышения эффективности работы горнодобывающего предприятия, необходимо изменить подход к комплексному освоению участка недр, который обеспечит одновременную добычу балансовых запасов и формирование емкостей с использованием выработанного пространства карьеров и материалов вскрышных пород для последующего размещения отходов переработки руд обогатительных фабрик. Особое значение имеет разработка маломасштабных сближенных крутопадающих месторождений, когда целенаправленно осуществляется отработка отдельных участков и формирование техногенных емкостей с заданными потребительскими свойствами для последующего размещения отходов обогащения руд добываемых на ближайших участках осваиваемого участка недр Земли.

6. На современном этапе развития руководство горных предприятий стремятся к созданию производства с полным технологическим циклом, способным представлять на рынок не только металл, полученный при добыче минерального сырья и его обогащении, а также сформированные и используемые техногенные георесурсы. На сегодня способы формирования техногенных емкостей в процессе ведения добычных работ с целью размещения текущих хвостов обогащения и продуктов их переработки, а также определение ценности техногенных георесурсов изучены не в полной мере. Это сдерживает повышения эффективности функционирования горнодобывающих предприятий в рамках комплексного освоения участка недр Земли.

2 РАЗВИТИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ УЧАСТКА НЕДР ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЕМКостей В ПЕРИОД РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

2.1 Систематизация факторов влияющих на возможность использования выработанного пространства карьеров при складировании хвостов обогащения

Комплексное освоение участка недр Земли это совокупность процессов полного цикла [120], включающая добычу полезных ископаемых, переработку и складирование продуктов обогатительной фабрики с целью последующей отработки техногенных георесурсов.

Широкое применение получили техногенные емкости поверхностного типа, что требует создания определенных технических и технологических условий для эффективной и безопасной работы. Формирование поверхностных техногенных емкостей заключается в необходимости изысканий требуемой площади земель, что является объектом гражданско-правовых отношений между недропользователем и собственником земель. Зачастую решение данного вопроса невозможно в связи с несогласием сторон. В случае получения прав на пользования землями, недропользователь обязуется платить арендную плату и земельный налог на отчуждаемые площади земель, что являются значительной суммой вследствие долгосрочной аренды. На примере Березняковской ЗИФ, хвостохранилище которой спроектировано для размещения хвостов обогащения на протяжении 77 лет при этом недропользователю на данный период вминается оплата аренды площади занимаемых земель в 157 га. Кроме того, согласно действующей нормативной документации создание транспортно-технологических коммуникаций техногенных емкостей поверхностного типа требует особого внимания [74]. Техногенную емкость по складированию жидких хвостов необходимо формировать с созданием съездов по внутреннему откосу для обеспечения откачки обратного фильтрата в систему оборотного водоснабжения замкнутого цикла обогатительной фабрики. Также согласно [128], через каждые 2 000 м необходимо обеспечить съезд с гребня дамбы, для сокращения транспортных нагрузок, что является материалоемким процессом. Кроме того, на гребне дамбы через каждые 500 м требуются разворотные площадки, что негативно влияет на вместимость и объем требуемого строительного материала.

С целью повышения эффективности комплексного освоения участка недр и сокращения площадей, изымаемых под размещение техногенных объектов, пер-

спективным направлением является использование выработанного пространства карьера (глубинного типа) в виде емкостей при условии их целенаправленного формирования для складирования хвостов обогатительных фабрик.

На этапе проработки проектных решений по разработке балансовых запасов твердых полезных ископаемых, с учетом дальнейшего использования формируемой карьерной выемки в качестве емкости для складирования текучих хвостов обогатительного комплекса необходимо предусмотреть требования к применяемой схеме вскрытия месторождения. Согласно [22, 23], вскрытие месторождения при открытом способе разработки, представляет собой – проведение (проходку) системы капитальных горных выработок для доступа к рудным залежам или пластам полезных ископаемых и создание транспортной связи между пунктами погрузки горной массы в карьере и ее разгрузки на поверхности (обогатительными фабриками, складами, отвалами вскрышных пород и др.). В работе ученого [99, 100] предложено и обосновано понятие многофункциональной схемы вскрытия, что в свою очередь представлено комплексом трасс вскрывающих горных выработок, обеспечивающих грузотранспортную коммуникацию рабочих горизонтов карьера с технологическими объектами в карьере и на поверхности, а также технологический и транспортный доступ в заданную часть карьерного пространства, при его использовании после отработки всех балансовых запасов на весь период эксплуатации техногенного объекта. То есть многофункциональная схема вскрытия на этапе разработки карьерной выемки для дальнейшего его использования в качестве техногенной емкости должна обеспечить доступ в заданную часть каждого горизонта. Развивая идею целенаправленного создания выработанного пространства карьера с целью его последующей эксплуатации в качестве емкости для размещения текучих хвостов обогатительной фабрики, предложена возможность использования, которая определяется реологическими характеристиками хвостов. В зависимости от способа обработки хвостов на обогатительных фабриках и от степени обезвоживания изменяется угол растекания текучих отходов в пределах от 1 до 14 градусов, что оказывает влияние на определение схемы вскрытия обуславливающая возможность последующего использования выработанного пространства карьера. Количество точек сброса текучих или сгущенных хвостов направленных на контролируемое формирование прудка в определенной зоне выработанного пространства карьера, также определяет необходимость наличия транс-

портного доступа в период их эксплуатации. Контролируемое формирование прудка из вод, накопленных за счет естественного водопритока и свободной водоотдачи хвостов обогащения, осуществляется для последующей подачи оборотной воды в замкнутый цикл обогатительной фабрики. Эксплуатация созданных горных выработок для сброса текущих или сгущенных хвостов обогащения, транспортного доступа на необходимый горизонт карьера для монтажа и обслуживания плавучих насосных станций, а также проведение геомеханического мониторинга техногенного массива и откосов бортов, возможно, разделить на два типа: механического и гравитационного действия [68]. Систематизация целей и параметров схем вскрытия месторождения, представлена на рисунке 2.1.

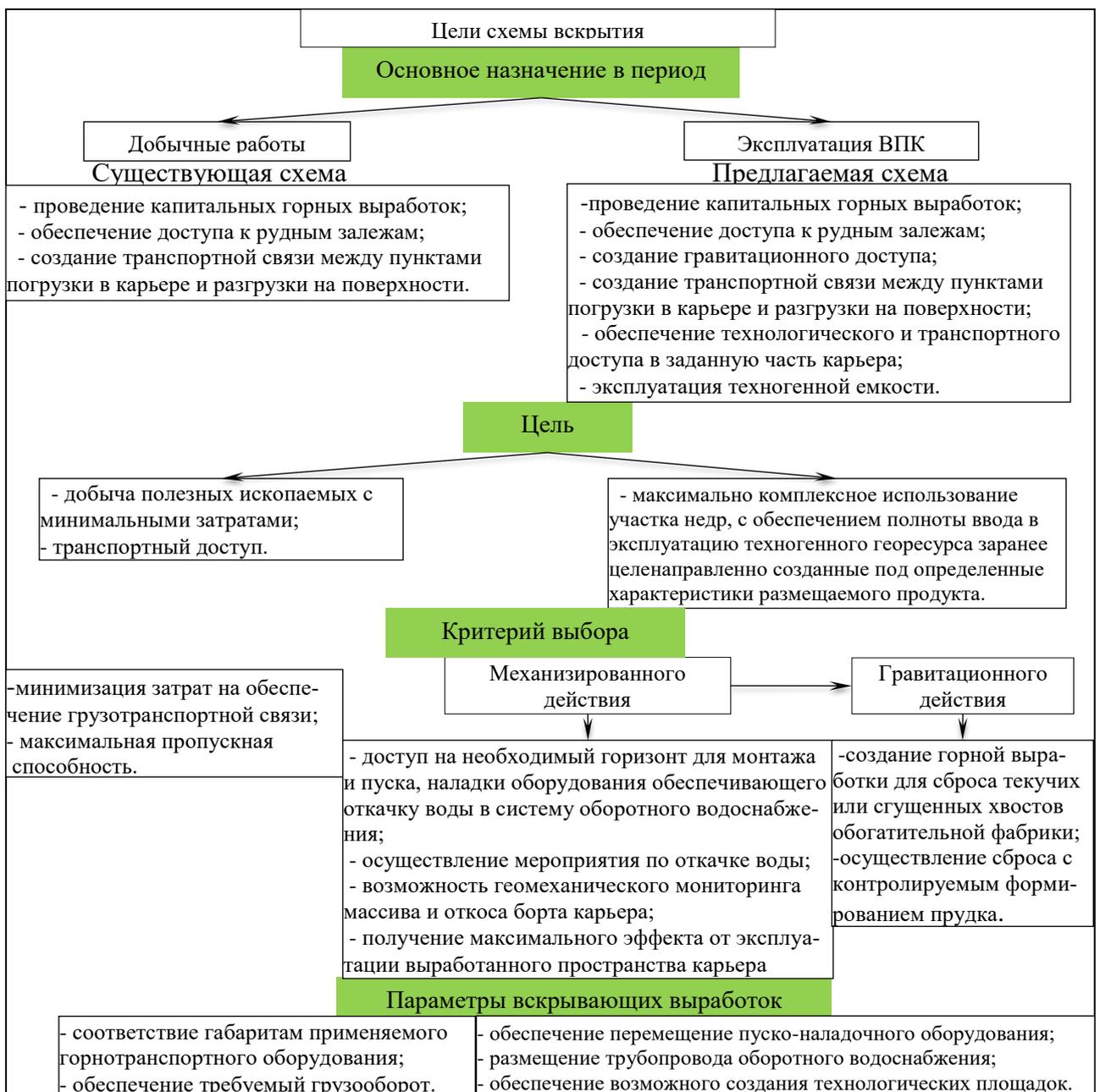


Рисунок 2.1 – Систематизация целей и параметров схем вскрытия месторождения

Вскрывающие выработки для осуществления принудительной подачи хвостов позволяют реализовать доступ на необходимый горизонт для проведения работ на этапе эксплуатации выработанного пространства карьера в качестве техногенной емкости, а также для обеспечения мероприятий по откачке воды, накопленной за счет естественного водопритока, и свободной водоотдачи складываемых хвостов обогатительной фабрики. Для этого необходимо предусмотреть следующее: форму трасс капитальных выработок, позволяющую производить сброс хвостов в отработанную карьерную выемку; заложение капитальных траншей с возможностью формирования технологических площадок для монтажа и обслуживания плавучей насосной станции на необходимом горизонте; конструктивные параметры транспортной бермы.

Заложение капитальной траншеи предусматривается в той части борта карьерной выемки, которая расположена на противоположной стороне от точки сброса хвостов обогащения. Данная часть называется сектор эксплуатации [99]. Данная часть позволяет обеспечить транспортный доступ при эксплуатации плавучей насосной станции, а также служит для проведения мониторинга за геомеханическим состоянием бортов карьера в период эксплуатации в качестве техногенной емкости. На выбор места заложения вскрывающих горных выработок для дальнейшей эксплуатации карьера во многом зависит от физико-механических характеристик пород слагаемых массив. Примером данного фактора является карьер «Джусинский» восточный борт, который сложен метасоматитами и подвержен обрушению, что исключает возможность размещения горной выработки для сброса хвостов при эксплуатации выработанного пространства в качестве техногенной емкости.

Обоснование формы трасс производят с учетом параметров залегания рудных тел месторождения, размеров и конфигурации карьерного поля в плане, вида применяемого карьерного транспорта, а также возможности дальнейшего использования карьера в качестве техногенной емкости. Существующие формы трасс делятся на: тупиковую, петлевую, спиральную и комбинированную (рисунок 2.2).

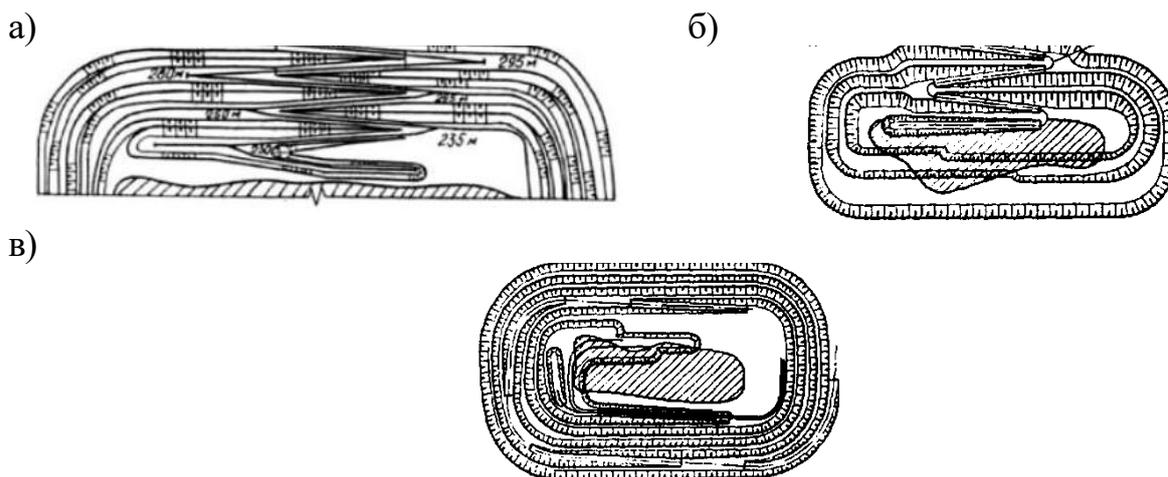


Рисунок 2.2 – Формы капитальных траншей: а) тупиковая; б) петлевая; в) спиральная

Тупиковая форма трассы применяется на карьерах с использованием железнодорожного транспорта. При тупиковой форме траншеи, возможно два варианта складирования хвостов обогащения. Первый вариант – сброс текучих или сгущенных хвостов, возможно, осуществлять с двух точек на противоположном борту карьера. Схема складирования хвостов с тупиковой формой трасс и заложением двух точек сброса вдоль длинной оси бортов карьера представлена на рисунке 2.3а. Использование выработанного пространства карьера с данной формой трассы возможно при соблюдении точного местоположения точек сброса хвостов обогатительной фабрики.

Второй вариант – организация точки сброса на противоположном борту. Этот способ является неэффективным, так как необходимо будет содержать в наличии две плавучие насосные станции, расположенные с торца каждого борта, а также обеспечить создание транспортных коммуникаций к ним. Схема складирования хвостов при заложении точки сброса и капитальных траншей вдоль продольных бортов карьера представлена на рисунке 2.3б.

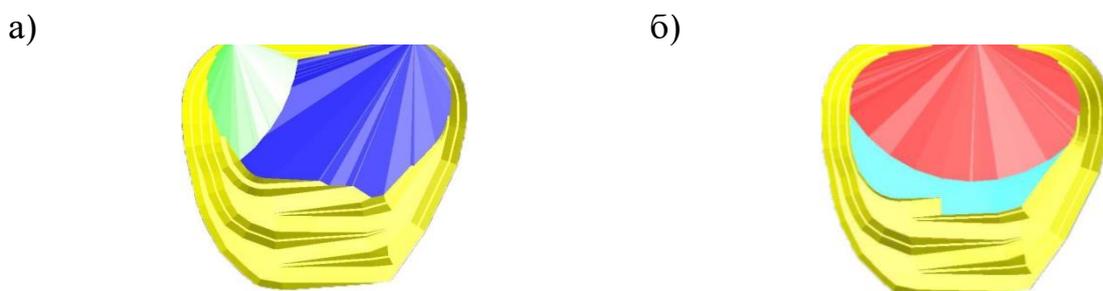


Рисунок 2.3 – Схема складирования хвостов обогатительной фабрики с тупиковой формой трасс: а) заложение двух точек сброса вдоль продольных бортов карьера; б) заложение точки сброса и капитальных траншей вдоль продольных бортов карьера

Строительство карьера с системами вскрывающих трасс спиральной формы, подразумевает проведение съездов вдоль борта по всему периметру карьера, соответственно складирование текущих и сгущенных хвостов обогатительных фабрик обеспечить невозможно, так как организованный сброс и попадание отходов в процессе складирования на транспортные бермы ограничат доступ на нижележащие горизонты карьера.

Наиболее оптимальной формой трассы на этапе эксплуатации выработанного пространства карьера в качестве техногенной емкости является петлевая, которая обеспечивает не только возможность использования плавучей наносной станции и техногенного пространства, но и проведение геомеханического мониторинга массива [29, 31, 42]. Схема складирования хвостов обогащения при петлевой форме трассы представлена на рисунке 2.4.

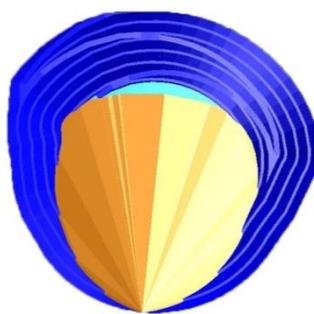


Рисунок 2.4 – Схема складирования хвостов обогащения, при петлевой форме трассы

В результате исследования установлено, что формирование представленных форм трасс влияет на изменение объемов горной массы и площадей, занимаемых горнотехническими объектами. Объем горной массы при различных формах вскрывающих трасс представлен на рисунке 2.5.

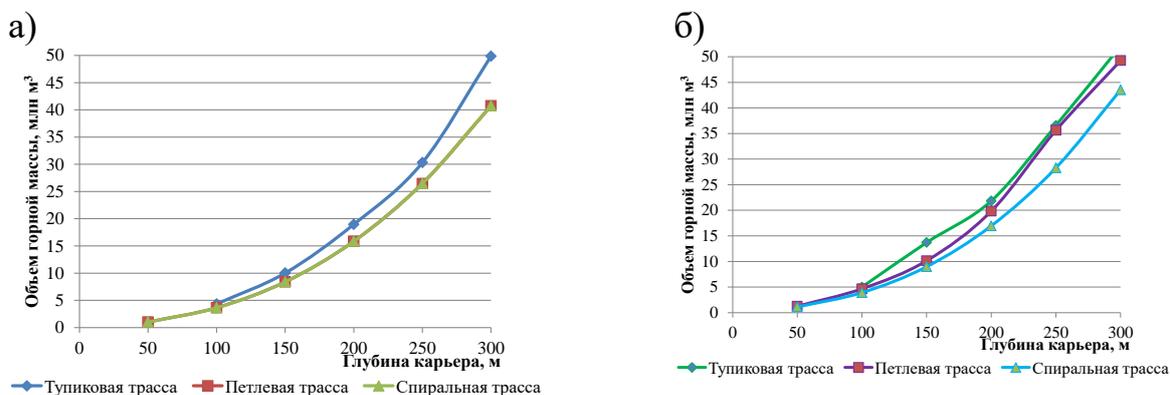


Рисунок 2.5 – Объем горной массы при различных вскрывающих трассах:
а) круглая форма карьера; б) прямоугольная форма карьера

При проектировании карьерных автодорог, также необходимо соблюдать требуемые конструктивные параметры транспортной бермы. Согласно, [2, 127, 130] автомобильные дороги на открытых горных работах классифицируются по категориям в зависимости от расчетного объема перевозок. На практике карьерные автодороги большинства месторождений Урала относятся к категориям II-к – III-к. Исходя из категории автомобильной дороги и параметров применяемого горнотранспортного оборудования, определяются конструктивные параметры транспортных берм. На этапе ведения добычных работ параметры транспортной бермы должны обеспечить пропускную способность автомобильной дороги по доставке горной массы из забоя на поверхность [55, 56, 57, 62, 63, 64]. При использовании выработанного карьерного пространства, после отработки всех балансовых запасов твердых полезных ископаемых, транспортная берма необходима для: осуществления проезда транспортного оборудования; монтажа, пуска и наладки плавучей насосной станции; размещения фундаментных блоков (ФБС); размещения на них трубопровода; укладки труб, требуемого диаметра для откачки воды из прудка, с учетом производительности обогатительной фабрики по переработке и сбросу текучих хвостов.

В работе проведен анализ влияния ширины транспортной бермы в зависимости от категории карьерной дороги на дальнейшие перспективы использования выработанного пространства в качестве техногенной емкости. В условиях ведения горных работ, при эксплуатации малогабаритной ширины расчетного автомобиля, на примере карьерного автосамосвала САМС HN3250P34C6M и гидротранспорта с учетом производительности обогатительной фабрики, параметры трубопровода обратного водоснабжения определяются относительно производительности обогатительной фабрики и характеристик хвостов обогащения в зависимости от выбранного способа их обезвоживания или непосредственного их сброса. Величественные характеристики элементов автомобильной дороги представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Параметры транспортной бермы

Параметры	Добычные работы	Эксплуатация ВПК
Ширина заковетной полки, м	1	0,5-1
Ширина водоперепускной канавы, м	0,5	0,5
Ширина обочины, м	1,5	1,0-1,5
Ширина проезжей части, м	7,5	5,0
Ширина предохранительного вала, м	2	0,5-2,0
Полоса безопасности призмы возможного обрушения, м	1,5	1,5
Диаметр трубопровода, м	-	0,426
Расстояние между трубами, м	-	0,213
Ширина транспортной бермы, м	15	7,5-15

Схема транспортной бермы в период добычных работ и на этапе эксплуатации выработанного пространства карьер представлена на рисунке 2.6.

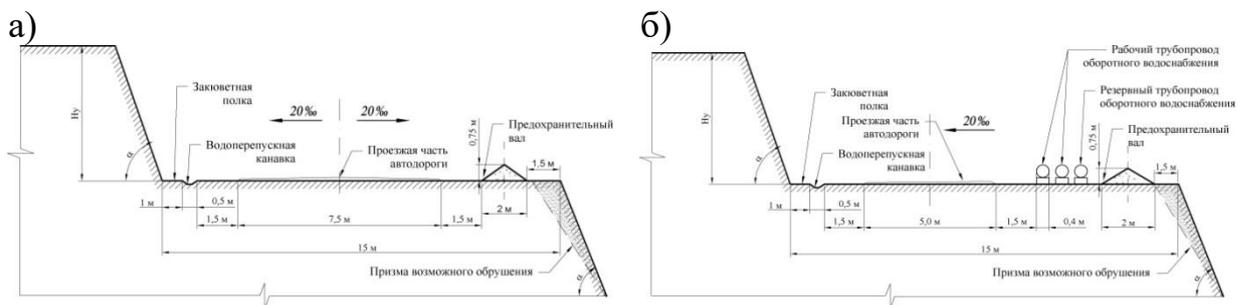


Рисунок 2.6 – Схематическое изображение транспортной бермы при движении автомобильного транспорта:

а) этап ведения добычных работ; б) этап эксплуатации ВПК

Результаты анализа показывают, что параметры транспортной бермы, применяемые на карьерах, в том числе в стесненных условиях, возможно использовать при последующем использовании выработанного пространства карьера в качестве техногенной емкости.

Вскрытие транспортно-гравитационными технологическими схемами позволяет вести работы по осуществлению сброса текущих или сгущенных хвостов в техногенную емкость по средствам горных выработок, лотков, желобов или труб. В работе [99] для транспортировки текущих хвостов с точки выпуска на поверхности до места размещения в выработанном пространстве карьера предлагается использовать крутую траншею, выполняющую роль лотка (рисунок 2.7). Согласно [22], крутая траншея предназначена для доставки полезного ископаемого и породы из экскаваторных забоев к приемным площадкам наклонных подъемников на концентрационных горизонтах. Данная горная выработка, уклон которой может достигать 60° , предназначена для конвейерных установок или скиповых подъемников, транспортирующих горную массу. Ширину траншеи понизу устанавливают в зависимости от вида транспорта и числа путей или полос движения, а также от параметров проходческого оборудования и способа проходки.

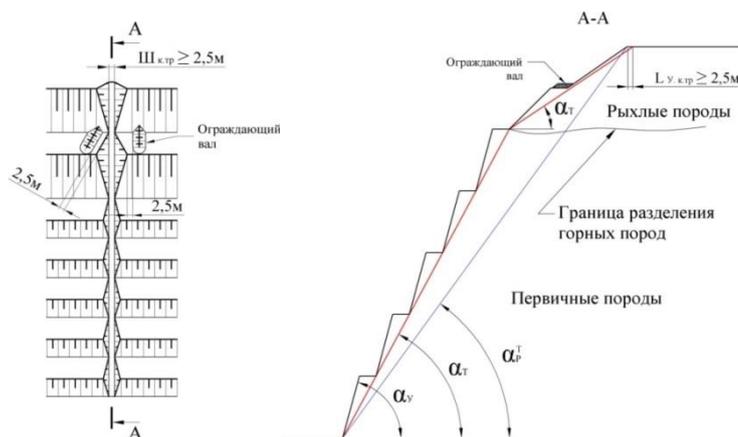


Рисунок 2.7 – Схема гравитационного доступа на примере крутой траншеи

Таким образом, проанализировав факторы, влияющие на возможность дальнейшей эксплуатации выработанного пространства карьера в качестве техногенной емкости можно сделать вывод, что петлевая трасса вскрывающих выработок является наиболее перспективной с точки зрения наличия свободного доступа на необходимый горизонт с целью обслуживания плавучих насосных станций и проведения мониторинга геомеханического состояния массива. Сброс хвостов обогащения необходимо располагать на противоположном борту от капитальной траншеи, что в свою очередь предполагает контролируемое формирование прудка. Кроме того, при освоении участка недр со значительным перепадом высотных отметок выпуск текучих или сгущенных хвостов должен осуществляться с наивысших точек рельефа.

При проведении горных работ по отработки балансовых запасов твердых полезных ископаемых сплошной поперечной системой разработки возможно также осуществлять размещение хвостов и продуктов переработки обогатительной фабрики в ранее отработанную часть выработанного пространства карьера при условии наличия поставленного в предельное положение одного из его бортов. Для этого необходимо обеспечить проведение ряда мероприятий по возведению пионерной дамбы, отделяющей зону ведения добычных работ от места размещения хвостов обогащения и формирования гидроизоляционного слоя (рисунок 2.8).

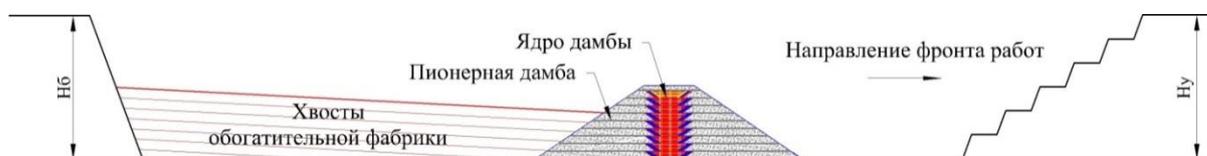


Рисунок 2.8 – Схема складирования хвостов обогащения в отработанную часть карьера сплошной системы разработки

При отработке балансовых запасов твердых полезных ископаемых углубочной системы разработки осуществляется с учетом соблюдения технических и технологических требований, а также ряда мероприятий, направленных на обеспечения экологической и промышленной безопасности. Схема создания техногенной емкости в отработанной части карьера при углубочной системе разработки представлена на рисунке 2.9.



Рисунок 2.9 – Схема создания техногенной емкости в отработанной части карьера при углубочной системе разработки

Формирование данной техногенной емкости возможно только после постановки борта в предельное положение, создания транспортно-гравитационной схемы доступа для осуществления сброса хвостов обогащения, а также наличия транспортного доступа. На этапе эксплуатации части карьера, освобожденная от рудных залежей, возникает зависимость размещения хвостов обогатительной фабрики от режима ведения горных работ, наличие вскрышных пород используемых в качестве материала для строительства и наращивания дамбы, по мере подвигания фронта работ.

Таким образом, на сегодняшний день одной из основных задач горной промышленности является полная отработка балансовых запасов месторождений полезных ископаемых при минимизации эксплуатационных затрат и повышении экологической эффективности при создании и эксплуатации техногенных георесурсов. Решение данных задач заключается в комплексном освоение участка недр за счет одновременного ведения добычных работ, формирования и эксплуатации техногенной емкости. Использование выработанного пространства карьеров обес-

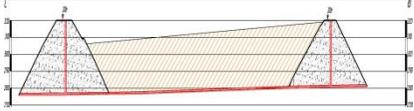
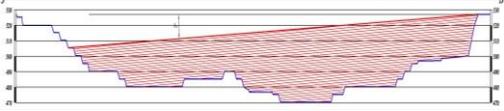
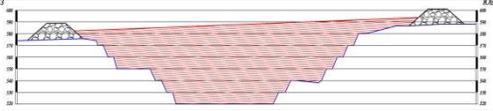
печивает возможность не только для складирования хвостов обогащения, а также сокращения площадей, нарушаемых горными работами.

При проектировании горнотехнической системы при открытой геотехнологии с перспективой последующего использования выработанного карьерного пространства в качестве техногенной емкости, главными факторами является: физико-механические и фильтрационные свойства пород слагающих горный массив; сектор эксплуатации и его место заложения; форма вскрывающих трасс [39]. Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, что на этапе ведения добычных работ петлевая форма трасс вскрывающих выработок приводит к приросту горной массы в среднем на 20%, однако она является наиболее эффективной при последующем использовании выработанного пространства карьера для размещения хвостов обогащения.

Место заложения точек сброса продуктов переработки полезных ископаемых имеет особое значение, так как оно способствует контролируемому формированию прудка, который необходимо оборудовать плавучей насосной станцией, для откачки воды в систему оборотного водоснабжения. Однако для формирования и эксплуатации карьерной выемки в качестве техногенной емкости необходимо изучить способы обеспечения требований экологической безопасности при повышении ее вместимости с целью размещения хвостов обогащения в карьере с использованием пород вскрыши [115].

Проведенный анализ показал, что создание техногенных емкостей, возможно, систематизировать по способу формирования относительно уровня земной поверхности и временной увязкой с процессом ведения горных работ. Классификация техногенных емкостей, представлена в таблице 2.2.

Таблица 2.1 – Систематизация техногенных емкостей

Признак		Техногенная емкость		
		Поверхностные (плотинные)	Глубинные (бесплотинные)	Комбинированные (поверхностно-глубинные)
Расположение относительно земной поверхности				
Способ возведения		- наливное; - намывное	—	- наливное
Увязка процесса с ведением горных работ	Строительство	Процесс формирования зависит от наличия пород используемых в качестве материала для строительства, отвечающим требуемым характеристикам	—	Процесс формирования связан с ведением вскрышных работ, а также наличием пород используемых в качестве материала для строительства, отвечающим требуемым характеристикам
	Эксплуатация	Эксплуатация техногенной емкости зависит от работы обогатительной фабрики и функционируемых комплексов	Складирование отходов обогатительной фабрики и продуктов их переработки осуществляется после полной отработки месторождения открытым способом. А также в период ведения горных работ с выполнением ряда технических и технологических требований	
Срок эксплуатации		С момента строительства до достижения проектной отметки уложенных хвостов	С момента отработки месторождения полезных ископаемых открытым способом до достижения проектной отметки уложенных хвостов	С момента достижения нижней отметки карьерной выемки до проектной отметки уложенных хвостов
Наличие технологических коммуникаций		-технологические съезды на внешних откосах ограждающей дамбы, через каждые 2000 м; -технологические съезды для обслуживания ПНС; -формирование разворотных площадок через каждые 500 м.	-формирование съезда для обслуживания ПНС на противоположной стороне от точки сброса хвостов.	-технологические съезды на внешних откосах ограждающей дамбы, через каждые 2000 м; -технологические съезды для обслуживания ПНС расположенные на противоположной стороне от точки сброса хвостов; -формирование разворотных площадок через каждые 500 м;
Система инженерной защиты		Мероприятий по предотвращению миграции загрязняющих веществ путем формирования: <i>глиняного ядра, противofiltrационных экранов, нанесения торкрет-смеси, геомембраны, геотекстиль, полимерные покрытия</i>	Мероприятия предотвращающие механизмы переноса: конвективный; диффузионный; дисперсионный	-формирование разворотных площадок через каждые 500 м; -создание зоны предохранительной зоны, расположенной между верхней бровкой борта карьера и нижней бровкой внутреннего откоса ограждающей дамбы.
Рекультивация нарушенных площадей земель и их сдача		После полного заполнения техногенной емкости хвостами обогащения		Рекультивация <i>требованного откоса дамбы</i> осуществляется после возведения ограждающей дамбы до проектной высотной отметки. Рекультивация <i>гребня дамбы, поверхности уложенных хвостов</i> осуществляется после достижения проектной отметки хвостов.

Для формирования и эксплуатации карьерной выемки в качестве техногенной емкости необходимо изучить способы обеспечения требований экологической безопасности при повышении ее вместимости с целью размещения хвостов обогащения в карьере с использованием пород вскрыши.

2.2 Обоснование комплексного освоения участка недр и способов повышения эффективности и экологической безопасности техногенной емкости

Комплексное освоение участка недр должно быть направлено на максимально полное, с учетом имеющихся технологических решений, использование осваиваемых георесурсов, а также на применение различных способов добычи для достижения максимального социального эффекта от вовлечения георесурсов в промышленную эксплуатацию [22, 23]. Перспективным вектором развития комплексного освоения участка недр является создание на базе карьеров и отвалов техногенных емкостей, которые возможно использовать в обозримой перспективе для размещения хвостов обогащения и продуктов их переработки. При этом классически формируемые выработанные пространства карьера являются техногенными емкостями расположенные непосредственно в недрах. Вскрышные породы, традиционно складировуются в отвал, однако его формирование в качестве ограждающих дамб позволяет создавать в процессе ведения горных работ емкости на дневной поверхности для размещения хвостов обогащения.

В работе выделено два направления по увеличению приемных техногенных емкостей: в недрах (глубинные) и на поверхности (поверхностные, поверхностно-глубинные) за счет пород вскрыши добываемых в процессе ведения горных работ. В связи со значительным ростом образования отходов горного производства, в том числе хвостов обогатительной фабрики на сегодняшний день основными задачами горного предприятия является полная отработка балансовых запасов твердых полезных ископаемых при минимизации вынимаемого из недр объема пород вскрыши, с целью обеспечения роста эффективности горного предприятия и сокращении эксплуатационных затрат, а также сокращение площадей занимаемых земельных участков. Уменьшение объема вскрышных пород при одной и той же конфигурации залежей рудных тел с сохранением требуемой производительностью карьера по полезному ископаемому возможно методом изменения угла нерабочих откосов нижних горизонтов карьера, за счет сокращения параметров тех-

нологических площадок [87]. Изменения угла откосов нижних уступов дает возможность не только увеличить глубину ведения открытых горных работ и обработки приконтурных балансовых запасов полезных ископаемых, но и повысить вместимость техногенной емкости, сформированной на базе карьерного пространства, с целью последующей его эксплуатации. Факторы, влияющие на возможность реализации данных мероприятий являются: коэффициент запаса устойчивости, срок отработки карьера, параметры применяемого горнотранспортного оборудования, производительность обогатительной фабрики, объем складированных хвостов обогащения и продуктов их переработки, схема вскрытия карьера, физико-механические характеристики пород слагаемых массив [122].

Согласно действующей нормативной документации [1, 69, 85, 108, 137], для горнодобывающих предприятий, осуществляющих открытый способ добычи с формированием отвалов, коэффициент запаса устойчивости с целью обеспечения длительной устойчивости равен 1,3. В то же время, данный показатель может быть установлен в зависимости от срока отработки карьера. Рекомендуемые значения K_{3y} в зависимости от срока службы карьера, представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Рекомендуемые значения K_{3y} в зависимости от срока отработки карьера

Срок эксплуатации карьера, лет	Коэффициент запаса устойчивости	
	борта карьера	уступов
<2	1,1-1,2	1,3
2 - 5	1,2	1,5
5 - 15	1,3	1,5
15 - 25	1,3-1,4	2,0
более 25	1,3-1,5	2,0

Таблица 2.4 – Рекомендуемые значения K_{3y} при различных геологических условиях

Общая характеристика пород, тип откоса	Менее 5 лет	Более 5 лет
Нерабочий борт		
Глинистые и трещиноватые	1,2	1,3
То же, преобладание глинистых и трещиноватых	1,15	1,2
Рабочий борт		
Рабочие уступы	1,2	-
Нерабочие уступы, глинистые и трещиноватые	1,5	2
То же, песчаные и гравелистые	1,15	1,2

Таким образом, в случае разработки месторождений срок отработки, которых до 15 лет, поддержание и восстановление временной устойчивости массива предусматривается за счет складированных хвостов обогащения и продуктов их переработки.

Согласно приведенным исследованиям авторами [8, 68, 69, 73] показано, что для месторождений медно-колчеданных руд Уральского региона характерна закономерность, при которой складирование хвостов обогащения первой половины глубины карьера необходимо осуществлять с обеспечением реализации мониторинга массива, поскольку возможно разупрочнение массива и его деформация. Поэтому данный период является наиболее опасным с точки зрения снижения запаса прочности.

Изменение параметров технологических элементов горной выработки на нижних горизонтах позволяет сократить объем вскрышных пород, при этом добычные работы предусматривается вести на технологических площадках ограниченных размеров. В качестве технического решения в данных условиях возможно использование дистанционно-управляемого (роботизированного) горнотранспортного оборудования [12, 95, 118, 142, 145]. Возможность применения роботизированного оборудования с целью увеличения угла откоса нижних горизонтов было исследовано в условиях месторождения Восточно-Семеновской группы в сравнении с проектными решениями. Исследование проводилось с построением 3D-модели. Модель карьера представлена на рисунке 2.10.

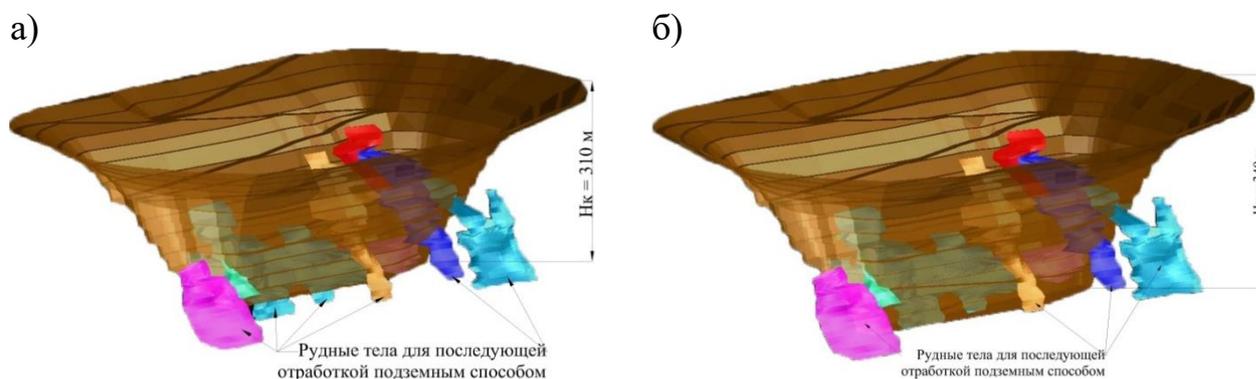


Рисунок 2.10 – 3D-модель Восточно-Семеновского месторождения:
а) проектный контур карьера; б) предлагаемый контур карьера, с учетом увеличения угла откоса уступов нижних горизонтов

Анализ данных показал, что изменение конструктивных параметров горизонтов +270 ÷ +180 м дает возможность дополнительной выемки открытым способом балансовых запасов золото-медно-цинковых руд на 20%, повышая вместимость техногенной емкости на 2,1 млн. м³.

При формировании техногенной емкости на дневной поверхности способами повышения вместимости приемной способности являются создание по периметру

ограждающей дамбы с использованием пород вскрыши, а также изменением угла внутреннего откоса дамбы за счет применения современных конструктивных решений. Строительство дамбы необходимо осуществлять в период ведения горных работ.

В работе объектом исследования является горнотехническая система открытой геотехнологии, предусматривающая размещение хвостов обогащения руд в техногенной емкости формируемой одновременно с развитием открытых горных работ, которая определена по методике [44, 98], с учетом ввода в эксплуатацию карьеров и целесообразности создания техногенной емкости в кратчайшие сроки для размещения хвостов обогащения при отработки соседних участков. При переходе на очередной участок разработки может возникнуть ситуация, когда необходимо увязать требуемую вместимость создаваемой техногенной емкости со сроком отработки балансовых запасов осваиваемого участка [70, 71]. Срок эксплуатации горнотехнического сооружения определяется производительностью обогатительной фабрики по хвостам, продолжительностью ее работы, наличием свободных площадей земель и объемом хвостов, которые необходимо разместить в техногенной емкости.

Для обеспечения мероприятий по увеличению вместимости техногенной емкости в работе предусматривается формированием ограждающей дамбы по периметру карьера, конструкции которой в работе условно разделены на три элемента, которые не противоречат общепринятой конструкции плотин это: основное тело, внешний и внутренний откос. Схема ограждающей дамбы представлена на рисунке 2.11.



Рисунок 2.11 – Схема ограждающей дамбы

Существует два способа формирования конструкции основного тела ограждающей дамбы:

1. Послойное возведение из пород вскрыши. Формирование основного тела осуществляется из скальной породы используемой в качестве строительного материала. Технологическая схема послойного формирования основного тела дамбы представлена на рисунке 2.12.

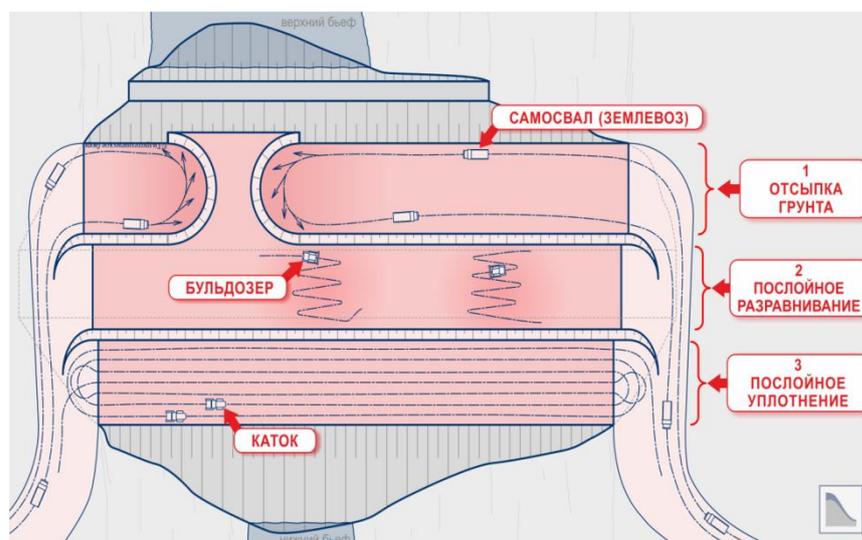


Рисунок 2.12 – Схема послойного возведения ограждающей дамбы

Однако применение данного способа возведения тела дамбы, предусматривает создание системы инженерной защиты за счет формирования противофильтрационного экрана вдоль ее внутреннего откоса.

2. Послойное возведение тела ограждающей дамбы с созданием системы инженерной защиты – глиняного ядра. С целью повышения изоляционных свойств создаваемого слоя необходимо производить укатку рыхлых пород с использованием дорожных вибрационных катков [99, 100, 141]. Схема формирования ограждающей дамбы с глиняным ядром, представлена на рисунке 2.13.

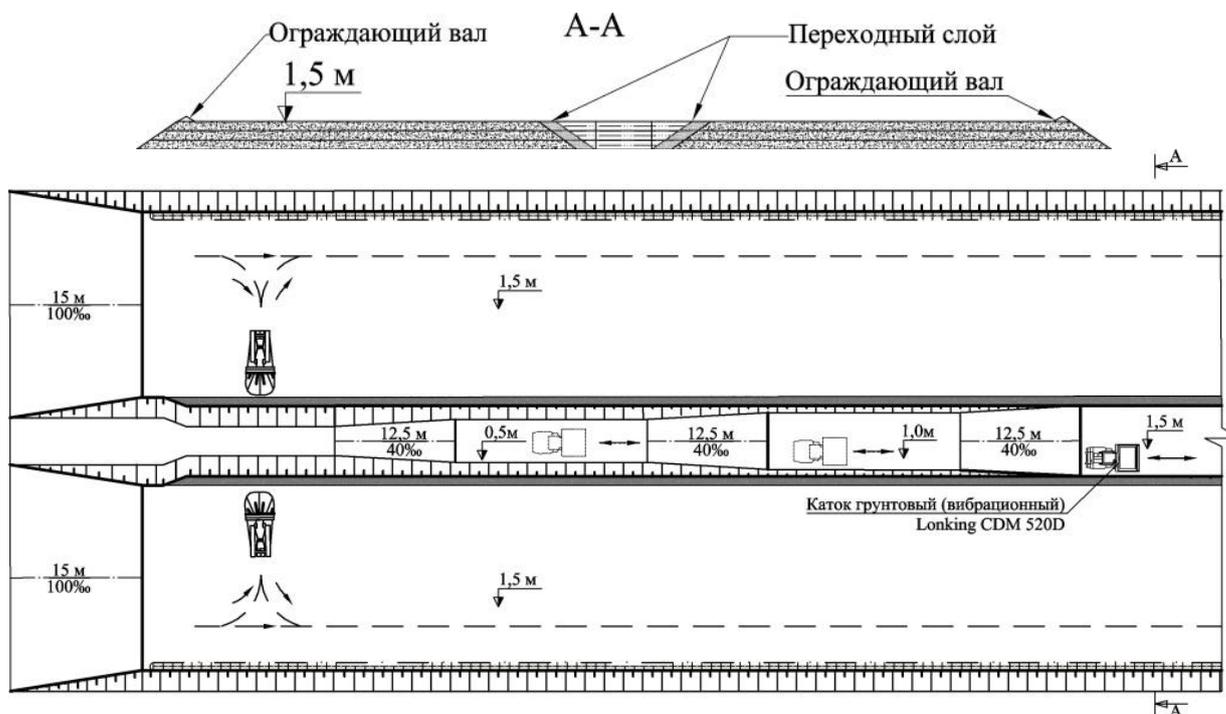


Рисунок 2.13 – Схема строительства ограждающей дамбы с глиняным ядром, формируемой непосредственно при ведении добычных работ

В работе с целью повышения эффективности ведения горных работ предлагается внешний откос формируемой ограждающей дамбы выколаживать на этапе строительства в соответствии с выбранным направлением рекультивации. Согласно нормативным требованиям выделяются направления рекультивации, представленные в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Направления рекультивации

Направление рекультивации	Угол откоса, град	Назначение
Сельскохозяйственное	12	Сенокосы, пашни, пастбища, многолетние насаждения
Лесохозяйственное	25	Лесонасаждения общего хозяйственного и полезного назначения, лесопитомники
Водохозяйственное	-	Водоемы для хозяйственно-бытовых, промышленных нужд, орошения и рыбоводческие объекты
Рекреационное	20-40	Зоны отдыха и спорта: парки и лесопарки, водоемы для оздоровительных целей, охотничьи угодья, туристические базы и спортивные сооружения
Санитарно-гигиеническое	20-40	Участки природоохранного назначения: противоэрозионные лесонасаждения, задернованные или обводненные участки, участки, закрепленные или законсервированные техническими средствами, участки самозарастания – специально не благоустраиваемые для использования в хозяйственных или рекреационных целях
Строительное	20-40	Площадки для промышленного, гражданского и прочего строительства, включая размещение отвалов отходов производства (горных пород, строительного мусора, хвосты обогащения и др.)

Выколаживание внешнего откоса дамбы для создания зоны рекультивации на этапе формирования техногенной емкости позволит сократить затраты на аренду отчуждаемой площади земельного участка. В рамках предлагаемой концепции формирование внешних откосов дамбы с углом, обеспечивающим выбранное направление рекультивации, позволяет своевременно, не дожидаясь окончания добычных работ сдавать с учетом экологических целей по актам рекультивации.

Изменение вместимости целенаправленно сформированной техногенной емкости возможно варьированием угла внутреннего откоса ограждающей дамбы. Сегодня применяются множество различных технологий и материалов, позволяющие регулировать угол откоса с обеспечением его устойчивости. В работе изменение угла внутреннего откоса ограждающей дамбы предлагается обеспечивать применением: габионных конструкций и подпорных стенок.

Габионы представляет собой конструкцию, выполненную из прочной сетки и заполненную натуральными или искусственными камнями [79]. Для увеличения

прочностных характеристик в габионное сооружение может быть добавлен каркас, сделанный из арматуры или других металлических прутьев. Данная конструкция направлена на обеспечение защиты искусственных и естественных насыпей от оползней и других разрушительных процессов, вызванных действиями природных факторов. Габионные конструкции могут иметь различные размеры и форму. Подпорно-удерживающие и подпорно-защитные габионные конструкции и сооружения могут находить применение в следующих наиболее характерных случаях:

- при обустройстве откосов земляного полотна;
- при повышении устойчивости подмостовых конусов береговых сооружений;
- при укреплении склонов;
- при устройстве земляного полотна, съездов транспортных развязок движения и других дорожных сооружений в стесненных условиях при близкорасположенных подземных коммуникациях;
- при усилении и стабилизации эксплуатируемых деформирующихся насыпей, а также при укреплении крутых и высоких склонов (откосов);
- при устройстве водоотводных, водопропускных, водобойных и очистных сооружений, а также подводящих, отводящих и канализируемых русел;
- при реконструкции автомобильных дорог и их расположении вблизи подземных коммуникаций.

Срок службы габионных сооружений в среднем составляет для габионных сооружений из проволоки: с цинковым покрытием – 35 лет; с гальфановым покрытием – 75 лет; с металлическим антикоррозионным покрытием с дополнительной полимерной оболочкой – не менее 75 лет.

Преимущества габионных конструкций, представлены на рисунке 2.14.



Рисунок 2.14 – Преимущества габионных конструкций

В зависимости от формы конструкции применяются для разных целей. Пример габионной конструкции, представлен на рисунке 2.15.



Рисунок 2.15 – Сооружение с применением габионных конструкций

Различают три вида габионных конструкций: коробчатые; цилиндрические; матрасно-тюфячные.

- *Коробчатые габионные конструкции* представляют собой специализированные каркасы в форме параллелепипеда. Ширина от 1 до 2 м, длина от 2 до 6 м, высота от 0,5 до 1 м. С целью повышения прочностных характеристик внутри конструкции устанавливают стальные панели-диафрагмы расположенные в определенном порядке. Материал данной конструкции: стальная оцинкованная сетка с шестигранными ячейками, прикрепленная к каркасу или сваренный из стального прута каркас. Схема коробчатой конструкции габионов, представлена на рисунке 2.16.

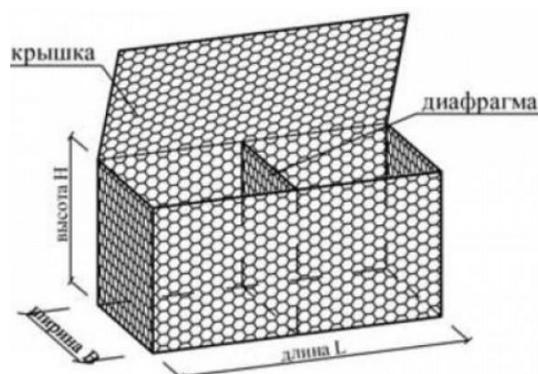


Рисунок 2.16 – Схема коробчатой конструкции габионов

В сооружениях высотой более 7-8 м в проекте необходимо предусматривать устройство промежуточных берм. Варианты формирования габионных сооружений, представлены на рисунке 2.17.

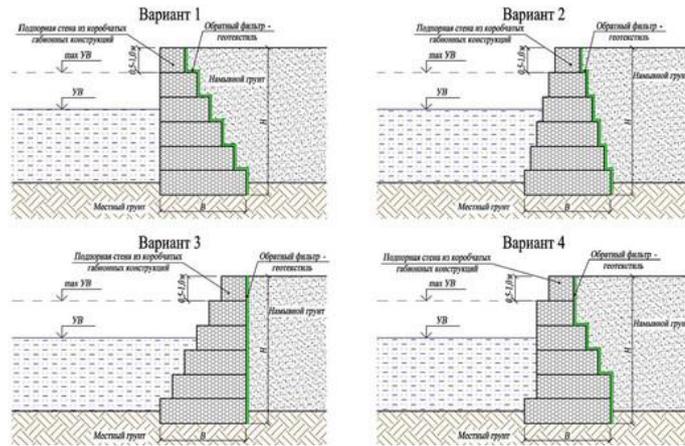


Рисунок 2.17 – Варианты формирования габионных сооружений коробчатой конструкции

- *Цилиндрические габионы* изготавливаются в форме цилиндра и обладают повышенной гибкостью, так как отсутствуют ребра жесткости. Такие габионы имеют длину 2 – 4 м. Диаметр данной конструкции – от 0,65 м до 0,95 м. Изготавливаются из стальной сетки двойного кручения. Область применения: укрепления возведенных дамб, обустройство оснований подпорных стенок и для защиты от подмыва. Конструкция цилиндрических габионов, представлена на рисунке 2.18.



Рисунок 2.18 – Схема цилиндрической конструкции габионов

- *Плоские матрасные габионы* или *матрасно-тюфячные*, формируются высотой от 20 до 30 см, шириной – от 1 до 2 м, длиной от 1 до 6 м. Матрасная конструкция габионов, представлена на рисунке 2.19.

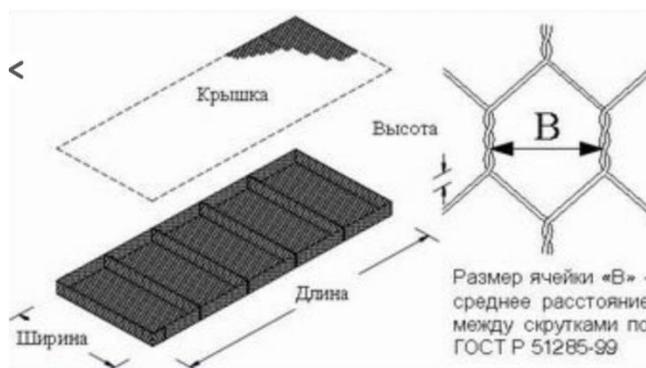


Рисунок 2.19 – Схема матрасная конструкция габионов

Для определения возможности применения данных конструктивных решений проведен ряд мероприятий по определению необходимых параметров габрионных конструкций с целью сохранения устойчивости дамбы. В основе расчета средней ширины подпорной стенки лежит определение размера призмы возможного обрушения в предельном состоянии укрепляемого откоса с точки зрения устойчивости.

В учебнике академика РИА, засл. деятеля науки и техники РФ, профессора, доктора технических наук С.Б. Ухова «Механика грунтов, основания и фундаменты» [1, 35] предлагается следующая формула:

$$L = h \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right), \quad \text{м} \quad (2.1)$$

где h - высота укрепляемого откоса, м;

φ - угол внутреннего трения пород укрепляемого откоса, град.

Это значение будет соответствовать средней ширине подпорной стенки.

Формула для определения среднего размера ширины подпорной стенки из габионов:

$$d = \frac{K_{\text{з}} \cdot H_{\text{д}} \cdot \gamma_{\text{п.д.}}}{2 \cdot \gamma_{\text{п.г.}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \cos \alpha_e}, \quad \text{м} \quad (2.2)$$

где $K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса устойчивости;

$H_{\text{д}}$ – высота дамбы, м;

$\gamma_{\text{п.д.}}$ – плотность пород дамбы, кг/м³;

$\gamma_{\text{п.г.}}$ – плотность пород габиона, кг/м³;

φ_2 – угол внутреннего трения пород габиона, град;

α_e – угол естественного откоса пород дамбы, град.

В работе на основе зависимости (2.1) и (2.2) выполнено обоснование средней ширины подпорной стенки из габионной конструкции для условий месторождений Восточно-Семеновской группы при формировании дамбы техногенной емкости с использованием пород вскрыши (таблица 2.6).

Таблица 2.6– Результаты определения средней ширины подпорной габионной стенки дамбы для условий месторождения Восточно-Семеновской группы

Высота дамбы, м	Физико-механические свойства пород дамбы			Физико-механические свойства пород габиона		Коэффициент запаса устойчивости	Средняя ширина подпорной стенки	
	$\gamma_{\text{п.д.}}$	α_e	φ	$\gamma_{\text{п.г.}}$	$\varphi_{\text{г.}}$		L	d
10	1,6	35	22	2,75	51,7	1,3	3	3,1
50	1,6	35	22	2,75	51,7	1,3	14	12,4

Полученные значения ширины подпорной стенки имеют близкие значения и предназначены для формирования габионной конструкции в первом приближении, что обеспечивает техническую возможность создания подпорной стенки с заданными параметрами. Следует отметить, что в документе [79] определена ширина предохранительных берм шириной не менее 3 м между ярусами габионов при их высоте 8 м. На рис. 2.20 представлены габионные конструкции для дамбы в условиях Восточно-Семеновского месторождения в диапазоне значений параметров, влияющих на устойчивость откоса.

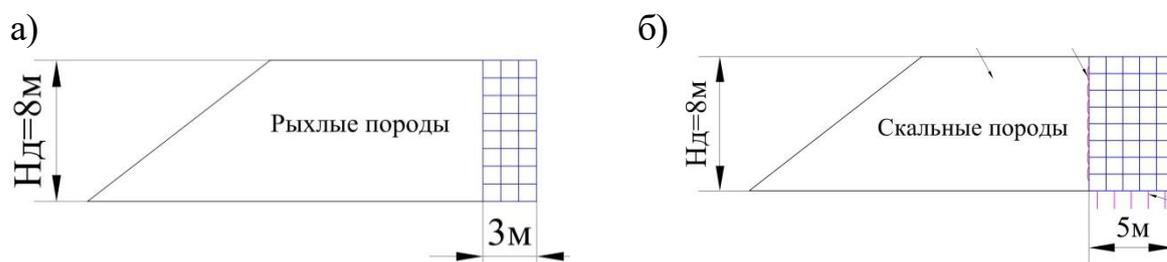


Рисунок 2.20 – Конструкция подпорной габионной стены ограждающей дамбы хвостохранилища Восточно-Семеновского месторождения

а – дамба сформирована из рыхлых пород вскрыши;

б – дамба сформирована из скальных пород вскрыши

С целью выявления целесообразности применения габионных конструкций и обоснования максимальной высоты при использовании в качестве наполнителя горных пород, осуществлено параметризованное моделирование, результаты которого представлены на рисунке 2.21.

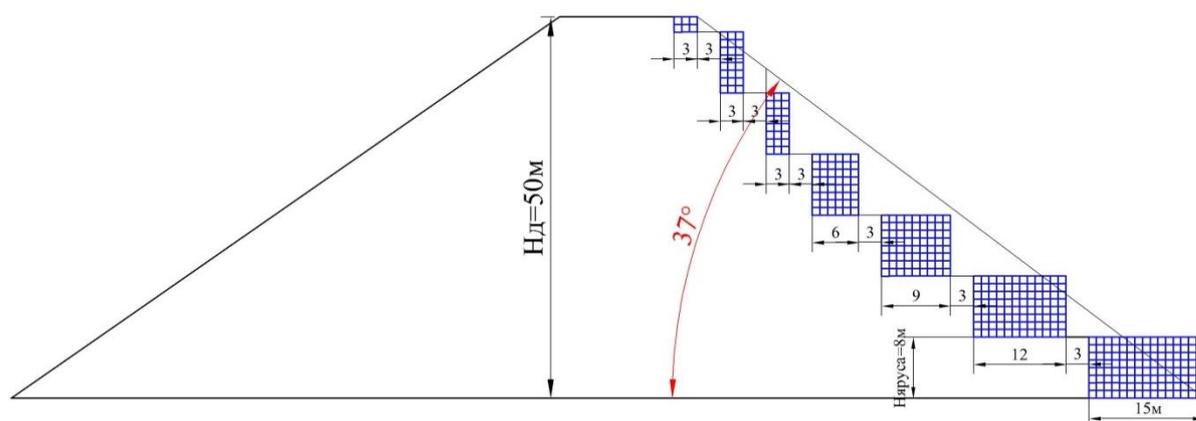


Рисунок 2.21 – Конструкция подпорной габионной стены ограждающей дамбы высотой 50 м

Анализ полученных конструкций показал, что габионные стенки имеют ограниченную область применения, целесообразность использования такой под-

порной стенки существует для дамб, сформированных из рыхлых пород и имеющих небольшую высоту. При высоте дамбы более 20 м, результирующий угол откоса габионной конструкции становится пологим, а затраты, связанные с сооружением такой удерживающей стены, экономически не целесообразны.

Таким образом, в практике известно применение габионных конструкций на гидротехнических сооружениях, что говорит об их прочностных, противофильтрационных характеристиках и о возможности применения, при формировании внутреннего откоса ограждающей дамбы техногенной емкости (рисунок 2.22).

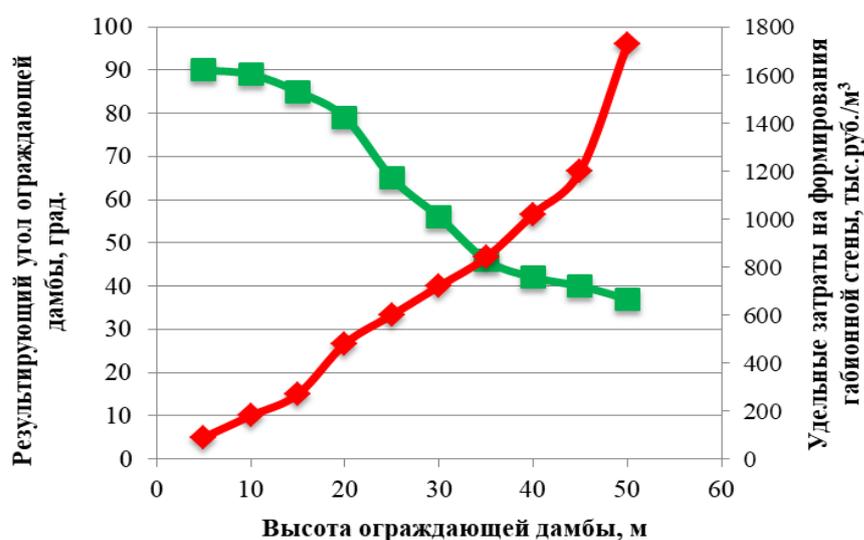


Рисунок 2.22 – Зависимость изменения угла внутреннего откоса от высоты ограждающей дамбы при использовании габионных конструкций

В работе предложена технология формирования ограждающей дамбы техногенной емкости с глиняным ядром и габионной подпорной стеной.

Возведение ограждающей дамбы на первом этапе предусматривает перемещение пород вскрыши на технологическую площадку, расположенную со стороны внешнего откоса. Скальные породы вскрыши, используемые в качестве строительного материала перемещаются непосредственно с забоя в штабель, расположенный на участке строительства дамбы. Процесс создания габионных конструкций заключается в сборке габионов на участке монтажа в пределах технологической площадки. Нижний слой габионов закрепляется в массиве забитыми по углам стержнями, которые закрепляются в массив забитыми по углам стержнями, которые связываются между собой [98], с целью обеспечения устойчивости собранной конструкции. Затем механизированным способом

происходит процесс заполнения габионных каркасов. Заполняются каркасы скальной породой, заранее размещенной в штабелях. Для получения необходимого размера куска до 250мм с целью обеспечения плотной укладки породы и минимального количества пустот, на технологической площадке предусматривается сортировочный комплекс. Габионы укладываются рядами друг на друга и связываются по всему периметру[35]. Схема размещения штабелей на технологической площадке, представлена на рисунке 2.23.

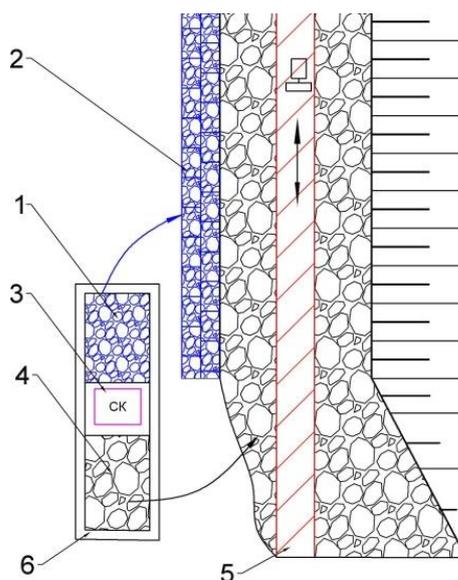


Рисунок 2.23 – Схема технологической площадки

1 – скальная порода для наполнения габионных каркасов; 2 – габионная подпорная стена; 3 – сортировочный комплекс; 4 – скальная порода; 5 – рыхлая порода; 6 – штабель

На практике известно также регулирование угла внутреннего откоса дамбы по средствам возведения подпорной стенки, которая по своим конструктивным особенностям подразделяется на уголкового и контрфорсные.

- Уголкового подпорные стены получили широкое применение. Они являются вертикальными полками для укрепления стен и принятия горизонтального давления. Горизонтальная полка уголка расположена в сторону формирующего откоса, что обеспечивает устойчивость созданного сооружения. Конструкции формируются как из монолитного, так и из сборного железобетона. Подпорная стена имеет наклон до 7-9 град в сторону засыпки, что увеличивает устойчивость стены. Схема уголкового подпорной стенки, представлена на рисунке 2.24.

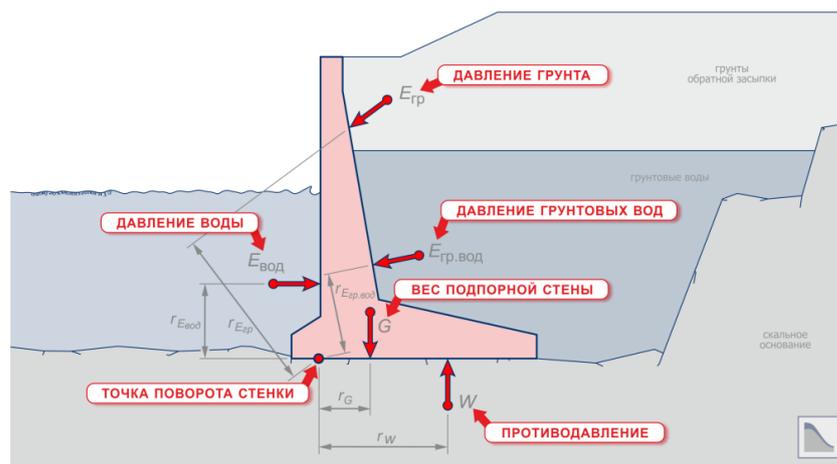


Рисунок 2.24 – Схема уголковой подпорной стенки

Применение уголковых стен экономически выгодно при формировании конструкции высотой 5-8 м. Увеличение высоты подпорной стены приводит к высокой стоимости конструкции.

- Контрфорсные подпорные стены этого типа экономически целесообразны при высоте конструкции 8-10 м. Контрфорс состоит из 3-х основных элементов: вертикальной плиты, фундаментной плиты и контрфорса. Расстояние между контрфорсами принимается до 3 м. Схема контрфорсной подпорной стенки представлена на рисунке 2.25.

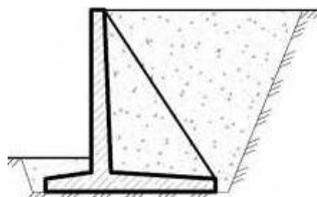


Рисунок 2.25 – Схема контрфорсной подпорной стены

Таким образом, углы откосов нижних горизонтов изменяются с целью добычи полезных ископаемых и увеличения горной массы, в минимальных ее значениях для обеспечения эффективности горнодобывающего предприятия, что положительно влияет на вместимость техногенной емкости.

Повышение вместимости техногенной емкости при создании ограждающей дамбы вдоль технической границы выработанного пространства карьера с учетом допустимых расстояний, достигается применением различных способов, обеспечивающих увеличение внутреннего угла откоса. С целью обеспечения возможности сдачи внешнего откоса ограждающей дамбы не после проведения работ по

консервации техногенного образования, а непосредственно в период ведения горных работ, в диссертации предусматривается выколачивание откоса в зависимости от направления рекультивационных работ.

Изменение угла внутреннего откоса определяет увеличение вместимости техногенной емкости, в зависимости от срока эксплуатации, объема размещаемых хвостов обогащения или продуктов их переработки, величина которого зависит от применяемых инженерных конструкций: габионные сооружения и подпорные стенки.

С целью определения рациональных параметров создаваемой техногенной емкости для складирования хвостов обогащения и продуктов их переработки необходимо разработать методику, учитывающую возможность использования скальных и рыхлых пород для формирования ее ограждающей дамбы при обеспечении экологической безопасности [96].

На сегодняшний день эффективность функционирования горнодобывающей отрасли возможно за счет развития направлений комплексного освоения участка недр Земли, а также при выполнении мероприятий по обеспечению требований экологической безопасности с учетом подготовки выработанного пространства карьера и создания на его базе техногенного объекта для складирования хвостов обогащения и продуктов их переработки [38, 138]. Это является основной задачей функционирования горно-перерабатывающего предприятия. Экологические требования при решении данного вопроса направлены на предотвращение негативного влияния на атмосферу, гидросферу и литосферу [11, 111]. На практике данные требования достигаются за счет создания изоляции техногенного объекта с целью обеспечения предотвращения миграции загрязняющих веществ в воздушный бассейн, поверхностные и подземные воды, а также в почву по средствам формирования противодиффузионных экранов.

Возможность размещения хвостов обогащения в целенаправленно сформированные техногенные емкости на базе выработанного пространства карьера, увеличение приемной емкости которого возможно с использованием пород вскрыши, в соответствии с экологическими требованиями определяется обеспечением их изоляции.

Воздействие работ по складированию хвостов обогащения твердых полезных ископаемых и продуктов переработки на почву незначительно, так как хво-

сты состоят в основном из пустой породы, то есть имеют сравнительно минимальное содержание металлов.

Наличие грунтовых и поверхностных вод находящихся вблизи целенаправленно сформированной техногенной емкости является основным условием, требующим организации системы инженерной защиты. Загрязнение грунтовых вод химическими элементами хвостов обогащения за контуром массива техногенного объекта реализуется в соответствии со следующими механизмами переноса: конвективный; диффузионный; дисперсионный. Данные механизмы четко прослеживаются на условных этапах эксплуатации сформированной техногенной емкости на базе выработанного пространства карьера с использованием пород вскрыши: начало складирования; завершение складирования; консервации.

1. Конвективный перенос загрязняющих веществ возможен лишь при фильтрации воды из эксплуатируемого техногенного объекта в литосферу. В зависимости от расположения уровня поверхностных вод, предусматривается, применение различных мер создания системы инженерной защиты. В случае, когда верхний уровень хвостов обогащения в техногенной емкости не превышает местный уровень подземных и грунтовых вод, то градиент напора будет равен нулю или отрицательным, и утечка жидкой фазы из формируемого массива с содержащимися в ней загрязняющего вещества будет невозможна. Схема конвективного переноса загрязняющих веществ, представлена на рисунке 2.26.



Рисунок 2.26 – Схема конвективного переноса загрязняющих веществ с расположением уровня грунтовых вод выше поверхности укладываемых хвостов

В условиях, когда уровень грунтовых вод находится ниже поверхности складированных хвостов обогащения, необходимо обеспечить мероприятия по созданию противодиффузионного экрана в процессе ведения горных работ. В случае, отсутствия целесообразности создания противодиффузионного экрана, складирование отходов может быть осуществлено при условии поддержания ми-

нимальной разности отметок уровня между зеркалом воды и поверхности уложенных хвостов обогатительной фабрики. Схема конвективного переноса загрязняющих веществ, представлена на рисунке 2.27.

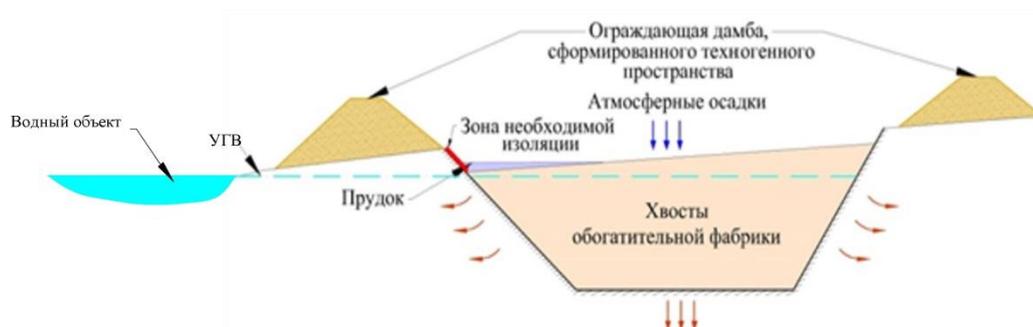


Рисунок 2.27 – Схема конвективного переноса загрязняющих веществ с расположением уровня грунтовых вод ниже поверхности укладываемых хвостов

Для исключения конвективного переноса загрязняющих веществ предусматривается формирование противодиффузионного экрана. В качестве материала для строительства данных экранов используют: суглинистый грунт, рыхлые породы вскрыши, мелкодисперсная фракция горной породы, в том числе хвосты обогащения; полиэтиленовая пленка или другие материалы, обладающих необходимыми фильтрационными характеристиками [51, 99]. При этом определение на этапе проектирования необходимости использования выработанных пространств карьера для складирования хвостов обогащения, оценивает возможность использования соответствующего типа экрана для создания изоляции непосредственно в период ведения горных работ.

2. Диффузионный перенос представляет собой стремление к выравниванию содержания растворенного вещества по всему объему растворителя. Наиболее характерен данный механизм на этапе завершающего складирования. Диффузионный перенос загрязняющих веществ из складированного массива минимальный, так как хвосты обогащения имеют незначительное содержание вредных веществ в сравнении с целиками, имеющимися в законтурном массиве. На завершающем этапе необходима изоляция поверхности размещенных хвостов и продуктов их переработки обогатительной фабрики для предотвращения поступления и накопления атмосферных осадков в сформированном массиве [101, 102]. Схема механизма диффузионного переноса представлена на рисунке 2.28а-2.28в).

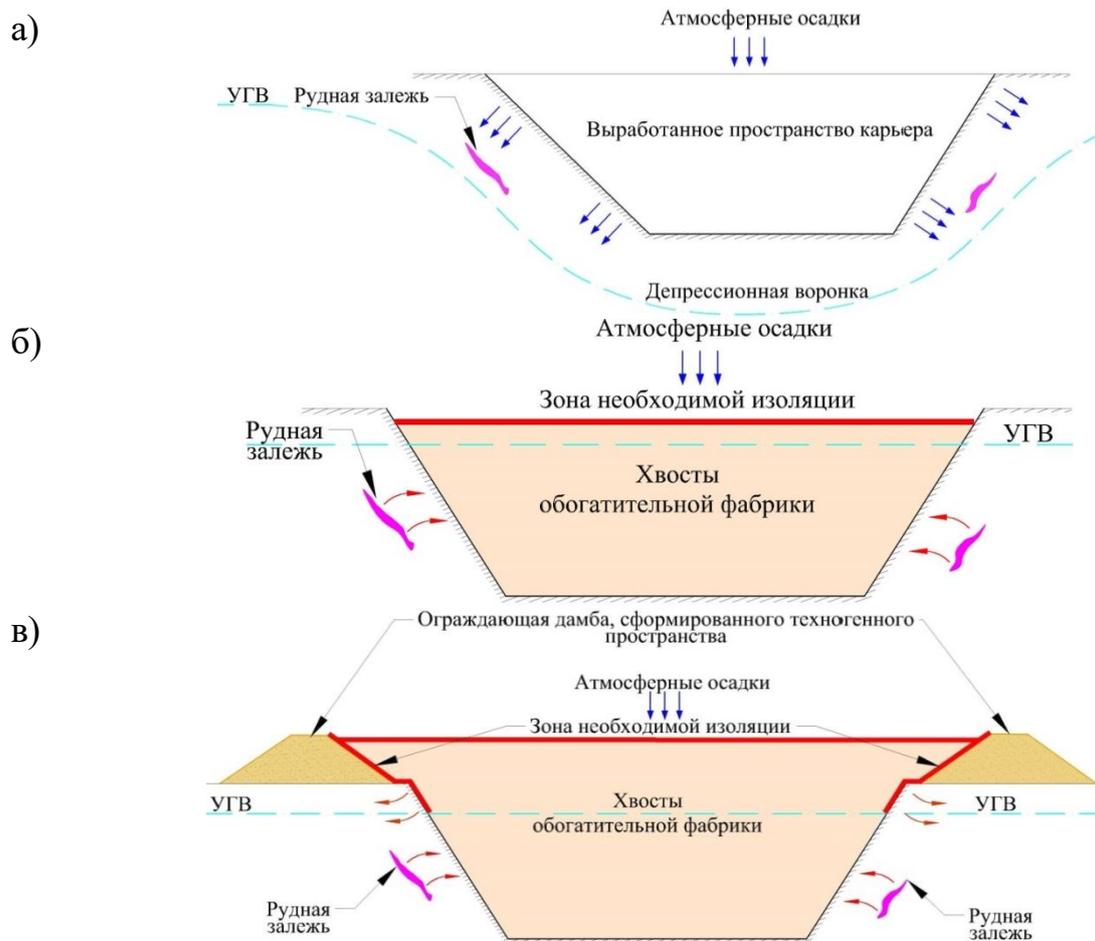


Рисунок 2.28 – Схема механизма диффузионного переноса загрязняющих веществ при размещении хвостов обогащения в техногенную емкость на базе выработанное пространство карьера:

а) на этапе начала складирования; б) на этапе завершения складирования; в) и поверхностных объектах, созданных с использованием пород вскрыши

При создании дополнительных ограждающих дамб с использованием пород вскрыши с соответствующими физико-механическими и фильтрационными характеристиками необходимо обеспечить предотвращение миграции загрязняющих веществ в тело и через него в окружающую среду. Для этого предусматривается создание противодиффузионных экранов, ядра, для формирования, которых могут использоваться преимущественно глинистый грунт, рыхлые породы вскрыши, а в качестве альтернативных материалов - полиэтиленовая пленка, грунтобитумные, асфальтобетонные экраны и другие. Создание гидроизоляции уступов верхних горизонтов до отметки -2 м от уровня грунтовых вод необходимо обеспечить в период постановки борта карьера в предельное положение, с подбором соответствующих противодиффузионных экранов (рисунок 2.28в).

3. Дисперсионный перенос загрязняющих веществ возможен только при движении воды в сформированном техногенном массиве. Для исключения движения воды через размещенные хвосты обогащения необходимо обеспечить ее минимальный объем, определяющий степень осветления воды для последующей откачки в систему оборотного водоснабжения обогатительной фабрики. При достижении хвостов проектной отметки в пределах используемой полезной емкости сформированного техногенного объекта необходимо предотвратить попадание в массив атмосферных осадков и поверхностных вод путем формирования противофильтрационного слоя по всей поверхности уложенных хвостов. Наиболее целесообразным является использование пород вскрыши отвечающих требованиям как физико-механическим, так и фильтрационным характеристикам.

Таким образом, для исключения возможности миграции загрязняющих веществ в грунтовые воды необходимо создание изоляции путем формирования противофильтрационных экранов.

Современный уровень развития технологий по созданию системы инженерной защиты с использованием перспективных материалов, которые обеспечивают высокую эффективность и долговечность, позволяет формировать и эксплуатировать сложные техногенные объекты в различных геологических, гидрогеологических условиях.

На практике известны два способа гидроизоляции хвостов обогащения и продуктов их переработки при их размещении в техногенном пространстве [28, 46, 48, 90]:

- конструкционный – использование специальных материалов и технологии их формирования. Материалы, для создания изоляционных конструкций, не являются добытыми породами при разработке месторождения полезных ископаемых;

- технологический – предусматривает применение материалов, вынимаемых при разработке месторождений рыхлых пород с требуемыми противофильтрационными свойствами. Формирование данных экранов осуществляется одновременно с ведением горных работ, то есть с применением пород непосредственно из забоя или из пород, ранее селективно складированных в отвалы.

В условиях целенаправленного формирования техногенной емкости при освоении балансовых запасов месторождения, в качестве материала для создания противофильтрационных экранов целесообразно применять вскрышные породы,

представленные слабопроницаемыми грунтами: глиной и суглинками, мелкозернистыми песчаниками, а также лежалыми хвостами обогащения, негрунтовыми материалами, такими как бетон, железобетон, полимерные, битумные материалы и др. Данные экраны применяются для изоляции ложе-оснований и внутренних откосов техногенных объектов, формируемых в качестве приемной емкости на базе внешних отвалов, а также их поверхности, в том числе и при завершении размещения хвостов в техногенное пространство.

К конструктивному способу изоляции относится создание противодиффузионного экрана с использованием материалов таких как: железобетонные плиты, асфальтобетонные экраны, полиэтиленовая пленка, геотекстиль, а также по средствам торкретирования или набрызг-бетона.

Экраны из полиэтиленовой пленки производится согласно СН 551-82. Экран состоит из основания из однородного грунта на глубину 15–20 см с фракциями не крупнее 3 мм спланированного и протравленного гербицидами, уплотненного гладкими катками, и полиэтиленовой пленки. При наличии в грунтах более крупных фракций в основании устраивается песчаная подготовка слоем не менее 10 см. На пленку укладывается защитный слой из мелкозернистого грунта толщиной 0,5 м по дну и 0,8 м на откосах. Заложение откосов должно быть не круче 1:3,5. Защитный слой формируется бульдозером на полную толщину. Конфигурации применения полиэтиленовой пленки в качестве гидроизоляции, представлены на рисунке 2.29.

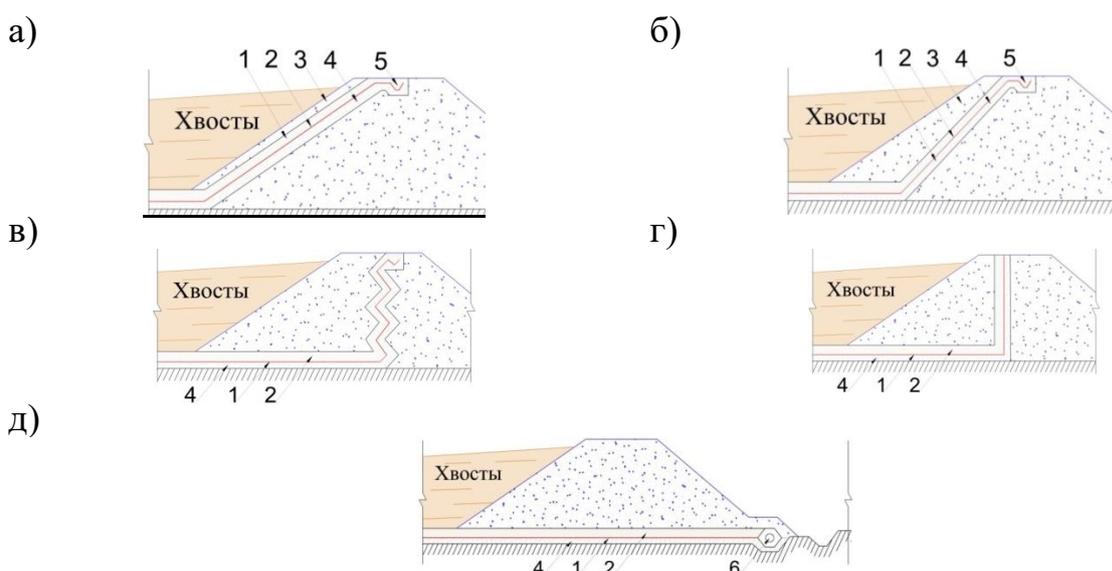


Рисунок 2.29 – Типы пленочных противодиффузионных устройств накопителей
 а, д – экраны; б, в, г – наклонная и вертикальная диафрагма; 1-пленочное покрытие; 2 - защитный слой грунта; 3 - пригрузка; 4 - подстилающий слой грунта; 5 - крепление края пленочного покрытия; 6 - дренаж

При двухслойном экране промежуточный (дренажный) слой делается из качественного песка слоем 0,5 м. [124]. Нижний и верхний защитные слои выполняются как для однослойного экрана. Сопряжение полиэтиленового экрана с сооружениями и коммуникациями является одним из наиболее слабых мест противofильтрационного устройства. Пленка в районе бетонных опор и труб приклеивается к ним горячей битумной мастикой, которую одновременно наносят на тщательно очищенный бетон или металл и края пленки. Ширина полосы наносимой мастики не менее 15–20 см. Места соединения пленки тщательно прокатывают деревянным валиком.

Гидроизоляция с применением геотекстиля и мембраны предусматривается при укладке на поверхность с острыми включениями, к ним относятся, например, гравий крупных фракций. Также применяется при засыпке песчано-гравийной смесью. Геотекстиль служит защитой гидроизоляции при укладке, монтаже и засыпке. Формирование системы инженерной защиты с применением геотекстиля и геомембраны, осуществляется в 4 слоя. Первый слой – это глина толщиной 50 см. Затем укладывается геотекстиль, а поверх него геомембрана и еще один слой глины. Верхний слой из глины необходим для защиты геотекстиля от механического повреждения различными породами и камнями. Схема монтажа системы инженерной защиты с применением геотекстиля представлена на рисунке 2.30.

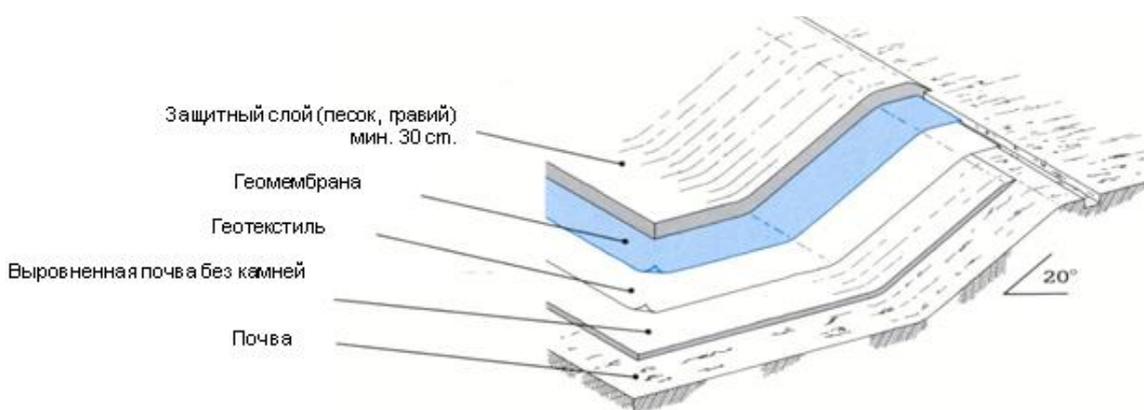


Рисунок 2.30 – Схема монтажа системы инженерной защиты, с применением геотекстиля и геомембраны

Полимочевина (полиуретан, поликарбамид) – это толстослойное, очень эластичное монолитное покрытие, которое представляет собой пленку. Она образуется в процессе напыления высокорективной двухкомпонентной системы на

поверхность. Наиболее ярко достоинства нового материала видны на этапе монтажа. Однако применение данного покрытия является дорогостоящим, так как стоимость 1 м^2 составляет около 1500 рублей.

Торкретирование является одним из наиболее современных способов не только укрепления горной выработки, но и предотвращением проникновения загрязняющих веществ в законтурный массив. Для обеспечения гидроизоляции на основе таких смесей применяется метод как сухого, так и мокрого торкретирования.

При сухом методе торкретирования, готовая сухая смесь, состоящая из вяжущего (цемента), заполнителя и модифицирующих добавок, размещенная в бункере, под воздействием сжатого воздуха по шлангам поддается в приемную камеру роторного насоса револьверной конструкции. Из этой камеры она выдувается под высоким давлением, поступая в форсунку. Далее происходит смешивание с водой или водным раствором клеящих компонентов и выброс смеси к рабочей поверхности. Скорость потока при выходе из сопла составляет 135-170 м/с. Некоторые модели торкрет машин имеют дополнительные дозирующие насосы, впрыскивающие в смесительную камеру специальные добавки для ускоренного твердения наносимого покрытия. Подача катализатора осуществляется из автономной емкости по отдельной системе шлангов. В процессе подачи добавки её количество синхронизируется с объемом основной рабочей смеси. Схема применения сухого метода торкретирования, представлена на рисунке 2.31.

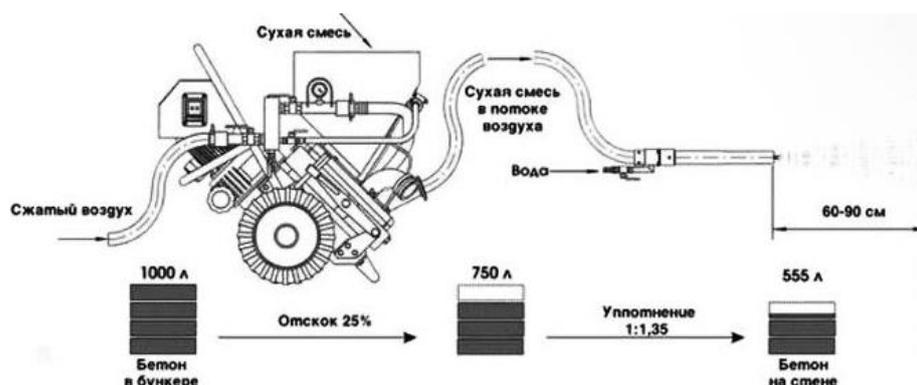


Рисунок 2.31 – Схема сухого торкретирования

При мокром торкретировании смесь готовится заранее и подается насосом по шлангу в сопло к месту укладки. По отдельному шлангу в сопло подводится сжатый воздух от компрессора, который, придавая ускорение бетонной или растворной смеси, увлекает ее на основание. При соударении происходит

уплотнение торкретсостава. Схема применения мокрого торкретирования, представлена на рисунке 2.32.

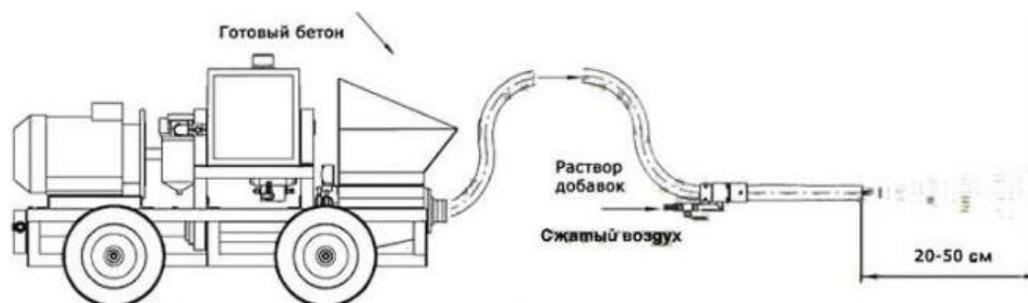


Рисунок 2.32 – Схема мокрого торкретирования

Этот метод упрощает возведение тонкостенных железобетонных конструкций (оболочек, сводов, резервуаров и др.), применяется при гидроизоляции и заделке стыков сборных конструктивных элементов, ремонте и усилении бетонных и железобетонных конструкций и изделий, при укреплении откосов в процессе строительства и реконструкции автомобильных и железных дорог, а также при строительстве заглубленных бассейнов.

К технологическому способу гидроизоляции техногенной емкости относится создание глиняных, грунтобитумных экранов, а также экранов сформированных из пород вскрыши.

В практике наиболее распространенным способом гидроизоляции ложа хвостохранилища является применение глиняных однослойных экранов. Изоляция хвостов с использованием глиняных экранов нашла большое распространение вследствие относительно небольших временных и финансовых затрат на их сооружение, а также простоты и надежности конструкции. Исходная глина ненарушенной структуры должна иметь коэффициент фильтрации K_f не ниже 0,001 м/сут. При использовании в экранах глина превращается в пасту путем перемешивания и достижения необходимого коэффициента фильтрации. Толщина экрана обосновывается расчетами, исходя из допустимого градиента напора $i=10$ и должна быть не менее 0,5 м. Наиболее эффективными являются глиняные экраны двухслойные, однако в практике их формирование требует дополнительный объем материалов. Следует отметить, что в условиях действующего карьера данный материал, как правило, присутствует в избытке. Их использование возможно после соответствующей подготовки с применением мобильных дробильно-сортировочных установок,

с целью получения материала требуемой фракции. Они представляют собой два слоя глины, каждый толщиной не менее 0,5 м. Между слоями глины устраивается дренажный слой из гравия, скальной породы толщиной 40–60 см.

В качестве альтернативного метода технологического способа гидроизоляции с использованием вскрышных пород является создание противодиффузионных завес по типу «грунт в стене». Ограждающая дамба создается не только как самостоятельный техногенный объект, но и позволяет увеличить приемную способность техногенной емкости, сформированной на базе карьера, а также сократить площадь занимаемых земель совокупностью размещенных объектов.

В работе предложена схема формирования гидроизоляции дамбы по типу «грунт в стене» представлена на рисунке 2.33.

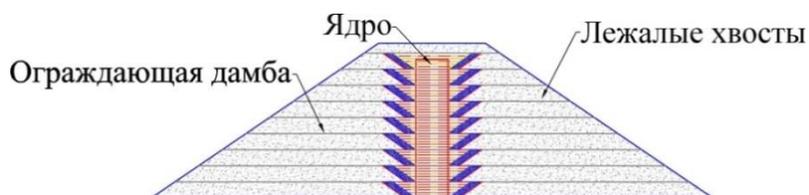


Рисунок 2.33 – Схема формирования ограждающих дамб по типу «грунт в стене»

Материалом тела ограждающей дамбы являются скальные породы вскрыши, ядром – рыхлые – глина, суглинок уплотненный вибрационным грунтовым катком. С целью предотвращения выдавливания материала ядра в тело дамбы предусматривается создание переходного слоя из супесей, мелкофракционных пород или лежалых хвостов обогащения. Формирование необходимо осуществлять слоями. На первоначальном этапе отсыпается скальная порода, по центру создается буфер, где укладывается глина мощностью до 0,5 м и укатывается катком. По мере продвижения по направлению формирования дамбы происходит ее наращивание [99, 100].

Кроме того, при формировании выработанного пространства карьера с целью его последующего использования в качестве техногенной емкости, необходимо в момент постановки борта в предельное положение обеспечить изоляцию выходов рудных тел. Данные мероприятия проводят чтобы исключить контакт рудной залежи с водами, поступающими в карьер на этапе складирования, что способствует снижению образования кислых сульфатных вод с высоким содержанием рудообразующих металлов.

В период ведения добычных работ, при постановке в предельное положение бортов карьера, при формировании техногенного объекта также необходимо предусматривать исключение протекания вод по системам трещин. На практике существует различные способы предотвращения этого, в частности: тампонирувание, цементация, глинизация, битумизация, силикатизация, смолизация.

Тампонирувание представляет собой способ заполнения пустот, трещин и пор в массиве грунта материалами, обладающими способностью затвердевать в течение определенного времени. Материалы вводят в грунт в виде растворов (*тампонажные растворы*), которые нагнетают через специальные трубки – иньекторы, расположенные по определенной схеме в грунтовом массиве. Тампонажный раствор нагнетают под давлением в 2–3 раза большим, чем гидростатическое давление грунтовой воды. Распространяясь на определенное расстояние от скважины, раствор отжимает воду либо частично смешивается с ней, а после затвердевания перекрывает пути фильтрации грунтовой воды к выработке. Преимуществом является то, что закрепление проявляется в течение длительного времени – практически всего срока службы сооружения.

Цементацию на открытых горных работах применяют в настоящее время в наибольших объемах для снижения притоков воды и повышения устойчивости при возведении противофильтрационных завес. Цементацию целесообразно применять в скальных и полускальных трещиноватых грунтах с размером трещин не менее 0,1 мм и коэффициентом фильтрации не более 500 м/сут, а также в гравийно-галечниковых грунтах и крупнозернистых песках с коэффициентом фильтрации 80–300 м/сут. Прочность песков после цементации бывает в пределах 0,9–3 МПа (9–30 кгс/см²). Для цементации используют простые растворы, состоящие из двух компонентов: вяжущее вещество и вода (В:Ц = 2:1) и сложные растворы, содержащие, кроме вяжущего вещества и воды, различного рода наполнители и добавки-активаторы. В качестве вяжущего вещества в основном используют портландцемент марки не ниже 400. В особых случаях применяют пуццолановый, глиноземистый, сульфатостойкий, тампонажный и другие специальные цементы.

Сущность битумизации заключается в том, что в скальные или полус-

кальные грунты через скважины нагнетают расплавленный битум при температуре 140–150°C. Отвердевая, при остывании в трещинах и пустотах, битум делает массив практически водонепроницаемым.

Способ силикатизации, позволяет закреплять грунты с низким коэффициентом фильтрации (2–80 м/сут) и значительно улучшать физико-механические свойства глинистых грунтов. Сущность способа заключается в последовательном нагнетании в поры грунта водных растворов двух материалов (двухрастворный способ): сначала жидкого стекла (силиката натрия), а затем хлористого кальция. В результате химической реакции образуется студенистая масса – гель кремниевой кислоты, который связывает частицы грунта, повышая водонепроницаемость и придавая ему повышенную прочность до 1,5–2,0 МПа (15–20 кгс/см²).

Согласно проведенному анализу существующих способов и материалов обеспечивающих создание инженерной системы защиты, при целенаправленном формировании техногенной емкости на базе выработанного пространства карьера, а также с использованием пород вскрыши, создание противofильтрационных экранов необходимо предусмотреть уже на этапе проектирования горнотехнических систем с учетом возможности их реализации непосредственно в период ведения добычных работ. Для выбора материалов и условий их применения разработана классификация противofильтрационных экранов для изоляции выработанного пространства карьеров и целенаправленно сформированных техногенных емкостей, а также возможность формирования и применения на всех этапах функционирования горнодобывающего предприятия, приведена в таблице 2.7.

Таблицы 2.7 – Классификация систем инженерной защиты и возможность их применения

Объект	Этап эксплуатации техногенного объекта	Базис грунтовых вод	Механизм переноса	Этап формирования	Виды системы инженерной защиты	
Выработанное пространство карьера. Ограждающая дамба	Складирование	Выше уровня уложенных хвостов	Конвективный	1. Ведение вскрышных и добычных работ. 2. Постановка борта в предельное положение. 3. Период складирования	1. Глинянные экраны; 2. Покрытие полимочевинной; 3. Полиэтиленовая пленка; 4. Напыление мембраны.	
		Ниже уровня уложенных хвостов		1. Ведение вскрышных и добычных работ. 2. Постановка борта в предельное положение. 3. Период складирования	1. Глинянные экраны; 2. Покрытие полимочевинной; 3. Полиэтиленовая пленка; 4. Напыление мембраны; 5. Асфальтобетонные экраны; 6. Геотекстиль.	
	Завершающий	Выше уровня уложенных хвостов	Диффузионный	1. Постановка борта в предельное положение. 2. Период складирования; 3. Период консервации (ликвидации)	1. Глинянные экраны; 2. Покрытие полимочевинной откосов; 3. Полиэтиленовая пленка; 4. Напыление мембраны; 5. Асфальтобетонные экраны; 6. Геотекстиль; 7. Грунтобитумные экраны.	
		Ниже уровня уложенных хвостов				
	Рекультивационный		Поверхностные воды	Дисперсионный	1. Период консервации или ликвидации.	1. Глинянные экраны; 2. Покрытие полимочевинной откосов; 3. Полиэтиленовая пленка; 4. Напыление мембраны; 5. Асфальтобетонные экраны; 6. Геотекстиль; 7. Грунтобитумные экраны.

Кроме обеспечения экологических требований, необходимо обеспечить требования промышленной безопасности, в том числе включающей долговременную устойчивость откосов борта карьера, сложенного из различных горных пород. Особенно это актуально в условиях последующего подтопления и длительного взаимодействия со складированными хвостами обогащения. Основные факторы, влияющие на устойчивость откоса борта: физико-механические свойства пород; наличие и характер поверхностей ослабления в пределах борта карьера; размеры и форма карьера; обводненность участков разработки; время существования карьера; характер буровзрывных работ в карьере; наличие нагрузок от сооружений на бортах карьера.

Таким образом, комплексное освоение участка недр Земли при сокращении площадей нарушенных земель, а также минимизации экономических затрат достигается использованием выработанного пространства карьера и целенаправленного формирования техногенные емкости для заполнения ее хвостами обогащения, с использованием пород вскрыши в качестве материала для созда-

ния ограждающих дамб и изоляции. Что позволяет обеспечить соблюдение требований экологической и промышленной безопасности.

Согласно отечественному опыту складирования хвостов обогащения в техногенных емкости, сформированные на базе разрабатываемого карьера непосредственно в период ведения горных работ, должны быть реализованы мероприятия по формированию изоляции мест контакта грунтовых вод с водами свободной отдачи продуктов переработки фабрики, путем создания противофильтрационных экранов, изоляции выходов рудных тел, а также инъецированием систем трещин.

Соблюдение требований промышленной безопасности обеспечиваются устойчивостью откосов бортов карьера и ограждающей дамбы, как в период ведения добычных работ, так и на этапе складирования хвостов обогащения. Однако для повышения эффективности работы горнодобывающего предприятия необходимо обосновать условия использования вскрышных пород для формирования ограждающей дамбы техногенной емкости по типу «грунт в стене».

2.3 Систематизация факторов определяющих условия использования вскрышных пород для формирования техногенной емкости

Техногенная емкость, представленная в виде **хвостохранилища**, является комплексом гидротехнических сооружений, предназначенных для приема и хранения отвальных хвостов обогащения полезных ископаемых. **Хвосты обогащения** – продукт, полученный в результате обогащения полезных ископаемых продукт, в котором содержание ценного компонента ниже, чем в исходном материале и в других продуктах тех же операций переработки. Как правило, хвосты непригодны для дальнейшей переработки и укладываются в отвалы и/или хвостохранилища [22]. Комплекс мероприятий для эффективного функционирования данной техногенной емкости заключается в обеспечении как промышленной, так и экологической безопасности, по средствам создания надежных конструкций ограждающих дамб и формирования изоляционного слоя для предотвращения миграции загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды.

Строительство хвостохранилища предполагает соблюдение требуемого полезного объема техногенной емкости, который обеспечивается исходя из нали-

чия материала для возведения ограждающих дамб, формирования системы инженерной защиты (ядра и изоляционного слоя), с соблюдением условий охраны окружающей среды и промышленной безопасности при их эксплуатации.

В классическом представлении хранилище является совокупностью следующих основных элементов конструкции: ложе-основания; ограждающих дамб, включающих в себя упорные призмы, дренажные и противодиффузионные устройства; насосные станции; гидротранспортное оборудование (магистраль оборотного водоснабжения, пульповоды, эстакады под пульповоды); водосбросные сооружения; коллекторы и другие элементы. Технологический процесс складирования хвостов зависит от применяемого типа хвостохранилищ.

В работе проведены исследования необходимого объема вскрышных пород используемых в качестве строительного материала для возведения ограждающих дамб в зависимости от угла внутреннего откоса дамбы на ограниченном участке недр Земли. Условная форма проектируемых хвостохранилищ представлена в виде – круга и прямоугольника (рисунок 2.34).

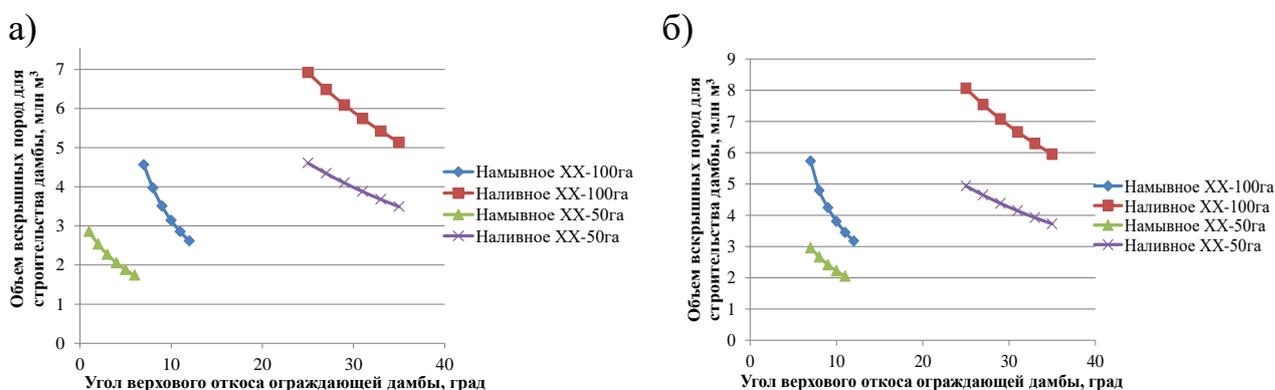


Рисунок 2.34 – Зависимость объема вскрышных пород для строительства ограждающих дамб от угла откоса:
а) округлая б) прямоугольник

Факторами, определяющими условия использования пород вскрыши при создании техногенной емкости являются: наличие свободных площадей земельных участков; наличие пород вскрыши, используемых в качестве строительных и изоляционных материалов; взаимоувязка вскрышных и добычных работ. Согласно данным ВОДГЕО, при эксплуатации хвостохранилища намывного типа необходимо соблюдать рекомендации технологического характера, такие как минимальная ширина пляжа, которая должна составлять 50 м, и мак-

симальная ширина пляжа может достигать 200 м и более [109, 128, 146].

При проектировании и строительстве ограждающие, а также пионерные дамбы должны соответствовать требованиям технологических правил и рекомендаций [128], в которых указаны наиболее целесообразные схемы транспортирования пород вскрыши, конструкционные параметры и др. На этапе проектирования конструкция дамб определяется с учетом следующих параметров: тип и высота хвостохранилища; рельеф местности; инженерно-геологические и гидрогеологические условия, наличие пригодных пород вскрыши, которые можно использовать в качестве материала для возведения ограждающих дамб, наличие экономически целесообразного способа транспортировки и укладки хвостов обогащения. При выборе конструкций ограждающих и пионерных дамб необходимо обеспечить систему инженерной защиты, а также высокую экономическую эффективность, как на этапе строительства, так и эксплуатации хвостохранилища, при максимальной вместимости техногенной емкости на ограниченной территории.

При возведении ограждающей дамбы, необходимо осуществить выбор противифльтрационного элемента: ядро или экран, которые представляют собой два основных типа гидроизоляции, предназначенные для предотвращения фильтрации воды через тело дамбы и гидравлического удара. Конструкции ограждающих дамб, представлены на рисунке 2.35.

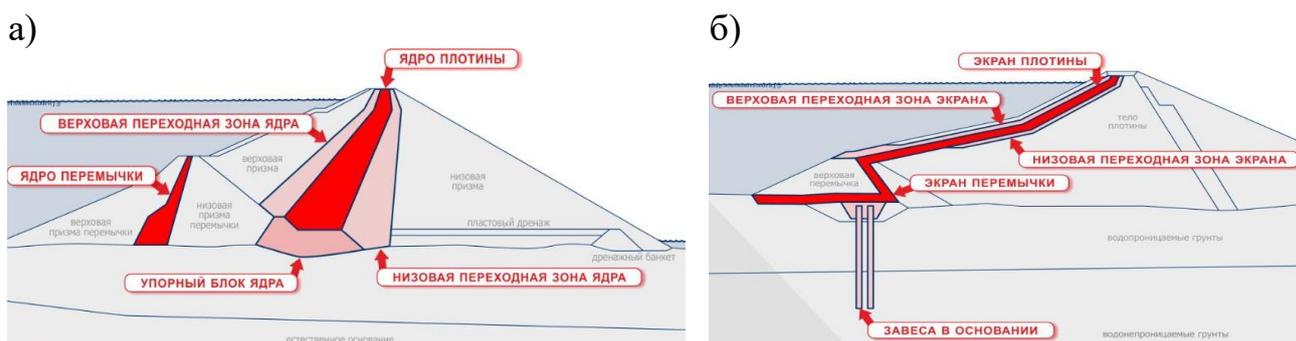


Рисунок 2.35 – Конструкция ограждающей дамбы

а) по типу «грунт в стене»; б) с противифльтрационным экраном

Результат анализа, рассматриваемых способов формирования гидроизоляции техногенных объектов с указанием преимуществ и недостатков, представлен в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Сравнение гидроизоляционных элементов

Вид гидроизоляции	Преимущества	Недостатки
Ядро	1. Ядро менее чувствительно к осадкам естественного основания, то есть при сильно деформируемом основании использование ядра предпочтительнее экрана; 2. Для ядра необязательны высокие прочностные свойства пород упорных призм плотины, так как ядро, по сути, является самонесущей конструкцией; 3. Ядро лучше защищено от атмосферного воздействия, в частности – от отрицательных температур воздуха; 4. Формирование наклонного ядра – позволяет сделать круче внешний откос плотины (из-за снижения противодействия).	1. Объем породы вскрыши для формирования ядра значительно превышает объем необходимого противотрационного экрана; 2. Затруднено формирование основного тела ограждающей дамбы.
Противотрационный экран	1. Экран позволяет уменьшить тот объем грунта плотины, который находится в водонасыщенном (обводненном) состоянии; 2. Экран позволяет уменьшить расход грунта, необходимого для устройства понура; 3. Экран дает возможность вести опережающую отсыпку основного тела плотины (ядро требует одновременной отсыпки); 4. Экран позволяет отсыпать основное тело плотины вне зависимости от выполнения цементационной завесы; 5. Экран допускает возможность пропуска паводка в период строительства непосредственно через гребень плотины; 6. Наличие экрана позволяет вести отсыпку основного тела плотины более широким фронтом (на большей площади); 7. Плотины, проектом которых предусматривалось устройство экрана, несколько более сейсмостойки, чем плотины, запроектированные с ядром.	1. Подвержено деформации при осадке ограждающей дамбы; 2. Требуется использование пород вскрыши, обеспечивающих необходимые фильтрационные характеристики.

Целенаправленное формирование техногенных емкостей с учетом классического представления гидроузлов является наиболее надежным с точки зрения прочностных характеристик и предотвращения миграции загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды [110]. Существующая нормативно-методическая база проектирования хвостового хозяйства, с учетом практики их эксплуатации показала, что практически на каждом действующем и законсервированном хвостохранилище за всю историю его формирования наблюдались аварийные ситуации различного масштаба. Причиной этого является наличие значительного объема воды в пределах ограждающих конструкций дамб.

Согласно проведенному анализу отечественного опыта широкое применение получил намывной тип хвостохранилищ, за счет минимальных капитальных затрат на этапе строительства. Однако на сегодня актуальным является вопрос получения свободных земель под строительство техногенных емкостей, для размещения хвостов обогащения [33, 146]. Анализ технических решений в виде конструктивных

параметров объектов, используемых в качестве техногенных емкостей по складированию хвостов обогатительных фабрик Урала представлен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Площадь хвостохранилищ Урала

Наименование предприятия	Условная форма хвостохранилища	Площадь по периметру внешнего откоса, ($S_{\text{в}}$), га	Площадь по периметру внутреннего откоса ($S_{\text{в}}$), га	Площадь зеркала воды ($S_{\text{з}}$), га
АО "Сибайский ГОК"	Прямоугольная	183,87	127,97	58,14
АО "Учалинский ГОК"	Круглая	106,39	91,5	49,71
АО "АГК" Александринский рудник	Прямоугольная	65,26	50,73	34,37
АО "Михеевский ГОК"	Прямоугольная	715,43	617,36	133,27
ООО "Башкирская медь" карьер "Юбилейный"	Круглая	68,26	51,82	30,85
ООО "Семеновский рудник"	Прямоугольная	18,08	-	3,17
АО "ЮГК"	Прямоугольная	157,7	115,4	75,3

В рамках предлагаемого подхода по формированию ограждающих дамб техногенной емкости возможно, использование пород вскрыши непосредственно из забоя, разрабатываемых в процессе ведения добычных работ. При этом предусматривается применение как сыпучих (песчаные, гравийно-галечные, скальные, полускальные), так и связных (супеси, суглинки, глины) грунтов. Грунты для возведения дамб должны удовлетворять требованиям СНиП по проектированию плотин из грунтовых материалов [128]. На базе кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых ФБГОУ ВО МГТУ им. Г.И. Носова выполнены ряд работ направленных на определение физико-механических свойств вскрышных пород, слагающих массив месторождений Михеевского ГОКа, Малый Куйбас, Александринское, Лучистое и другие. Результаты исследований представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Характеристика скальных и глиняных пород месторождений

Месторождение	Наименование породы	Плотность, г/см ³	Влажность, %	Нагрузка, кг/см ²	Коэффициент фильтрации, м/сут	Число пластичности
Рудник «Чеба- чий»	Суглинок легкий песчанистый	1,88	20,3	0,28	$1,73 \cdot 10^{-2}$	
	Суглинок тяжелый песчанистый	1,96	21	0,59	$1,16 \cdot 10^{-5}$	
	Глина легкая песча- нистая	1,95	21,7	0,44	$1,65 \cdot 10^{-3}$	
		2,01	24,2	1,61	$0,28 \cdot 10^{-3}$	
Октябрьское (Хайбуллинский район)	Глина тяжелая	1,99	1,91	1,59	$0,25 \cdot 10^{-3}$	
		1,99	13,2	4,5	$0,79 \cdot 10^{-3}$	
	Супесь песчаная	1,98	9,9	1,8	$2,19 \cdot 10^{-3}$	
		2,01	21,5	0,46	$1,5 \cdot 10^{-3}$	
		2,02	17,5	8,08	$0,49 \cdot 10^{-3}$	
Дергамышское (Хайбуллинский район)	Суглинок тяжелый	2,01	18,2	8,8	$1,12 \cdot 10^{-3}$	
	Супесь песчаная	2,15	19	4,1	$1,51 \cdot 10^{-3}$	
	Глина легкая песча- нистая	1,69	36,5	3,5	$1,17 \cdot 10^{-5}$	
Глина тяжелая		1,74	43,5	3,5	$5,61 \cdot 10^{-6}$	
Лучистое (Орен- бургская обл)	Суглинок легкий, твердый	1,89	5,1	0,28	$1,73 \cdot 10^{-2}$	9,2
	Глина легкая, твер- дая	1,78	12,8	1,61	$1,65 \cdot 10^{-5}$	11,1

Окончание таблицы 2.10

XX "Михеевский ГОК"	Глина легкая, слабо- водопроницаемая	2,02	18,9		$9,3 \cdot 10^{-3}$	19,5
	Суглинок дресвя- ный, слабоводопро- ницаемый	1,87	14,3		$11,6 \cdot 10^{-3}$	12,5
	Скальный грунт	2,75	0,4		-	-
	Глина легкая, водо- непроницаемая	1,68	42,2		$1,6 \cdot 10^{-3}$	22,1
	Суглинок легкий, водонепроницаемый	1,77	18,4		$2,4 \cdot 10^{-3}$	11,1
"Александрин- ский рудник"	Скальный грунт	2,47	1,3		0,14	-
	Суглинок	2,72	15,8			14
	Нарушенный дис- персный грунт	2,68	7,1			-

Таким образом, в соответствии с представленными требованиями и фильтрационными характеристиками пород месторождений Урала можно сделать вывод о том, что данные породы, возможно, использовать в качестве материала для формирования хвостохранилищ различного типа.

Таким образом, за всю историю функционирования горнодобывающих предприятий на территории страны накоплен значительный опыт строительства и эксплуатации хвостохранилищ различного типа. Согласно ретроспективному анализу при проектировании, основное предпочтение отдается хвостохранилищам намывного типа, ввиду минимальных затрат на их формирование на первоначальном этапе в связи с незначительным объемом пород вскрыши необходимого для возведения их пионерной дамбы, а намыв дамб обвалования осуществляется из хвостов обогатительного производства. В то же время строительство техногенных сооружений данного типа требует значительных площадей земельных участков, которые изымаются с момента строительства хвостохранилища. При этом последующая эксплуатация приводит к постоянному снижению полезного объема для складированных хвостов обогатительных фабрик, что в свою очередь требует соблюдение ряда технологических и экологических требований. Перспективным направлением сокращения требуемых площадей земельных участков при комплексном освоении недр с использованием пород вскрыши и выработанных пространств карьеров является создание хвостохранилищ наливного типа. Данный способ должен учитывать не только создание техногенных объектов на дневной поверхности, но и формирование и эксплуатацию выработанных пространств карьеров для указанной цели непосредственно в период ведения добычных работ. Это требует разработки методики определения параметров горнотехнической системы для размещения хвостов в техногенной емкости при одновременном ведении добычных работ.

2.4 Разработка методики определения параметров горнотехнической системы для размещения хвостов в техногенной емкости при одновременном ведении добычных работ, формировании и эксплуатации техногенных емкостей

Одновременное ведение добычных работ и формирование техногенной емкости с целью складирования продуктов обогащения обогатительной фабрики, возможно, обеспечить только при определении объема выработанного пространства, а также объема вскрышных пород для соответствующих параметров ограждающей дамбы [106]. Параметры формирования ограждающей дамбы зависят от физико-механических свойств пород, применяемого оборудования, направления рекультивации. Материалы для формирования техногенной емкости могут быть представлены вскрышными породами непосредственно из забоя, а также лежалыми, из отвалов вскрыши.

В работе предлагается два варианта формирования выработанного пространства карьера в качестве техногенной емкости:

- *Вариант 1.* Формирование ограждающей дамбы по периметру карьера с оставлением технологических проездов на период отработки запасов полезных ископаемых. Для обоснования параметров карьера, формируемого в виде техногенной емкости, представляется как геометрическая фигура, с учетом объемов вскрышных пород вследствие скругления углов карьера (рис. 2.36).

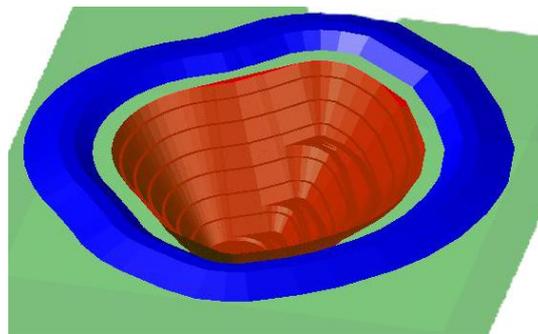


Рисунок 2.36 – План техногенного объекта, формируемого в качестве техногенной емкости для размещения хвостов обогащения

Комплексное освоение участка недр обеспечивается формированием техногенной емкости по периметру карьера с оставлением технологических проездов на период отработки запасов полезных ископаемых. Расчет параметров ограждающей дамбы необходимо выполнять по разработанной методике.

Определение объема выработанного пространства ($V_{ВПК}$) для округлых в плане карьеров, рассчитывается с учетом его радиуса по поверхности:

$$R_{кар} = R_{дно} + H \cdot ctg \alpha_{кар}, \text{ м} \quad (2.3)$$

где $R_{дно}$ – радиус карьера по дну, м;

H – глубина карьера, м;

$\alpha_{кар}$ – результирующий угол борта карьера, град.

Объем выработанного пространства

$$V_{ВПК} = \frac{1}{3} H \cdot (\pi \cdot R_{дно}^2 + \sqrt{\pi \cdot R_{дно}^2 \cdot \pi \cdot R_{кар}^2} + \pi \cdot R_{кар}^2), \quad (2.4)$$

Для расчета объема вскрышных пород воспользуемся формулой:

$$V_{ВСК} = V_{ВПК} - \left(\frac{V_{ВПК}}{K_B + 1} \right), \text{ м}^3 \quad (2.5)$$

где K_B – коэффициент вскрыши, м³/м³

Расстояние от верхней бровки карьера до центра тяжести ограждающей дамбы определяется в соответствие с формулой

$$B = C + C_2, \text{ м} \quad (2.6)$$

где C – безопасное расстояние, между бровкой карьера и ограждающей дамбой, м;

C_2 – расстояние, между нижней бровкой откоса дамбы и центром тяжести ограждающей дамбы, м.

$$C_2 = \left(\left(\frac{b_0}{2} - C_1 \right) / 2 + C_1 \right), \text{ м} \quad (2.7)$$

где b_0 – длина нижнего основания дамбы, м;

C_1 – расстояние между C и центром верхнего основания дамбы, м

$$C_1 = \frac{a_{дамба}}{2} + (h_{дамба} \cdot ctg \beta_{дамба}), \text{ м} \quad (2.8)$$

где $a_{дамба}$ – длина верхнего основания дамбы, м;

$h_{дамбы}$ – высота ограждающей дамбы, м;

$\beta_{дамбы}$ – угол откоса дамбы, град.

Длина нижнего основания дамбы:

$$b_{дамба} = a_{дамба} + (h_{дамба} \cdot ctg \beta_{дамба} + h_{дамба} \cdot ctg \beta_{рекул}), \text{ м} \quad (2.9)$$

где $\beta_{рекул}$ – угол откоса дамбы для рекультивации, град.

Площадь сечение ограждающей дамбы, определяется:

$$S_{дамба} = \frac{a_{дамба} + b_{дамба}}{2} \cdot h_{дамба}, \text{ м}^2 \quad (2.10)$$

Общая протяженность ограждающей дамбы, м

$$L_{дамбы} = 2 \cdot \pi \cdot (R_{кар} + B), \text{ м} \quad (2.11)$$

Объем материала необходимого для строительства ограждающей дамбы

$$V_{дамба} = L_{дамба} \cdot S_{дамба}, \text{ м}^3 \quad (2.12)$$

Параметры открытого сектора ограждающей дамбы, предназначенного для функционирования горнотранспортного оборудования, а также сечение открытого сектора представлены на рисунке 2.37.

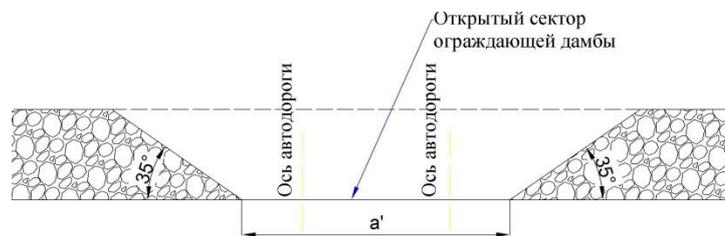


Рисунок 2.37 – Схема открытого сектора ограждающей дамбы техногенной емкости

Протяженность открытого сектора ограждающей дамбы определяется по формуле:

$$a' = a + h_{дамба} \cdot ctg(\beta_{дамба}), \text{ м} \quad (2.13)$$

Для определения объема необходимого для запечатывания ограждающей дамбы воспользуемся формулой:

$$V_{д.отк.сек.} = S_{дамбы} \cdot a', \text{ м}^3 \quad (2.14)$$

Протяженность дамбы на период эксплуатации техногенной емкости:

$$L'_{дамба} = 2\pi \cdot (R_{кар} + B) - N \cdot a', \text{ м} \quad (2.15)$$

где N – количество открытых секторов, шт.

Снятие почвенно-растительного слоя:

$$S_{ПРС} = \pi \cdot (R_{кар} + C + b_{дамба})^2, \text{ м}^2 \quad (2.16)$$

Объем почвенно-растительного слоя, определяется по формуле:

$$V_{ПРС} = S_{ПРС} \cdot m_{ПРС}, \text{ м}^3 \quad (2.17)$$

- *Вариант 2.* Формирование техногенной емкости в выработанном пространстве карьера в условиях последующего разноса борта.

С целью определения параметров открытой геотехнологии при формировании ограждающей дамбы техногенной емкости в выработанном пространстве карьера в условиях ведения добычных работ разработана методика определения объемов вскрышных пород, используемых в качестве строительного и изоляционного материала, а также площади основания ограждающей дамбы с учетом принятой системы разработки месторождений (рисунок 2.38).

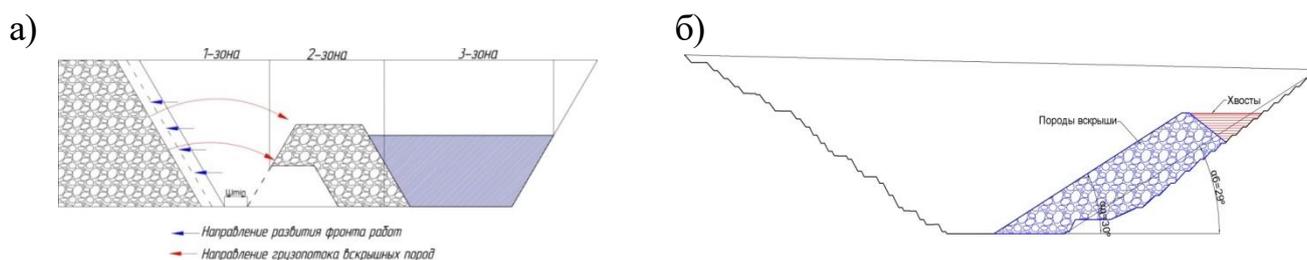


Рисунок 2.38 – Схема складирования хвостов обогащения в отработанную часть карьера в период ведения добычных работ:

а) сплошная система разработки; б) углубочная система разработки

Для определения объема вскрышных пород используемых в качестве строительного материала необходимо определить параметры формируемой дамбы, состоящей из внешнего, внутреннего откосов и основного тела.

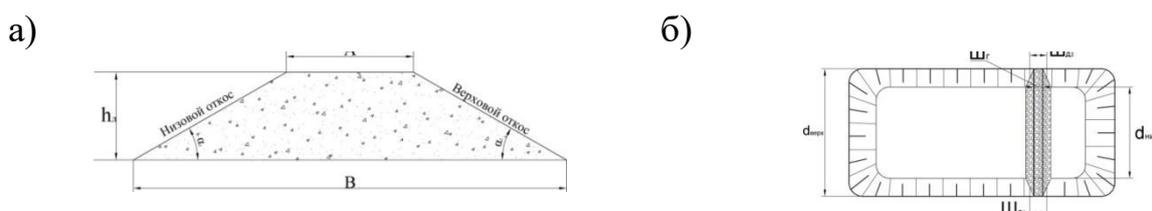


Рисунок 2.39 – Схема ограждающей дамбы в разрабатываемом карьере

а) профиль; б) план техногенной емкости

Ширина гребня дамбы рассчитывается по формуле:

$$A = 2 \cdot (a + y) + x + N_{\text{нит.тр.}} \cdot d_{\text{тр.}} \cdot (N_{\text{нит.тр.}} - 1), \text{ м} \quad (2.18)$$

где a – ширина автосамосвала, м;

y – ширина предохранительной полосы между автомобилем и краем проезжей части, м;

x – безопасный зазор между встречными машинами, м.

$N_{\text{нит.тр.}}$ – количество трубопроводов, расположенных на гребне дамбы, шт.;

$d_{\text{тр.}}$ – диаметр трубопровода, м.

В результате расчетов ширина гребня дамбы принимается как наибольшее значение из всех полученных.

Ширина основания дамбы рассчитывается по формуле:

$$B = h_d \cdot (\operatorname{ctg}\alpha_1 + \operatorname{ctg}\alpha_2) + A, \text{ м} \quad (2.19)$$

где h_d – высота ограждающей дамбы, м;

$\operatorname{ctg}\alpha_1$ – угол внешнего откоса дамбы, град.;

$\operatorname{ctg}\alpha_2$ – угол внутреннего откоса дамбы, град.

Для условий прямоугольной формы карьера протяженность дамбы поверху рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{пр.д}} = 2 \cdot (\Delta h \cdot \operatorname{ctg}\alpha_k) + d_{\text{низ}}, \text{ м} \quad (2.20)$$

где Δh – разница высотных отметок (отметка дна и гребня дамбы), м;

$\operatorname{ctg}\alpha_k$ – угол откоса карьера, град.;

$d_{\text{низ}}$ – длина карьера понизу, м.

Объем вскрышной породы, используемой в качестве строительного материала для формирования дамбы:

$$V_d = \frac{h_d \cdot (\text{Ш}_{д2} + A)}{2} + \frac{\text{Ш}_{д1} \cdot \Delta h_{д1} \cdot (\Delta h_p \cdot \operatorname{ctg}\alpha_k)}{3} + \frac{\Delta h_{д1} \cdot (\Delta h_{д1} \cdot \operatorname{ctg}\alpha_k) \cdot A}{2} + \frac{\text{Ш}_{д3} \cdot \Delta h_{д3} \cdot (\Delta h_{д3} \cdot \operatorname{ctg}\alpha_k)}{3} + \frac{\Delta h_{д3} \cdot (\Delta h_{д3} \cdot \operatorname{ctg}\alpha_k) \cdot A}{2}, \text{ м}^3 \quad (2.21)$$

где h_d – высота ограждающей дамбы, м;

$\Delta h_{д1}, \Delta h_{д3}$ – разница высотных отметок (отметка дна и гребня дамбы), м;

$\text{Ш}_{д1}, \text{Ш}_{д2}, \text{Ш}_{д3}$ – ширина дамбы понизу, м.

Объем техногенной емкости рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{ем}} = \frac{h_{\text{ем}}}{3} \cdot (d_{\text{низ}} \cdot (\text{Ш}_{\text{к.низ}} - \text{Ш}_{д2})) + d_{\text{верх.}} \cdot (h_{\text{ем}} \cdot \operatorname{ctg}\alpha_k + \text{Ш}_{\text{к.низ}} - \text{Ш}_{д2} + h_{\text{ем}} \cdot \operatorname{ctg}\alpha_2) + \sqrt{((\text{Ш}_{\text{к.низ}} - \text{Ш}_{д2}) \cdot d_{\text{низ}}) \cdot (d_{\text{верх.}} \cdot (h_{\text{ем}} \cdot \operatorname{ctg}\alpha_k + \text{Ш}_{\text{к.низ}} - \text{Ш}_{д2} + h_{\text{ем}} \cdot \operatorname{ctg}\alpha_2))}, \text{ м}^3 \quad (2.22)$$

Для повышения эффективности комплексного освоения участка недр при формировании техногенных емкостей необходимо на стадии проектирования определять рациональные параметры, конструкцию и способы создания ограждающей дамбы с использованием пород вскрыши в качестве строительного и изоляционного материалов.

Выводы по главе 2

1. В работе исследованы факторы, влияющие на возможность использования выработанного пространства карьеров в качестве техногенной емкости. Согласно результатам исследования была расширена классификация техногенных емкостей по следующим признакам: увязка процесса формирования и эксплуатации с ведением горных работ; наличие технологических коммуникаций, применяемой системы инженерной защиты, а также период рекультивации нарушенных площадей земель.
2. В результате проведенного анализа применяемых форм трасс выявлено, что применение спиральной формы трассы исключает возможность использования выработанного пространства карьера в качестве техногенной емкости, поскольку в период ее эксплуатации не обеспечивается доступ на транспортные бермы для откачки оборотной воды и проведения геомеханического мониторинга природного и техногенного массива. При этом петлевая форма трассы является оптимальной при формировании карьера в качестве техногенной емкости.
3. В результате моделирования схем вскрытия крутопадающих месторождений с целью добычи полезных ископаемых и последующего складирования хвостов обогащения установлены зависимости изменения объемов горной массы в контуре карьера и площади, занимаемой, создаваемой техногенной емкости.
4. Доказано что для повышения вместимости техногенной емкости при снижении площади ее основания необходимо использовать габионные конструкции. Установлено что при соотношении рыхлых пород к скальным менее 25%, необходимо применять габионные стены при формировании откоса внутренней части ограждающей дамбы до 89° при высоте до 25 м, а при повышении высоты до 32 м угол откоса снижается до 37° .
5. Разработана методика определения параметров ограждающей дамбы позволяющая создать техногенную емкость для размещения хвостов обогащения требуемого объема с обеспечением промышленной и экологической безопасности.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМ В КАЧЕСТВЕ ТЕХНОГЕННОЙ ЕМКОСТИ

3.1 Исследование расширения функционала процессов открытых горных работ при комплексном освоении участка недр

На сегодняшний день эффективность горно-перерабатывающего предприятия во многом зависит от системы разработки, применяемой для полной отработки балансовых запасов полезных ископаемых, которая учитывает технологические процессы, и возможности их функционирования друг с другом в увязке во времени, конструкционные параметры применяемого горнотранспортного оборудования и возможности обеспечения технологических, экологических и экономических показателей [60].

В классическом представлении разработка месторождений полезных ископаемых включает в себя следующие технологические процессы: подготовка горной массы к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование и отвалообразование. В рамках диссертации комплексное освоение участка недр предусматривает не только полную отработку запасов твердых полезных ископаемых, но и одновременное формирование техногенных объектов, что требует расширения функциональности технологических схем в рамках выполняемых процессов [59].

В работе традиционно выделяют технологические процессы открытых горных работ при реализации концепции комплексного освоения участка недр, предлагается, расширить их функционал. В рамках предлагаемой концепции технологические процессы будут представлены следующим образом: - подготовка горной породы к выемке с повышением требований к фракционному составу вскрышных пород; - выемочно-погрузочные работы с селективной разработкой и дифференцированием пород вскрыши; - транспортирование-формирование: руды – на обогатительную фабрику, склады или напрямую потребителю; породы вскрыши – на технологические площадки с использованием их в качестве материала для строительства ограждающей дамбы; рекультивация – внешнего откоса и гребня ограждающей дамбы, складов руды, рыхлой вскрыши; складирования – хвостов обогащения и продуктов их переработки в

сформированную техногенную емкость и последующая ее консервация.

Технологический процесс подготовки горных пород к выемке заключается в снятии почвенно-растительного слоя и транспортировке его на склад, расположенный на территории, предусмотренной под формирование всех объектов горнотехнической системы таким образом, чтобы в период реализации мероприятий технического этапа рекультивации внешнего откоса сформированной ограждающей дамбы, обеспечить оптимальное расстояние перемещения плодородного грунта.

Подготовка вскрышной породы предлагаемой в работе, заключается в предварительном дроблении или взрывании для достижения определенного размера куска. Согласно действующей нормативной документации [128], предельную крупность крупнообломочного грунта, отсыпаемого в основное тело, внутренний и внешний откосы ограждающей дамбы и ее зерновой состав следует предусматривать на стадии проработки проектных решений в зависимости от качества пород вскрыши и метода возведения дамбы. Крупность материала, отсыпаемого послойной укаткой, должна быть не более 0,75 толщины отсыпаемого слоя. Достижение определенного размера куска осуществляется непосредственно на: рабочем горизонте с использованием существующих параметров буровзрывных работ или с применением мобильной дробильно-сортировочной установки; месте формирования дамбы с применением мобильной дробильно-сортировочной установки.

Первый вариант – на рабочем горизонте – необходимо реализовать мероприятия по регулированию кусковатости пород вскрыши, что существенно влияет на удельный расход взрывчатого вещества, применяемого для отделения скальных пород от массива и достижения заданных параметров по крупности куска. Второй вариант, заключается в использовании дробильно-сортировочной установки (ДСУ) и обеспечении мероприятий по получению необходимой крупности пород вскрыши методом дробления. Количество эксплуатируемых установок определяется их производительностью и перерабатываемого объема пород вскрыши. Выбор места подготовки пород вскрыши осуществляется по экономическим критериям горного предприятия.

Фракционный размер породы вскрыши подготовленной к выемке оказывает влияние на количественные параметры применяемого как дробильного, так и горнотранспортного оборудования. Кроме того, крупность пород, используемых в качестве строительного материала, имеет прямую зависимость с устой-

чивостью создаваемой дамбы.

Выемочно-погрузочные работы рыхлых вскрышных пород необходимо вести методом селективной выемки в зависимости от их противofильтрационных и прочностных характеристик. Поскольку данные породы предусматривается использовать в качестве материалов для возведения ограждающей дамбы и изоляционного экрана по предотвращению миграции загрязняющих веществ в атмосферу, гидросферу и литосферу. Изоляционные свойства породы вскрыши характеризуются коэффициентом фильтрации, данные представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Коэффициент фильтрации рыхлых пород

Наименование грунта	Коэффициент фильтрации, м / сут
Гравийный	100 – 200
Крупнообломочный, с песчаным заполнителем	100 – 150
Щебень	50 – 100
Гравийно-галечниковый	10 – 100
Песчано-гравийный	50 – 100
Песок крупный	25 – 75
Песок средней крупности	10 – 25
Песок мелкий	2 – 10
Песок пылеватый	0,1 – 2
Супесь	0,1 – 0,7
Суглинок	0,005 – 0,4

На практике процесс **перемещения полезных ископаемых и пород вскрыши** на открытых горных работах производится в четыре последовательные стадии: первая – перемещение горной массы в процессе подготовки к выемке (почвенно-растительный слой, при взрывании); вторая – при выемочно-погрузочных работах; третья – в процессе собственно транспортирования; четвертая – в процессе складирования [39].

В работе предлагаемая концепция комплексного освоения участка недр предусматривает перемещение породы вскрыши не в отвал, а на более удаленную точку технологической площадки, предназначенную для формирования ограждающей дамбы. Выбор оптимальной схемы перемещения в работе определен с учетом результатов, полученных на основе исследований ученого В.А. Галкина, в которых предложена методика проектирования и планирования грузопотоков, заключающаяся в минимизации затрат на транспортную работу при формировании отвалов[61]. В работе [17] доказано, что необходимо осуществлять сокращение или постепенное изменение расстояния перемещения вскрышных пород по мере углубления карьера. На первоначальной стадии строительства карьера транспортировка

вскрышных пород осуществляется на более отдаленную точку площади предполагаемого отвала, однако по мере углубления карьера плечо транспортирования пород вскрыши по поверхности приближается к верхней бровке карьера, тем самым выдерживается среднее плечо перемещения, влияющее на формирование горнотехнических объектов карьера и отвала. Данная методика применима в рамках разрабатываемой концепции комплексного освоения участка недр, на стадии формирования ограждающей дамбы. Таким образом, на первоначальном этапе следует формировать ограждающую дамбу и транспортировать породы вскрыши на самую удаленную точку участка площади горнотехнической системы. По мере развития горных работ и углубления рабочих горизонтов осуществляется подвигание фронта работ по возведению дамбы от периферии к центру (от внешнего к внутреннему откосу). Схема предлагаемой концепции с распределением транспортируемых пород вскрыши, представлена на рисунке 3.1.

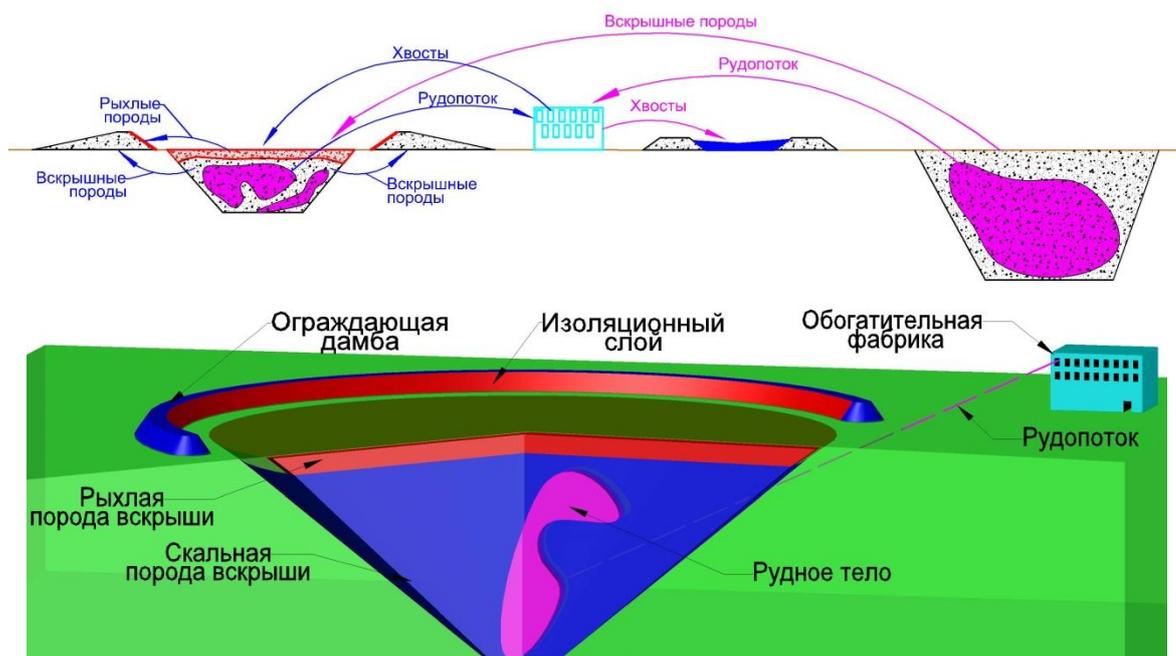


Рисунок 3.1 – Схема предлагаемой концепции с распределением транспортируемых пород вскрыши

Оптимальное развитие грузопотоков в системе карьер-дамба позволяет снизить транспортные затраты на 15-25%.

Согласно предложенной концепции предусматривается **формирование** ограждающей дамбы как расширение функциональности технологического процесса - отвалообразования. При комплексном освоении участка недр с полной отработкой балансовых запасов и целенаправленным формированием техногенной емкости, создаваемой из пород вскрыши, для размещения хвостов обогащения от-

валообразование заменяется или совмещается с процессом рекультивации. Этап технической **рекультивации** представляет собой планировку, формирование откосов, транспортирование и нанесение почв и плодородных пород на нарушенные земли, при необходимости проводится коренная мелиорация, строительство дорог, специальных гидротехнических сооружений и др. Одновременно с формированием на дневной поверхности по периметру карьерного поля ограждающей дамбы необходимо предусмотреть мероприятия по реализации выполаживания внешнего откоса до требуемого угла в зависимости от выбранного направления рекультивации. Покрытие почвенно-растительным слоем внешнего откоса дамбы осуществляется оборудованием, задействованным на горных работах, после формирования ограждающей дамбы на всю проектную высоту, при этом необходимо учитывать коэффициент ее осадки. Период осадки определяется по данным исследований или по опыту ведения рекультивационных работ на аналогичных по горнотехническим условиям месторождениях. Мощности растительного слоя формируется, исходя из объема почвенного грунта находящегося в наличии у горного предприятия, и соблюдения требований экологической безопасности [44]. Биологический этап рекультивации заключается в высадке растений. После проведения работ по выполаживанию внешнего откоса дамбы, ее осадки, нанесения почвенно-растительного слоя и посева растений в зависимости от выбранного направления рекультивации восстановленные земли в целях сокращения затрат на аренду возвращаются в земельный фонд (рисунок 3.2).

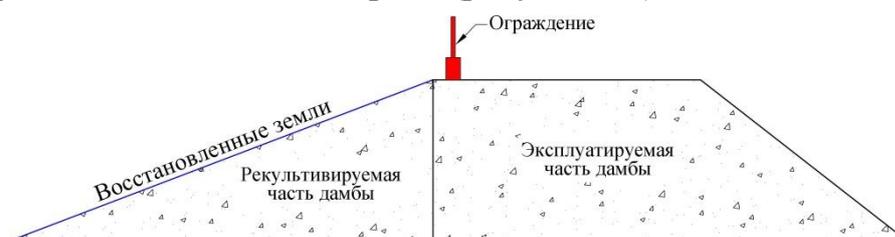


Рисунок 3.2 – Схемы ограждающей дамбы на период эксплуатации техногенного объекта

В работе завершающим технологическим процессом является **складирование** хвостов обогащения с последующей консервацией техногенного объекта.

Согласно проведенному сравнительному анализу существующих технологических и необходимых процессов при целенаправленном формировании техногенной емкости одновременным ведением горных работ можно сделать вывод, что некоторые виды работ требуют расширения своего функционала. Тех-

нологическая схема предлагаемой концепции комплексного освоения участка недр, представлена на рисунке 3.3.

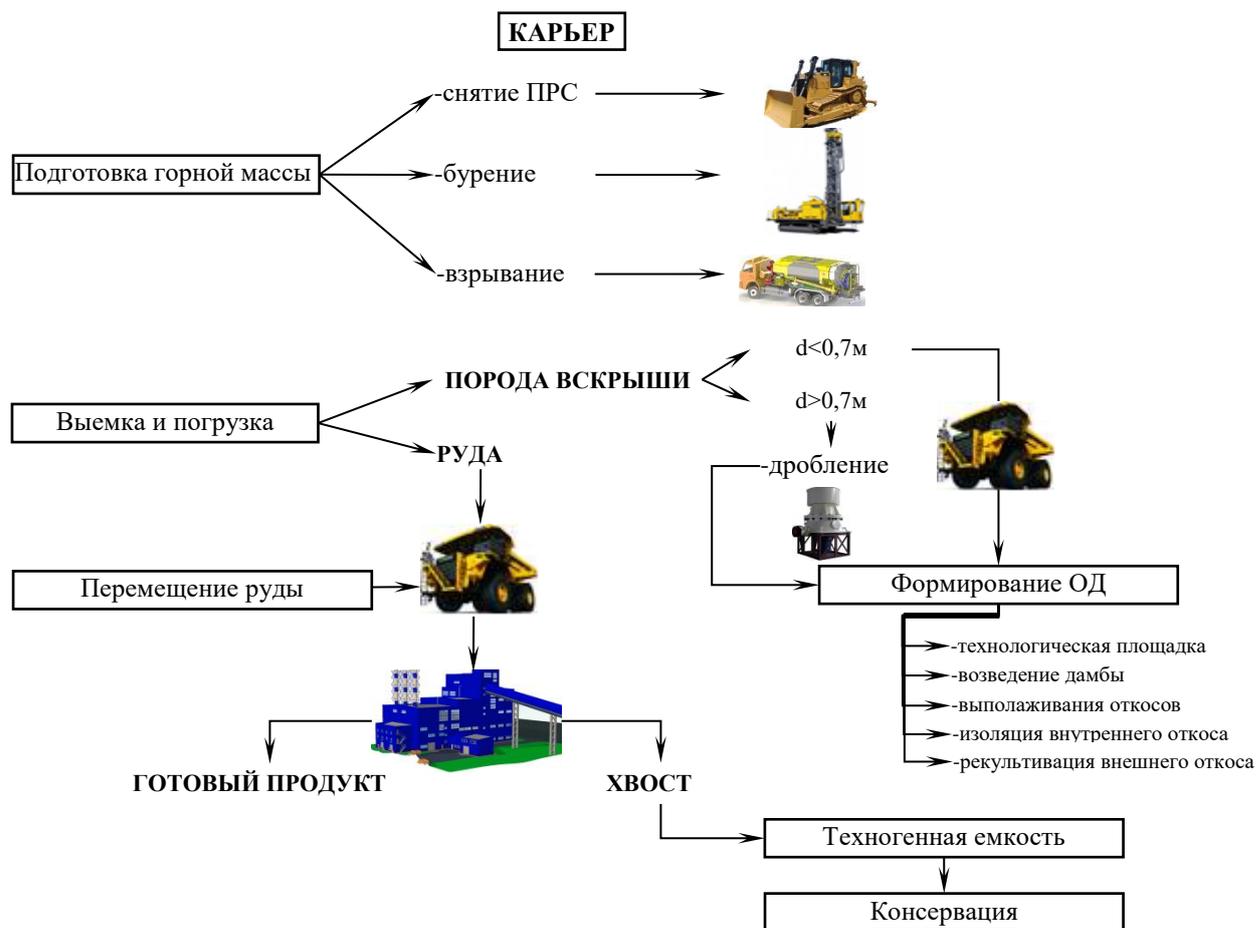


Рисунок 3.3 – Технологическая схема процессов ведения горных работ

Таким образом, на сегодняшний день одним из способов повышения эффективности горнодобывающего предприятия является комплексное освоение участка недр с расширением функционала производственных процессов с возможностью совмещения или частичной замены. Данные технические решения будут способствовать реализации мероприятий по отработке балансовых запасов полезных ископаемых, а также обеспечат целенаправленное формирование техногенной емкости. Кроме того, расширение функционала производственных процессов позволит: сократить затраты на аренду земель и перемещение вскрышных пород; уменьшить площади нарушенных земель, с целью соблюдения требований экологической безопасности. Однако также необходимо провести исследования возможности влияния режима работ и схем вскрытия.

3.2 Влияние режима горных работ и схем вскрытия на формирование и эксплуатацию техногенных емкостей

Процессы функционирования горно-обогатительного комплекса в рамках диссертации условно разделяются на этапы: ведения горных работ (подготовка) и эксплуатация. Первый этап заключается в интенсивной подготовке запасов к выемке, а также создании техногенной емкости поверхностного типа, для складирования хвостов и продуктов их переработки на период, необходимый для доработки запасов и формирования емкости по типу поверхностно-глубинного хвостохранилища. Этап эксплуатации включает в себя извлечение полезных компонентов из руды различными методами обогащения, а также сброс хвостов и продуктов их переработки.

Проектирование горно-перерабатываемого предприятия должно обеспечить совмещение этапа подготовки и эксплуатации в случае отработки мало-масштабных сближенных месторождений с ранее сформированным выработанным пространством или последовательным переходом одного этапа в другой при осуществлении работ ранее не отработанного карьерного поля.

На сегодняшний день тенденция развития эффективного функционирования горно-перерабатывающего предприятия заключается в совершенствовании методов обогащения полезных ископаемых, повышении производительности как рудника, так и обогатительной фабрики, в объеме выпуска металла. Совокупность данных методов способствует вовлечению в разработку запасов месторождения добыча и переработка, которых еще несколько лет назад считались нецелесообразны. С учетом методов обогащения и производительности горно-обогатительного комплекса важное значение имеет объем хвостов обогащения и продуктов их переработки. Выход хвостов достигает более 80% от общего количества перерабатываемой руды, что при большей производительности современных обогатительных фабрик и при продолжительном сроке их существования требует значительных площадей земель для размещения хвостов [51, 52, 53, 58].

В практике добыче цветных и благородных металлов содержание полезного компонента исчисляется единицами процентов и граммов, при этом в результате переработки и складирования с учетом коэффициента разрыхления и наличия пор в породах вскрыши, приводит к разности объемов горной массы в массиве и складировуемых пород. График зависимости объемов горной массы в целике от объема складировуемых пород, представлен на рисунке 3.4.

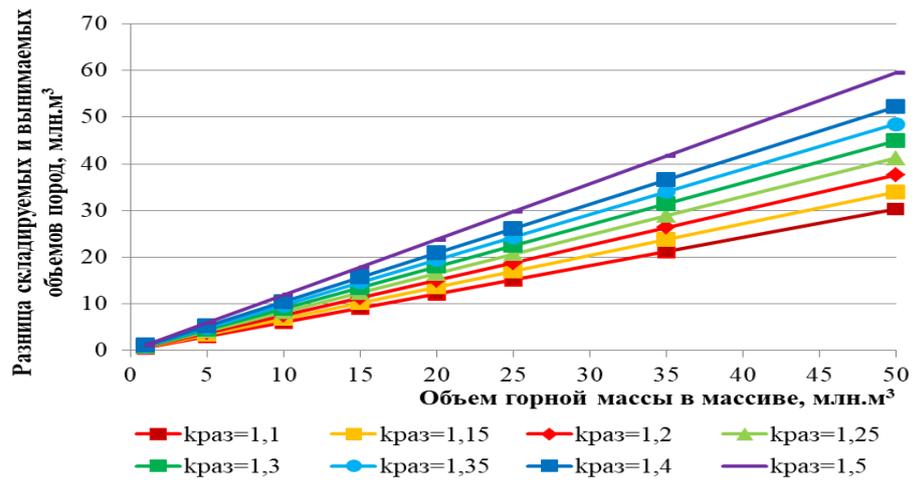


Рисунок 3.4 – График зависимости объемов горных пород от складированных с учетом коэффициента разрыхления

Таким образом, с учетом извлечения полезного компонента из горной массы, объем складированных пород увеличивается на 15–50% вследствие разрушения целостной структуры массива, что влияет на площади, необходимые для их размещения.

Горно-обогатительный комплекс при формировании техногенной емкости в целях комплексного освоения участка недр оказывает влияния на:

- очередность отработки залежей группы месторождений;
- необходимую площадь земель занимаемых под размещение хвостов;
- требуемый объем и оптимальные параметры техногенной емкости;
- расчет расстояний транспортирования хвостов от фабрики до хвостохранилища.

С целью согласования производственных мощностей карьера и обогатительной фабрики при формировании и заполнении техногенной емкости хвостами обогащения руд разработан механизм увязки технологических процессов в пространстве и во времени.

В работе предложено уравнение согласования производительности карьера и обогатительной фабрики при формировании техногенной емкости:

$$P_{ГМ} = f(P_{ПИ}; V_{ВС}; V_{ВР}; V_{ТЕ}; P_{ОФ}; \gamma) \quad (3.1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{ТЕ} \geq (P_{ОФ} - \gamma) \cdot T_3 \\ V_{ОД} = V_{ВС} + V_{ВР} \\ V_{ВС} = S_{сеч.од} \cdot L_{ОД} \\ V_{ВР} = S_{сеч.исз} \cdot L_{ОД} \\ V_{ВСК} \geq V_{ПИ} \in [V_{ВС} + V_{ВР}] \end{array} \right.$$

где $P_{ГМ}$ – производительность карьера по горной массе, м³;

$\Pi_{\text{пи}}$ – производительность карьера по полезному ископаемому, м^3 ;

$V_{\text{вс}}$ – объем скальной вскрыши, м^3 ;

$V_{\text{вр}}$ – объем рыхлой вскрыши, м^3 ;

$\Pi_{\text{оф}}$ – производительность обогатительной фабрики, м^3 ;

γ – выход продукта, %;

$V_{\text{од}}$ – объем материала, необходимого для отсыпки ограждающей дамбы, м^3 ;

T_3 – время заполнения техногенной емкости, лет;

$S_{\text{сеч.од}}$ – сечение ограждающей дамбы, м^2 ;

$S_{\text{сеч.исз}}$ – сечение изоляционного слоя (конструкции), м^2 ;

$L_{\text{од}}$ – протяженность ограждающей дамбы, м;

$V_{\text{вск}}$ – объем вскрышных пород, м^3 ;

$V_{\text{пи}}$ – объем полезных ископаемых, м^3 .

Для определения годового объема горной массы с учетом производительности карьера по полезному ископаемому и необходимого объема вскрышных пород для создания ограждающей дамбы и инженерной системы защиты техногенной емкости при обеспечении размещения требуемого объема хвостов обогащения, разработана номограмма, представленная на рисунке 3.5.

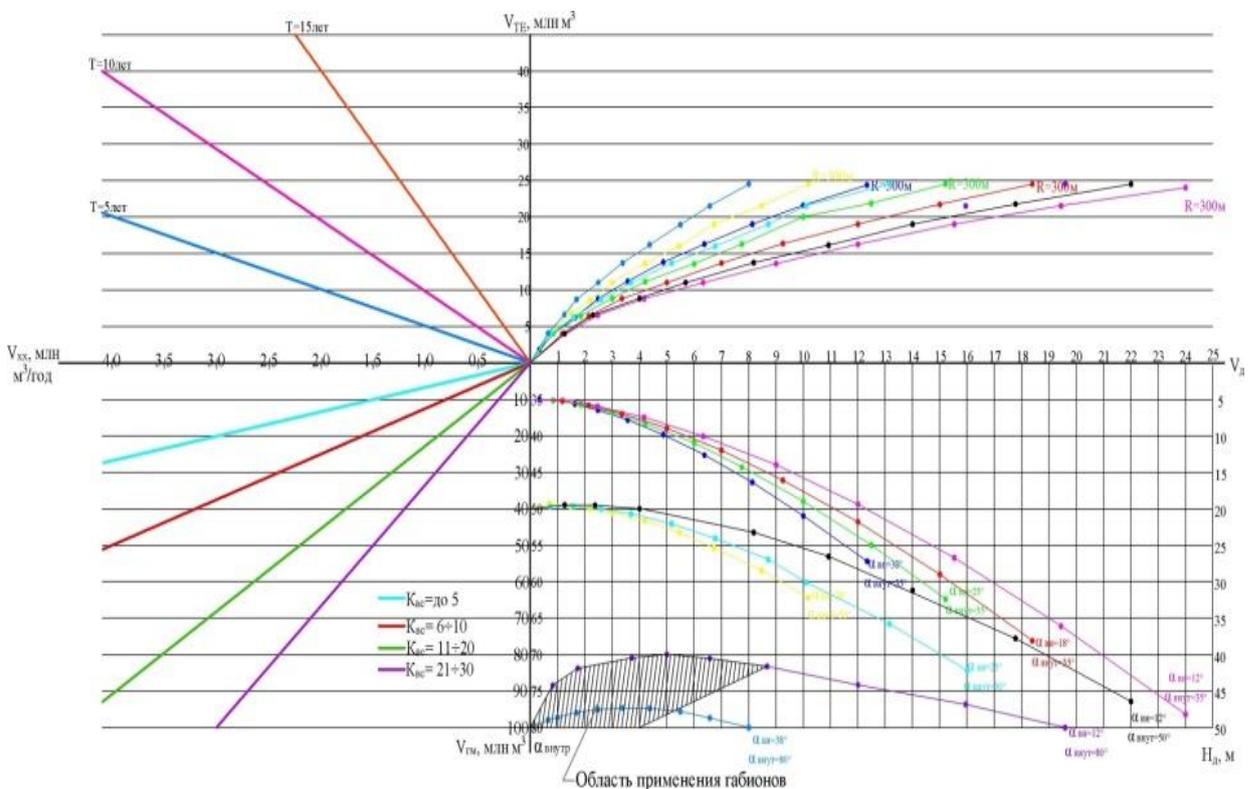


Рисунок 3.5 – Номограмма для согласования производительности карьера и обогатительной фабрики

В рамках представленной работы, комплексного освоения участка недр групп месторождений условно можно разделить на две принципиальные схемы:

- эксплуатация существующей емкости на базе ранее отработанного карьера;
- освоение ранее не разрабатываемого карьерного поля.

В рамках первой схемы комплексного освоения участка недр месторождений заключается в одновременном складировании хвостов обогащения в ранее отработанный карьер с последующей консервацией, ведение вскрышных и добычных работ в пределах карьерного поля, формирование ограждающей дамбы по периметру разрабатываемого карьера, с целью создания техногенной емкости для размещения хвостов обогатительной фабрики и его дальнейшая консервация. Схема комплексного освоения участка недр в рамках первого направления, представлена на рисунке 3.6.

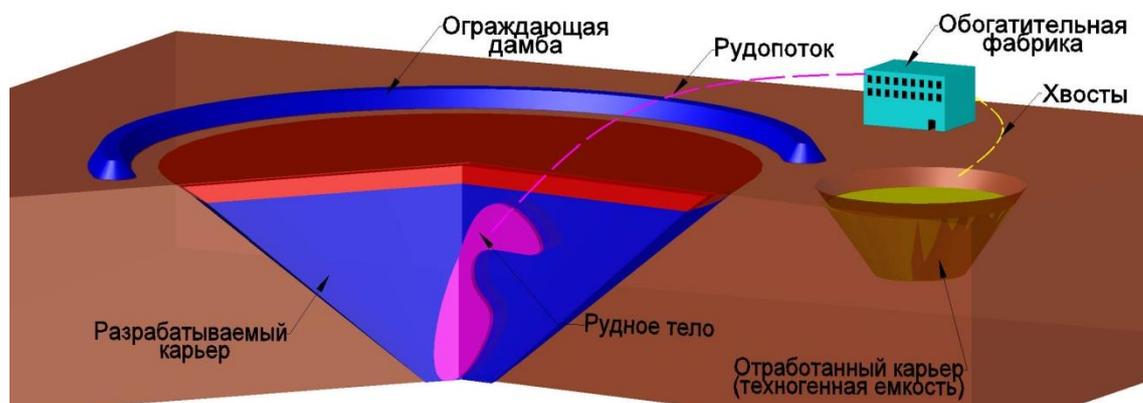


Рисунок 3.6 – Схема комплексного освоения участка недр в рамках первого направления

Вторая схема комплексного освоения участка недр группы месторождений ранее не отработываемых, представляет собой выбор очередности отработки залежей полезных ископаемых и дальнейшую отработку месторождений с одновременным формированием техногенной емкости на базе данного карьера. Выбор очередности разрабатываемых карьеров заключается в проведение анализа с точки зрения расположения горной выработки относительно обогатительной фабрики с целью сокращения затрат на перемещения горной массы, а также оценки возможности и реализации мероприятий по размещению хвостов обогащения на момент ведения горных работ и формированию техногенной емкости.

В современных условиях проектирование и строительство хвостохранилищ в большинстве случаев ограничивающим фактором является наличие свободных площадей земель под размещения хвостов обогащения, поскольку находится за

пределами горного отвода. Однако после вступления в силу Постановления №800 "О проведении рекультивации и консервации земель" территории нарушенные горными работами должны быть рекультивированы или законсервированы [93]. Срок проведения работ по рекультивации, консервации земель определяется проектом и не должен составлять более 15 лет для рекультивации, более 25 лет для консервации земель. Однако земельные участки занятые хвостами и продуктами их переработки, являются нарушенными, что оказывает негативное экологическое воздействие на окружающую среду в процессе ведения работ по заполнению техногенной емкости. Такие участки требуют проведения мероприятий по их рекультивации и консервации используемых земель. Кроме того, наличие площадей, занятых под размещение хвостов обогащения на протяжении всего периода эксплуатации участка недр, до момента их рекультивации, консервации и сдачи по соответствующим актам, значительно влияет на экономику предприятия на протяжении ведения всех технологических процессов.

В классическом представлении формирования и ведения хвостового хозяйства обогатительные фабрики при малой производительности используют овраги, котлованы, разрезы, карьеры небольших размеров при их наличии. При значительной производительности обогатительного комплекса или при ее увеличении на этапе проектирования или в процессе ведения работ руководством предприятия принимается решение о создании на поверхности хвостохранилищ, что влечет за собой изъятие земель, которые в дальнейшем зачастую становятся непригодными относительно их первоначального состояния [51].

Разработанная модель горнотехнического сооружения с техногенной емкостью для условий участка недр позволит на этапе проектирования горнодобывающего предприятия регулировать полезный объем создаваемых техногенных емкостей, а также сократить площадь земель нарушенных горными работами, и, как следствие, минимизировать эксплуатационные затраты горнодобывающего предприятия.

Согласно проведенным исследованиям в разработанной в параграфе 2.4 модели использованы следующие исходные данные: полезная емкость сформированной техногенной емкости на базе выработанного пространства карьера – 5 млн. м³, объем хвостов необходимых под размещение – 6, 10 млн. м³, угол внешнего откоса ограждающей дамбы – 12°, выявлена зависимость изменения площади горнотехнической системы (ГТС) от объема укладываемых хвостов. Схема к расчету

изменения площади горнотехнической системы, представлена на рисунке 3.7.

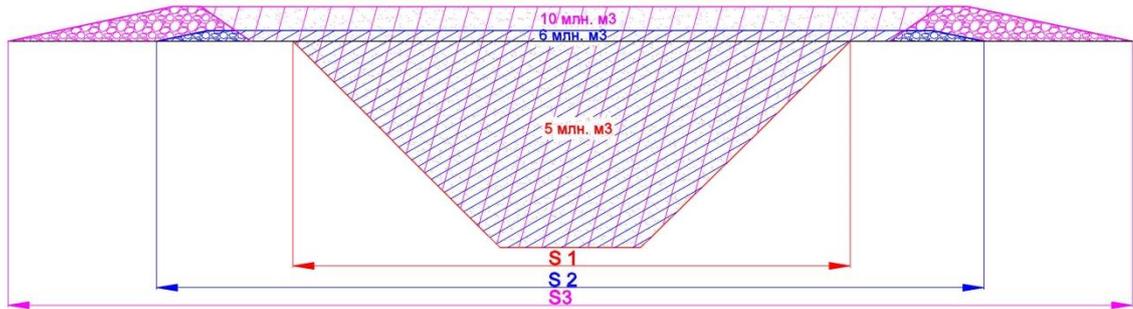


Рисунок 3.7 – Схема изменения площади, занимаемой горнотехнической системой

Изменение вместимости техногенной емкости при увеличении объема складированных хвостов обогащения на 5 млн. м³ дает прирост площади горнотехнической системы на 44%. Однако данное увеличение площади в 1,5 раз меньше занимаемых площадей в случае применения традиционных поверхностных хвостохранилищ. Кроме того, выявлена зависимость площади земли, занимаемой техногенной емкостью от объема хвостов размещаемых в ней с учетом различных конфигураций применяемых углов внутреннего и внешнего откосов (рисунок 3.8).

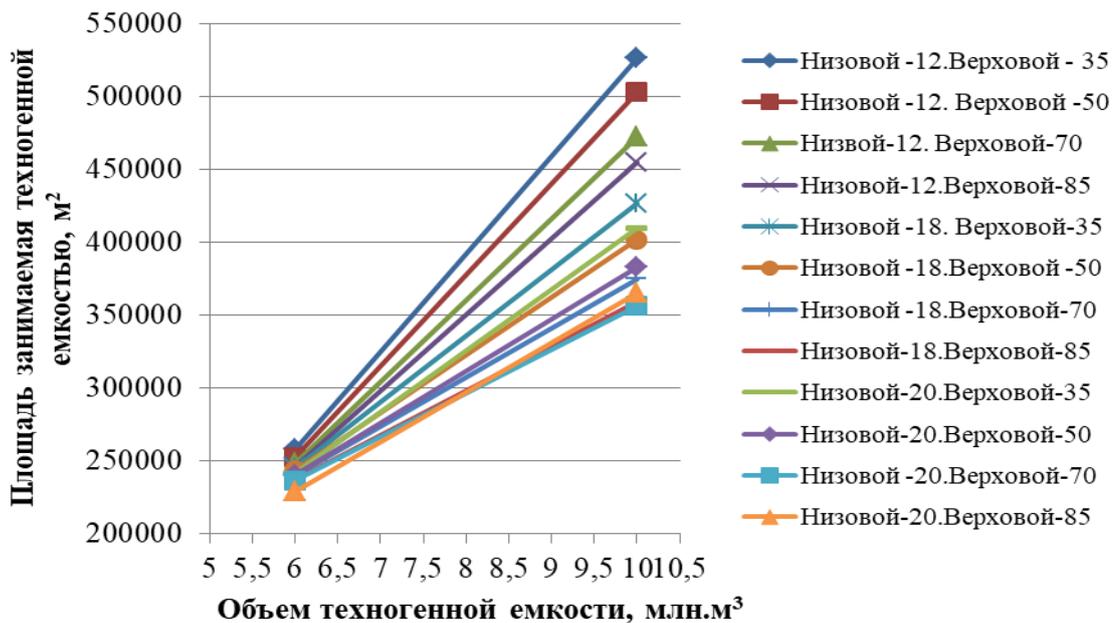


Рисунок 3.8 – График зависимости площади, занимаемой техногенной емкостью, от требуемого объема хвостов для размещения

Оптимальные параметры и объем техногенной емкости необходимо рассчитывать с учетом особенностей каждого месторождения в целях рационального использования выработанного пространства карьера, вскрышных пород и земель горнотехнической системы. Сформированная техногенная емкость должна обеспечить возможность размещения хвостов обогащения и продуктов их переработки на весь период эксплуатации данного объекта. Высота ограж-

дающей дамбы зависит от требуемой вместимости техногенной емкости, а также от объема пород вскрыши, имеющих в пределах проектного контура карьера, необходимого для ее возведения. Согласно требованиям, отметка гребня ограждающей дамбы должна превышать уровень складированного продукта на 1-1,5 м для исключения возможности перелива хвостов. В случае избытка пород вскрыши при формировании дамбы необходимо предусмотреть их складирование в виде отвала на отдельном участке в пределах земельного отвода с целью последующего использования их в качестве изолирующего слоя для консервации поверхности уложенных хвостов. В случае значительного объема пород, данный отвал в зависимости от выбранного направления может быть рекультивирован и сдан в земельный фонд.

В рамках предлагаемой концепции комплексного освоения участка недр при разработке месторождений этот вопрос является актуальным с учетом целенаправленного формирования техногенной емкости для снижения затрат на складирование хвостов обогащения, а также по расположению техногенной емкости относительно обогатительного комплекса. На этапе разработки проектных решений необходимо учитывать не только возможность сокращения затрат на транспортирование в момент ведения добычных работ, но и в период заполнения техногенной емкости. Также необходимо рассмотреть порядок отработки залежей группы месторождений для рационального выбора очередности разработки участков карьерного поля при формировании техногенной емкости с целью сокращения площадей изъятых земель.

Таким образом, при формировании техногенной емкости необходимо учитывать факторы влияния горно-обогатительного комплекса. Производительность обогатительной фабрики оказывает влияние не только на требуемый объем техногенной емкости, но и на площадь всей горнотехнической системы, что необходимо учитывать на этапе принятия проектных решений горнодобывающего предприятия.

Параметры формируемой ограждающей дамбы необходимо обосновывать исходя, из заданного объема техногенной емкости при этом должны быть выполнены требования экологической и промышленной безопасности. На этапе разработки проектных решений необходимо учитывать не только возможность сокращения затрат на транспортирование при заполнении техногенной емкости, но и на формирование в процессе ведения горных работ. С целью опреде-

ления оптимальных параметров открытых горных работ при одновременном формировании техногенной емкости, необходимо исследовать режим горных работ и схемы вскрытия [65, 66, 67].

Исследование изменения режима горных работ и схем вскрытия месторождения на возможность одновременной отработки балансовых запасов и формирования техногенной емкости для дальнейшего размещения хвостов обогащения и продуктов их переработки является одной из основных задач предлагаемой в работе концепции комплексного освоения участка недр. Согласно [22, 33, 34], режим горных работ представляет собой установленную проектом или исследованием последовательность выполнения объемов вскрышных и добычных работ на карьере, цель которой обеспечение планомерной и экономически эффективной открытой разработки месторождения в течение всего срока существования карьера. Регулирование режима горных работ необходимо для выравнивания капитальных затрат по этапам функционирования горнодобывающего предприятия и заключается в перераспределении объемов вскрышных работ, а также отнесение их на более поздний период. В графическом виде режим горных работ представляет собой функциональную зависимость вынимаемых объемов пород вскрыши и полезных ископаемых от глубины карьера при крутом и наклонном залегании залежи или от размеров карьера в плане при горизонтальном и пологом залегании.

В диссертации для достижения цели попутного формирования техногенной емкости, график горных работ требует расширения своего функционала, путем регулирования объемов дифференцированных пород вскрыши в соответствии с прочностными и изоляционными свойствами. В предложенной концепции комплексного освоения участка недр, породы вскрыши являются материалом, который используется при формировании ограждающей дамбы техногенной емкости, тем самым регулирование режима горных работ заключается в обеспечении требуемого объема добычных работ, а также возможности реализации мероприятий по формированию техногенного георесурса. Ведение горных работ в части распределения объемов горных работ не противоречит существующим целям обеспечения подготовленных, вскрытых и готовых к выемке запасов и переносу экономических затрат на более поздний период. Однако распределение объемов горных работ сводится к созданию функциональной зависимости объемов полезного ископаемого и пород вскрыши от времени - календарному плану, с учетом дифференцирования вскрыши

по требуемому качеству обрабатываемому участку и их количеству на рассматриваемый промежуток времени.

С целью формирования техногенной емкости в процессе ведения горных работ на этапе проектирования после регулирования календарного графика вскрышных и добычных работ необходимо провести анализ пород вскрыши на предмет возможности их использования в качестве материала для строительства ограждающей дамбы с учетом требуемого объема в зависимости от технологии формирования, с применением различных противофильтрационных и прочностных конструкций и материалов.

Для трансформации графика режима горных работ месторождения в календарный график вскрышных и добычных работ существует несколько методов регулирования [33]:

- 1) уменьшение угла наклона рабочего борта карьера. Этим обеспечивается перенос части объемов вскрышных работ с одного этапа на предыдущий;
- 2) увеличение величины угла наклона рабочего борта карьера. Этим обеспечивается перенос части объемов вскрышных работ в последующие периоды ведения добычных работ;
- 3) перенесение «пиковых» объемов начального периода разработки на строительный период или снижение производительности карьера по полезному ископаемому;
- 4) постановка временного борта карьера. Этим обеспечивается перенос части объемов вскрыши на более поздний период. Для сохранения постоянной производительности по вскрышным породам в периоды t_2 и в карьере устраиваются уступы, и вскрыша с t_2 переносится на t_3 .

При этом можно рассмотреть два варианта регулирования дифференцированных пород вскрыши: первый – на определенном этапе ведения горных работ прослеживается дефицит необходимого объема пород вскрыши с требуемыми физико-механическими свойствами (рис. 3.9а); второй – на определенном этапе ведения горных работ прослеживается избыток объема пород вскрыши с требуемыми физико-механическими свойствами. Перенос данных пород является нецелесообразно в данный период времени, с целью исключения возможности потери реологических свойств (рис.3.9б).

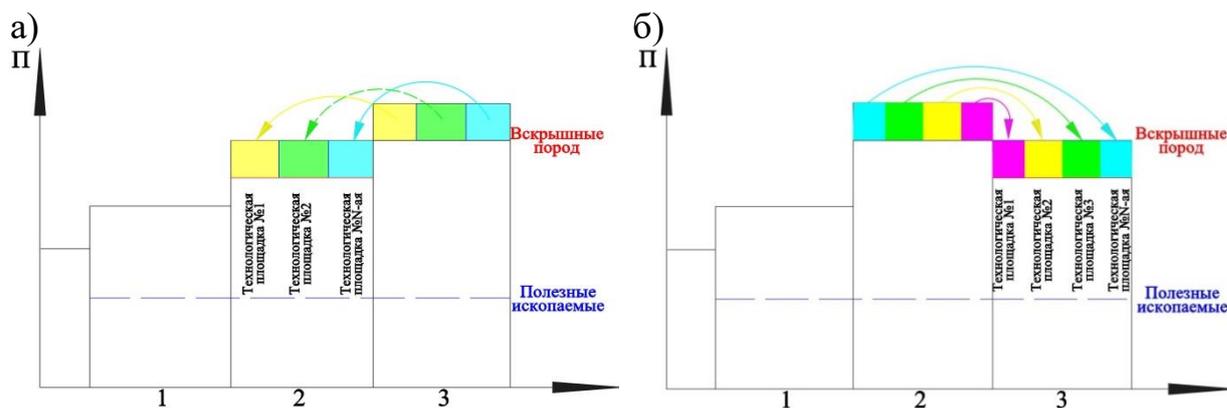


Рисунок 3.9– Методы регулирования графика вскрышных работ при формировании техногенного георесурса:

а) дефицит объема пород вскрыши; б) избыток объема пород вскрыши

В случае отработки месторождений с низким коэффициентом вскрыши, представленными только скальными породами вскрыши, формирование дамбы осуществляется исключительно в период ведения вскрышных работ при условии, что их объемы вскрыши достаточны для формирования техногенной емкости.

В современных условиях горнодобывающие предприятия стремятся повысить экономическую эффективность путем применения новых технических решений в части отработки месторождения с целью минимизации капитальных и эксплуатационных затрат при ведении горных работ, сокращением транспортных затрат как на перемещение полезного ископаемого так и пород вскрыши. Одним из важных процессов функционирования горнодобывающего предприятия, а в частности открытых горных работ, является вскрытие. Задача вскрытия карьерного поля заключается в установлении транспортных коммуникаций между рабочими горизонтами карьера и пунктами приема горной массы. На практике, при отсутствии ограничений, заложение съездов при проектировании предусматривается с наименьшей точки понижения рельефа. В существующих методиках разработки месторождений применяют различные схемы вскрытия. Так, в работе В. А. Галкина представлены исследования схем вскрытия и предложены схемы вскрытия рабочей зоны карьера парами временных автомобильных съездов, что позволяет значительно снизить погоризонтные расстояния транспортирования пород: на 80-150% при одном выезде из карьера, 50-70% при двух и 30-40% при трех симметричных выездах. Однако применение данных проектных решений ведет к необходимости строительства большого количества дополнительных временных съездов [17]. На практике вскрытие парными траншеями по длине борта не дает соответствующего снижения расстояний транспортирования, так как отвалы вскрышных

пород расположены не по всему периметру карьера. При формировании ограждающей дамбы по периметру выработанного пространства карьера заложение равноудаленных временных съездов исключает этот недостаток и позволяет сократить эксплуатационные затраты в период комплексного освоения участка недр.

На этапе проектирования необходимо сформировать съезды таким образом, чтобы они совпадали с технологическими площадками по периметру разрабатываемого карьера, что позволит сократить затраты на транспортирование вскрышных пород. Однако необходимо учитывать требования к вскрывающим трассам, представленные в параграфе 2.2. Вариант схемы заложения съездов и технологических площадок для возведения ограждающей дамбы, представлен на рисунке 3.10.

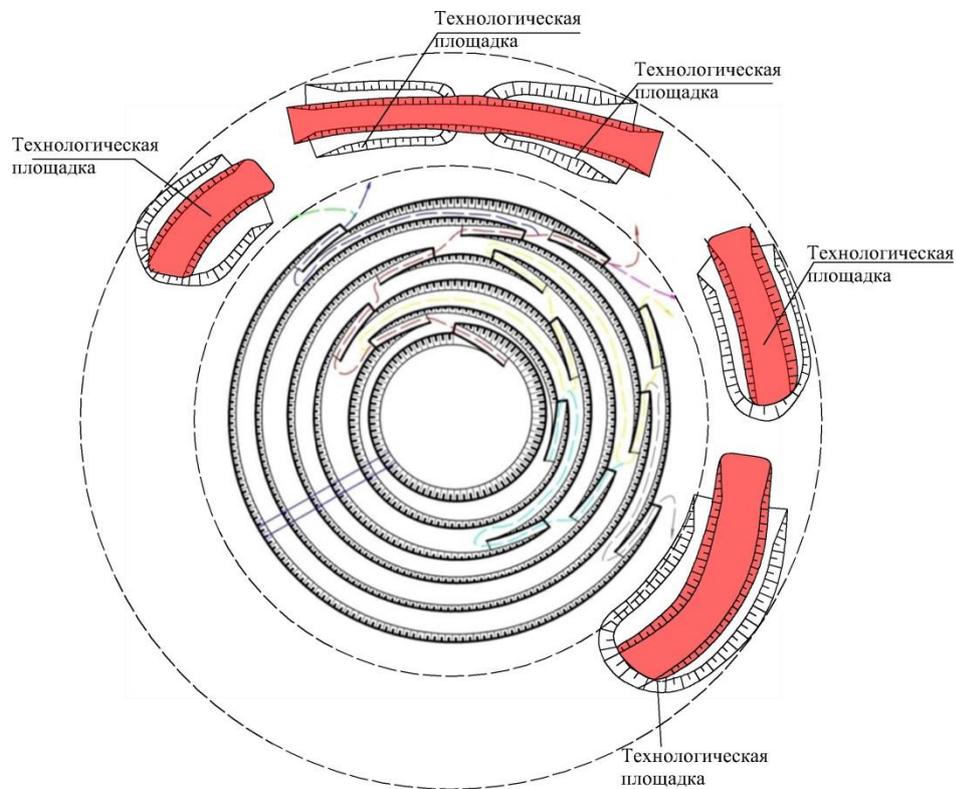


Рисунок 3.10 – Схема заложения съездов и технологических площадок при одновременном ведении добычных работ и формировании техногенной емкости

Таким образом, при строительстве техногенной емкости в процессе ведения добычных работ и формировании техногенного георесурса следует учитывать важность режима горных работ, регулирование которого позволяет обеспечить выемку не только требуемых годовых объемов полезного ископаемого, но и пород вскрыши необходимого качества в определенный промежуток времени, для реализации мероприятий по строительству ограждающей дамбы. В диссертации разработана динамическая модель распределения подвижного состава при транспортировании горной массы при формировании техногенных емкостей,

позволяющая определить рациональные параметры и местоположение технологических площадок, обеспечивающих формирование ограждающих дамб заданной конструкции, а также необходимое количество съездов на верхних горизонтах, с использованием программного продукта AnyLogic.

Влияние применяемой схемы вскрытия заключается в обеспечения горной выработки несколькими съездами, для сокращения дальности транспортирования полезного ископаемого и пород вскрыши. В качестве решения данного вопроса, в работе принята система парных временных автомобильных съездов, позволяющая транспортировать полезные ископаемые на обогатительную фабрику, склады, а породы вскрыши в соответствии с их физико-механическими характеристиками, на разные технологические площадки для целенаправленного формирования ограждающей дамбы. Однако применение данных технологических схем, условий требует анализа влияния затрат на совместное ведение добычных работ и формирование приемной емкости.

3.3 Исследование изменения затрат на совместное ведение открытых горных работ и формирование техногенной емкости

В диссертации рассматривается, что источником доходов горнодобывающих предприятий в результате функционирования является не только доход от реализации полезных ископаемых, но и целенаправленно сформированные техногенные георесурсы, что обеспечивает повышение экономических показателей ведения горных работ и увеличение комплексности освоения участка недр.

Согласно практики, для принятия решений по основным техническим вопросам при проектировании горнодобывающего предприятия необходимо производить оценку технико-экономических показателей, таких как капитальные вложения и эксплуатационные расходы. Расчет данных показателей должен быть произведен по каждому технологическому процессу ведения открытых горных работ. При совместном ведении горных работ и формировании техногенной емкости, в работе технико-экономические показатели предлагается определять с учетом адаптации общепринятой методики укрупненных расчетов применяемой при проектировании горнотехнической системы с формированием техногенной емкости [10, 133]. Так, общая сумма капитальных затрат в период строительства карьера с целенаправленным формированием техногенной емкости следует определять по формуле:

$$K^{TE} = (K_{Г.К.}^{TE} + K_{О.П.}^{TE} + K_{ВСП}^{TE} + K_{ОД}^{TE})aB \quad (3.2)$$

где $K_{Г.К.}^{TE}$ - капитальные вложения на горно-капитальные работы, с учетом целенаправленного формирования техногенной емкости, тыс. руб.;

$K_{О.П.}^{TE}$ - капитальные вложения по основным производственным процессам, с учетом целенаправленного формирования техногенной емкости, тыс. руб.;

$K_{ВСП}^{TE}$ - капитальные вложения по обслуживающим и вспомогательным процессам и цехам, с учетом целенаправленного формирования техногенной емкости, тыс. руб.;

$K_{ОД}^{TE}$ - капитальные вложения на формирование ограждающей дамбы, тыс. руб.;

a - коэффициент, учитывающий неучтенные затраты, принимается равным 1,1;

B - коэффициент, учитывающий прочие работы и затраты, принимается руководством предприятия и отражается в сметно-финансовом расчете.

Вложения на горно-капитальные работы $K_{Г.К.}^{TE}$ определяются исходя из их объема в зависимости от схемы вскрытия и стоимости 1 м³ данных работ

$$K_{Г.К.}^{TE} = V_{Г.К.} \cdot C_{Г.К.} \quad (3.3)$$

где $V_{Г.К.}$ - объем горно-капитальных работ, тыс. м³;

$C_{Г.К.}$ - стоимости 1 м³ горно-капитальных работ, руб.

Капитальные вложения по основным технологическим процессам определяются по формуле

$$K_{О.П.}^{TE} = K_B^{TE} + K_D \quad (3.4)$$

где K_B^{TE} - капитальные вложения на выполнение вскрышных работ, с учетом целенаправленного формирования техногенной емкости, тыс. руб.;

K_D - капитальные вложения на выполнение добычных работ, тыс. руб.

При формировании техногенной емкости в рамках предлагаемой концепции комплексного освоения участка недр, капитальные вложения для вскрышных работ должны включать в себя затраты на строительство ограждающей дамбы и определяться по формуле

$$K_B^{TE} = K_{бур}^{TE} + K_{з.м.}^{TE} + K_{э}^{TE} + K_n^{TE} + K_{\sigma}^{TE} + K_{\phi}^{TE} + K_{тр}^{TE} \quad (3.5)$$

где $K_{бур}^{TE}$ - капитальные вложения на буровые станки для выемки вскрышных пород, с учетом дальнейшего использования последних в качестве материала для строительства ограждающей дамбы, тыс. руб.;

$K_{з.м.}^{TE}$ - капитальные вложения на зарядные машины и устройства для выемки вскрышных пород, с учетом целенаправленного формирования тех-

ногенной емкости, тыс. руб.;

$K_{\varnothing}^{TE}, K_n^{TE}, K_{\phi}^{TE}$ - капитальные вложения, на экскаваторы, предназначенные для выполнения вскрышных, перевалочных работ и работ по формированию ограждающей дамбы соответственно, тыс. руб.;

K_B^{TE} - капитальные вложения на работу бульдозера при формировании откосов и планировки гребня ограждающей дамбы, тыс. руб.;

K_{mp}^{TE} - капитальные вложения на транспортное обеспечение вскрышных работ, тыс. руб.

Капитальные вложения по добычным работам определяется аналогично

$$K_D = K_{БУР}^{\delta} + K_{З.М.}^{\delta} + K_{\varnothing}^{\delta} + K_{ТР}^{\delta} \quad (3.6)$$

где $K_{БУР}^{\delta}$ - капитальные вложения на буровые станки для добычных работ, тыс. руб.;

$K_{З.М.}^{\delta}$ - капитальные вложения на зарядные машины и устройства для добычных работ, тыс. руб.;

K_{\varnothing}^{δ} - капитальные вложения на экскаваторы для выполнения добычных работ, тыс. руб.;

$K_{ТР}^{\delta}$ - капитальные вложения на транспортное обеспечение добычных работ, тыс. руб.

Капитальные вложения по обслуживанию представляет собой сумму затрат на дренаж и водоотлив $K_{др}$, на объекты административно-хозяйственного обслуживания K_a , на котельные и сети K_k , на подстанции и электросети $K_{эл}$, на ремонтно-складское хозяйство K_p .

Каждый элемент капитальных вложений на горнотранспортное оборудование определяется произведением их количества на стоимость.

В современных условиях развития горнодобывающей отрасли намечена тенденция осуществления горных работ за счет привлечения аутсорсинговых компаний.

Суммарные годовые эксплуатационные расходы на создание и функционировании горнотехнической системы при совмещении горных работ и формирование техногенной емкости следует определять по формуле

$$C^{TE} = (C_{Г.К.}^{TE} + C_{О.П.}^{TE} + C_{ВСП}^{TE} + k \cdot C_{УПР} + C_{ОД}^{TE} + C_{ПР})a_1 \quad (3.7)$$

где $C_{Г.К.}^{TE}$ - амортизация горно-капитальных работ, при формировании техногенной емкости, тыс. руб.;

$C_{О.П.}^{TE}$ - эксплуатационные расходы по основным процессам, с учетом целе-

направленного формирования техногенной емкости, тыс. руб.;

$C_{ВСП}^{TE}$ - эксплуатационные расходы по обслуживающим и вспомогательным процессам, целенаправленного формирования техногенной емкости, тыс. руб.;

k - коэффициент, учитывающий увеличение численности персонала, для осуществления работ по формированию техногенной емкости;

$C_{УПР}$ - расходы на содержание участкового и административно-управленческого персонала карьера, тыс. руб.;

$C_{ОД}^{TE}$ - расходы на выполнение мероприятий, направленных на формирование ограждающей дамбы, тыс. руб.;

$C_{Пр}$ - прочие расходы, определяемые в целом по карьере, тыс. руб.;

a_1 – коэффициент на неучтенные эксплуатационные расходы ($a_1=1,05$).

Годовые эксплуатационные расходы по вскрышным работам, определяются по формуле

$$C_B^{TE} = C_{бур}^{TE} + C_{з.м.}^{TE} + C_{э}^{TE} + C_n^{TE} + C_{ф}^{TE} + C_{б}^{TE} + C_{мп}^{TE} \quad (3.8)$$

где $C_{бур}^{TE}$ - эксплуатационные расходы на буровые станки для выемки вскрышных пород, с учетом дальнейшего использования последних в качестве материала для строительства ограждающей дамбы, тыс. руб.;

$C_{з.м.}^{TE}$ - эксплуатационные расходы на зарядные машины и устройства для выемки вскрышных пород, с учетом целенаправленного формирования техногенной емкости, тыс. руб.;

$C_{э}^{TE}, C_n^{TE}, C_{ф}^{TE}$ - эксплуатационные расходы, на выемочно-погрузочное оборудование, предназначенное для выполнения вскрышных и перевалочных работ, а также на формирование ограждающей дамбы соответственно, тыс. руб.;

$C_{б}^{TE}$ - эксплуатационные расходы на работу бульдозера при формировании откосов и планировки гребня ограждающей дамбы, тыс. руб.;

$C_{мп}^{TE}$ - эксплуатационные расходы на транспортирование вскрышных пород, тыс. руб.

В случае увеличения требуемого объема вскрышных пород используемых в качестве материала для возведения ограждающей дамбы необходимо произвести регулирования режима горных работ по добычи и формированию техногенной емкости, за счет изменения количества участков ведения горных работ и как следствие реверсированию эксплуатационных затрат на буровзрывные и экскавационные работы.

Эксплуатационные расходы по добычным работам определяются по формуле

$$C_{Д} = C_{БВР}^{\circ} + C_{З.М.}^{\circ} + C_{Э}^{\circ} + C_{ТР}^{\circ} \quad (3.9)$$

где $C_{БВР}^{\circ}$ - эксплуатационные расходы на буровые станки для добычных работ, тыс. руб.;

$C_{З.М.}^{\circ}$ - эксплуатационные расходы на зарядные машины и оборудования для добычных работ, тыс. руб.;

$C_{Э}^{\circ}$ - эксплуатационные расходы на экскаваторы для выполнения добычных работ, тыс. руб.;

$C_{ТР}^{\circ}$ - эксплуатационные расходы на транспортное обеспечение добычных работ, тыс. руб.

Целенаправленное формирование техногенной емкости при одновременном ведении горных работ оказывает влияние на экономические показатели за счет изменения средневзвешенного расстояния транспортирования пород вскрыши; применяемой технологии формирования ограждающей дамбы; создания системы инженерной защиты от распространения загрязняющих веществ в окружающую среду.

Определение средневзвешенного расстояния транспортирования зависит от формы карьера в плане. Однако, при осуществлении открытых горных работ с целью последующего использования выработанного пространства карьера для складирования хвостов обогащения и продуктов их переработки необходимо учитывать такой фактор как схема вскрытия, рассмотренная в параграфе 2.2. Согласно проведенному анализу наиболее оптимальной формой трассы является – петлевая, что предполагает формирования карьера форме в плане круглой, прямоугольной и эллипсовидной формы. Форма карьера в плане влияние на технико-экономические показатели в частности эксплуатационные расходы, связанные с изменением протяженности карьерных автодорог, их содержание и площадь земель, нарушенных горными работами.

Формирование крутой траншеи или породоската для осуществления сброса хвостов также оказывает влияние на капитальные вложения на ее строительство и эксплуатационные расходы на содержание в процессе использования техногенной емкости.

Затраты на формирование техногенной емкости зависят от технологии возведения ограждающей дамбы. При этом на этапе проектирования горнотехнической системы необходимо определить вариант строительства техногенной

емкости, который будет являться технологически и экономически эффективным и обеспечивать требования промышленной и экологической безопасности. В работе предлагаются два варианта технологических схем формирования ограждающих дамб: создание инженерной системы защиты путем формирования ядра в теле дамбы или покрытия внутреннего откоса изоляционным грунтом; применение современных конструкционных материалов (пленки, полимерные противофильтрационные экраны, завесы, габионы, торкретирование) и подготовкой внутреннего откоса ограждающих дамб. В первом случае создание ядра дамбы предусматривается по типу «грунт в стене» двумя способами в зависимости от очередности отсыпки пород в увязке с режимом горных работ на формирование техногенной емкости. Материалом для формирования ядра дамбы являются глинистые породы. Схема представлена на рисунке 3.11.

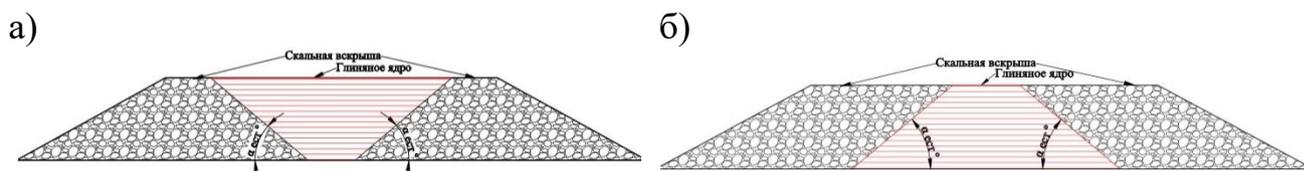


Рисунок 3.11 – Схема создания ядра в теле дамбы, опережающим формирование
а) тела дамбы; б) ядра дамбы

В случае если на разрабатываемом участке недр рыхлые породы представлены в объеме, недостаточном для формирования ядра, в работе предусматривается создание из них глиняных экранов на внутреннем откосе ограждающей дамбы для обеспечения ее гидроизоляции. При этом затраты на формирования инженерной системы защиты приходятся на транспортные и бульдозерные работы.

Второй вариант - это применение конструкционных материалов, таких как торкрет-смеси, противофильтрационные экраны, геомембраны и подпорные стенки, габионы требуют дополнительных затрат на подготовку внутреннего откоса дамбы, приобретение данных систем инженерной защиты и их монтаж. Таким образом, затраты на строительство 1 м.п. габионной стенки без привлечения монтажной организации составляют 12500 рублей, а с привлечением монтажников - 25000 рублей (цены на 2021г). Применение торкретирования обеспечивает полную гидроизоляцию дна и откосов техногенных емкости составляет 7-8 рублей за 1 кг при среднем расходе от 152 до 180 кг/м²; покрытие внутреннего откоса дамбы геомембранной пленкой составляет 160 руб./м² без учета сварки швов. Применение железобетонных плит практически в 60 раза дороже гидроизоляции глиняными экранами. Кроме того применение данных конструкционных материала-

лов требует обеспечения мероприятий по подготовке основания внутреннего откоса необходимым гранулометрическим составом. Вариант применения полиэтиленовой пленки в качестве гидроизоляции, представлен на рисунке 3.12.

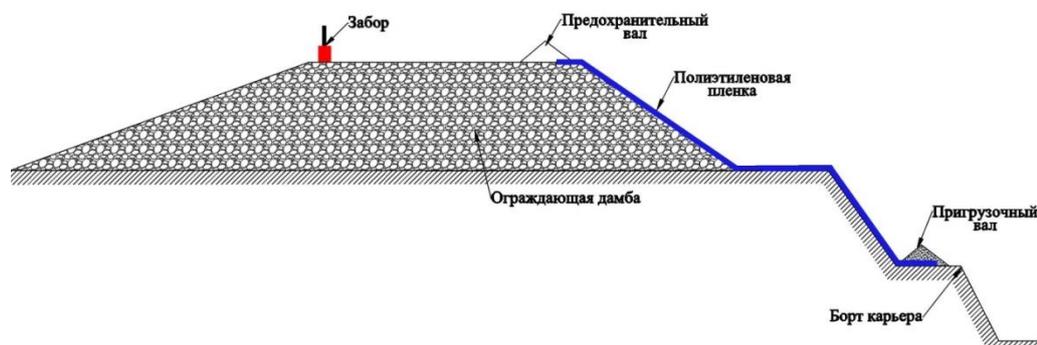


Рисунок 3.12 – Схема гидроизоляции полиэтиленовой пленкой

В работе проведены исследования изменения затрат на создания гидроизоляции техногенной емкости различными способами и приведены схемы их формирования. Исходными данными для анализа принято условное месторождение: глубина карьера $H=100$ м; угол борта на конец отработки $\alpha_1=50^\circ$; объем выработанного пространства $V_{ГМ}=5$ млн. m^3 ; объем скальной вскрыши $V_{СК}=3,5$ млн. m^3 ; объем рыхлых пород вскрыши $V_p=0,5$ млн. m^3 ; угол внутреннего откоса дамбы принят в зависимости от требований предъявляемых к исследуемому конструкционному материалу, мощность выветрило-трещиноватого массива равна 20 м. По результатам исследований была выявлена зависимости изменения затрат на применяемые системы инженерной защиты от объема полезной емкости. Затраты на формирование $1 m^3$ техногенной емкости в зависимости от применяемого конструкционного материала изоляционного экрана представлены на рисунке 3.13.

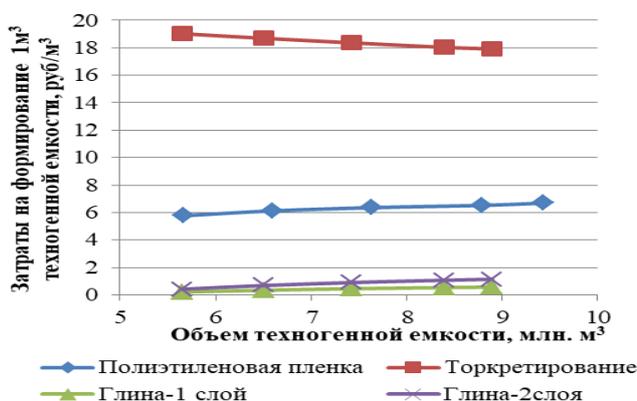


Рисунок 3.13 – График зависимости затрат на формирование $1 m^3$ от общего объема техногенной емкости

Таким образом, экономически целесообразным и эффективным является использование рыхлых пород в качестве изоляционного материала, стоимость

создания которого в зависимости от применяемого типа экрана изменяется от 1 до 35 рублей на 1 м³ создаваемой техногенной емкости. Кроме того, зачастую при разработке месторождения глиняные породы в достаточном объеме присутствуют на осваиваемом участке недр и их применение при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов является неотъемлемой частью в рамках проектирования горнотехнической системы.

Для расчета экономических показателей необходимо определить средневзвешенное расстояние, при возведении тела ограждающей дамбы, из скальных пород в зависимости от схемы движения автосамосвалов. В результате анализа схемы движений, обеспечивающие формирование дамбы являются прямоугольная и кольцевая по крылу [91]. Схемы движения автотранспорта, представлены на рисунке 3.14.

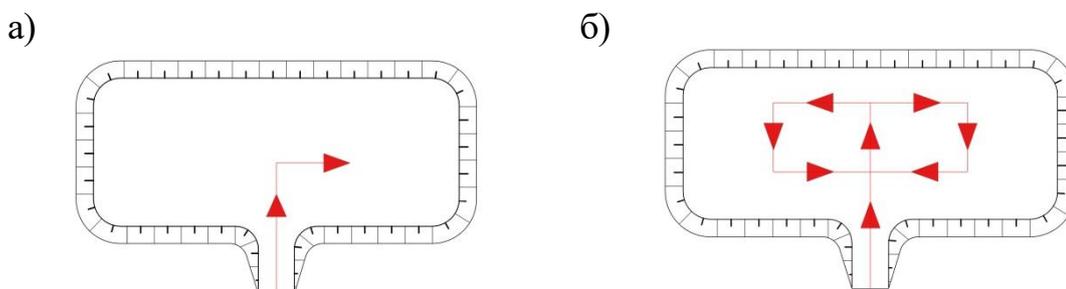


Рисунок 3.14 – Схемы движения автотранспорта при формировании ограждающей дамбы

Формирование ограждающей дамбы заключается в создании по периметру выработанного пространства технологических площадок для разгрузки пород вскрыши в непосредственной близости к выездам на поверхность. Однако строительство первоначального слоя дамбы производится от нижней бровки внешнего откоса спроектированной дамбы в сторону разрабатываемого карьера, с целью сокращения или поддержания одного уровня экономических показателей горного производства в связи с увеличением транспортных расходов на последующих периодах разработки месторождения полезных ископаемых.

Далее осуществляется послойное возведение дамбы с помощью горнотранспортного оборудования, планирование бульдозером и укатка вибрационным катком (рисунок 3.15а), и формирование требуемого угла внешнего откоса дамбы согласно принятого направления рекультивации (рисунок 3.15б).

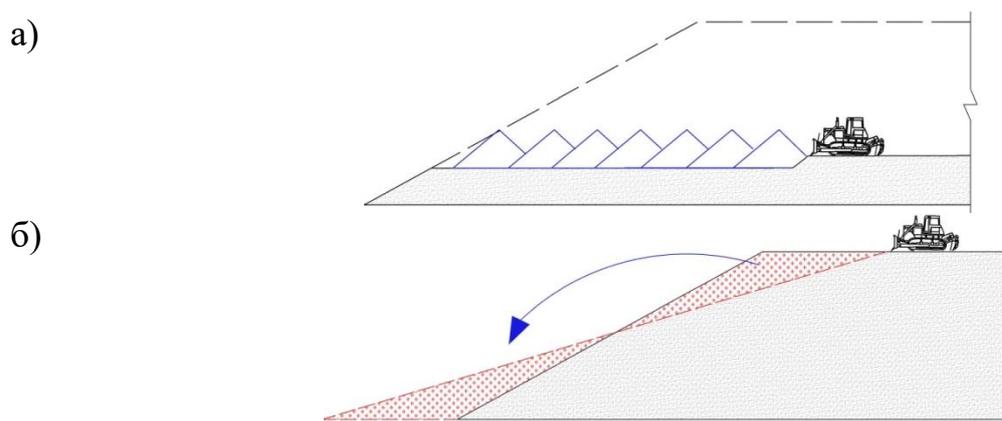


Рисунок 3.15 – Схема формирования ограждающей дамбы
а) возведение дамбы; б) выполаживание внешнего откоса

Наращивание высоты ограждающей дамбы производится двумя способами: периферийным и площадным. Строительство дамбы условно можно разделить на два периода. В первом периоде формирование осуществляется периферийным способом, что обеспечивает снижение расходов на бульдозерные работы по перемещению вскрышных пород на 15%. Второй период наступает в случае отсутствия соблюдения допустимого расстояния между верхней бровкой карьера и нижней бровкой внутреннего откоса ограждающей дамбы, для обеспечения размещения и безопасной работы транспортного оборудования. Работы по возведению дамбы в данный период осуществляются площадным способом. Допустимое расстояние применяется только при периферийном формировании ограждающей дамбы и определяется по формуле

$$Ш_B = Z + Ш_A + Ш_{п.о.} \quad (3.8)$$

где Z – ширина разлета кусков от верхней бровки внутреннего откоса, м ($Z=0,75H_d$);

$Ш_A$ – ширина автодороги, м;

$Ш_{п.о.}$ – ширина призмы разрушения, м.

Расчетная схема допустимых расстояний при формировании дамбы, представлена на рисунке 3.16.

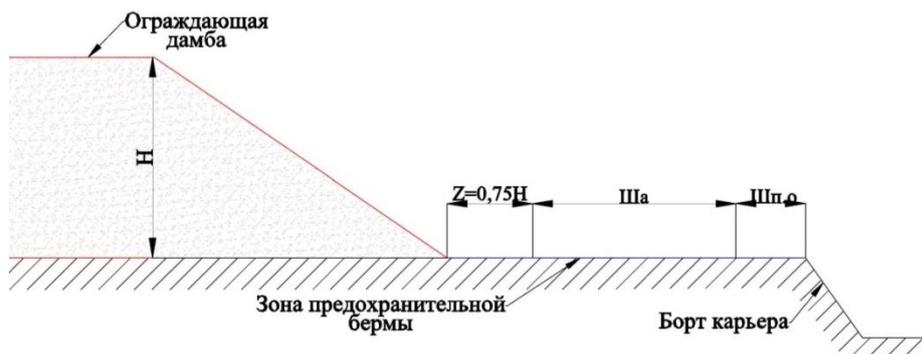


Рисунок 3.16 – Схема допустимых расстояний

Согласно, предложенной методики укрупненных расчетов основных технико-экономических показателей и разработанной модели описанной в параграфе 2.4 было выполнено экономическо-математическое моделирование изменения затрат на разработку месторождения с одновременным целенаправленным формированием техногенной емкости. В качестве исходных данных для моделирования были приняты следующие условия: объем вскрышных пород 45,0 млн. м³, проектная глубина карьера 300 м, результирующий угол бортов – 50°, ширина гребня дамбы на конец строительства составляет 10 м, угол внутреннего откоса дамбы 35°, угол внешнего откоса 12°, расстояние от карьера до отвала 500 м. При моделировании определялось изменение затрат на транспортирование пород вскрыши с целью формирования ограждающей дамбы по сравнению с классическим способом выемки пород вскрыши и их складированием во внешние отвалы и помощью бульдозерных работ для осуществления данных мероприятий. По результатам моделирования были построены следующие зависимости, представленные на рисунке 3.17.

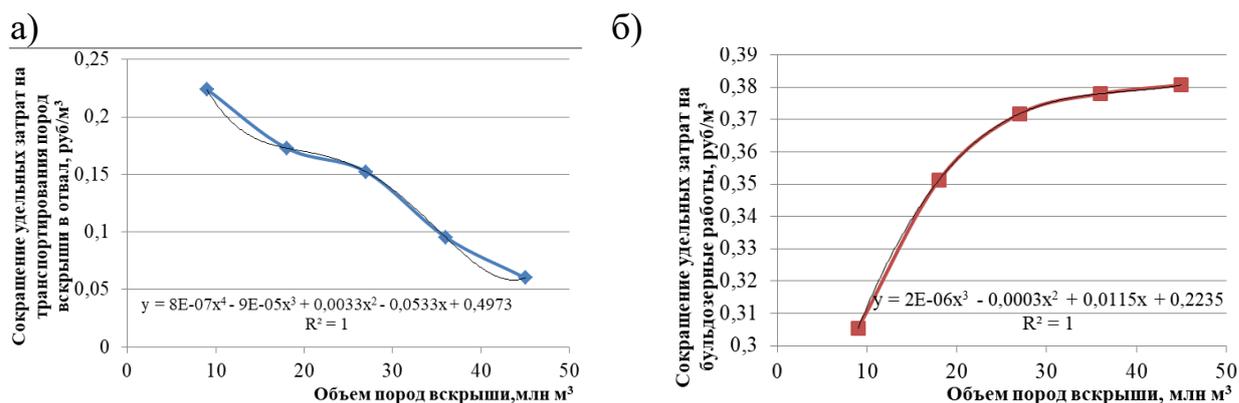


Рисунок 3.17 – Зависимость затрат от периода разработки

а) затраты на транспортирования 1 м³ породы вскрыши;

б) затраты на бульдозерные работы

Кроме того было проанализировано изменение объема техногенной емкости в зависимости от затрат на транспортирование 1 м³ породы вскрыши. Результаты представлены на рисунке 3.18.

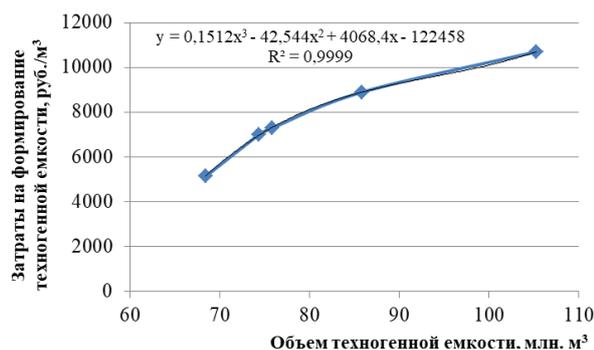


Рисунок 3.18 – Зависимость затрат на формирование техногенной емкости от объема техногенной емкости

Таким образом, затраты на транспортирование пород для целенаправленного формирования техногенной емкости при перемещении на наиболее удаленные участки ограждающей дамбы меньше чем в случае применения классической модели разработки месторождений на 9-22%. Было выявлено что предлагаемая концепция формирования техногенной емкости способствует увеличению затрат на проведение бульдозерных работ по перемещению пород вскрыши и планировки поверхности дамбы на 28%. Однако расходы на ведение данные работ включает в себя одновременное формирование ограждающей дамбы и выполаживание ее внешнего откоса в соответствии с требованиями технического этапа рекультивации. Кроме того исследования показали, что также изменяются затраты на перемещение пород вскрыши и бульдозерные работы в зависимости от направления рекультивации нарушенных земель. График изменения затрат на формирование ограждающей дамбы от угла внешнего откоса представлен на рисунке 3.19.

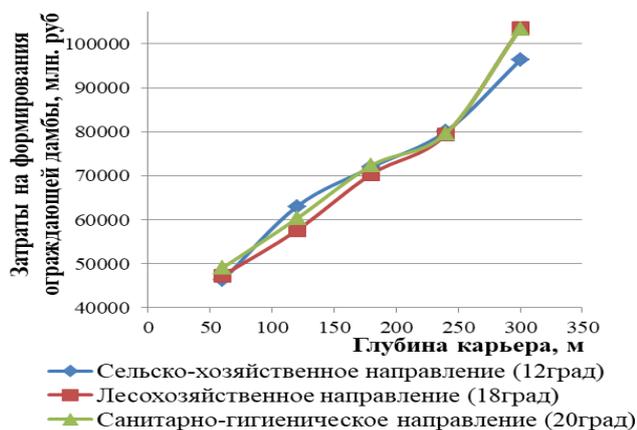


Рисунок 3.19 – Изменение затрат на формирование ограждающей дамбы от направления рекультивации внешнего откоса

Таким образом, исследование изменения затрат при совместном ведении добычных работ и формировании техногенной емкости определяется увеличением расходов на транспортирование пород вскрыши, используемых в качестве материала для строительства ограждающей дамбы, на бульдозерные работы связанные с ее формированием, создание системы инженерной защиты.

Результаты моделирования, перемещения скальной и рыхлой вскрыши для формирования техногенной емкости в сравнении с классическим отвалообразованием, показали снижение затрат на 28%, за счет формирования ограждающей дамбы по периметру верхней бровки карьера на допустимом расстоянии и создания равноудаленных временных съездов. Сокращение данных затрат окажет существенное влияние на эксплуатационные расходы горнодобывающего предприятия.

Бульдозерные работы по перемещению, планированию и выполаживанию внешнего откоса также необходимо учитывать при расчете затрат на возведение дамб. Результаты исследования показали затраты на проведение бульдозерных работ на 28% выше, чем при создании классического отвала, однако в данные затраты также входят расходы на выполаживания внешнего откоса дамбы в соответствии с требованиями технического этапа рекультивации.

Создание системы инженерной защиты обеспечивает требования экологической и промышленной безопасности. Изменение затрат на систему инженерной защиты напрямую зависит от применяемого способа и материала для формирования изоляционных конструкций. Исследование показало, что экономически целесообразным и технологически эффективным является использование рыхлых пород вскрыши. Затраты на формирование глиняных экранов в качестве гидроизоляции на 80 % ниже в сравнении с другими изоляционными конструкциями и материалами. Однако для детального расчета экономических показателей необходимо разработать алгоритм выбора параметров открытых горных работ при одновременной добычи твердых полезных ископаемых и формирования техногенных емкостей.

3.4 Алгоритм выбора параметров открытых горных работ при одновременной добычи твердых полезных ископаемых и формировании техногенной емкости

Ведение горных работ по разработке балансовых запасов маломасштабных сближенных месторождений твердых полезных ископаемых с одновременным формированием техногенной емкости определяется двумя основными направлениями:

1. Разработка залежей полезных ископаемых;
2. Доработка запасов, с необходимостью внедрения, предлагаемой концепции комплексного освоения участка недр.

В первом случае необходимо на этапе проектирования проработать полный цикл отработки месторождения полезных ископаемых. Для второго направления необходимо проанализировать возможность применения предлагаемой в диссертации концепции комплексного освоения участка недр, скорректировать конструктивные параметры горнотехнической системы и определить технологические параметры ее дальнейшего функционирования техногенной емкости. В этом случае фактическое состояние горных работ на карьере следует рассматривать в качестве исходных данных.

Согласно проведенным исследованиям влияния технологических и экономиче-

ских факторов на параметры горнотехнической системы, разработан, алгоритм определения конструктивных и технологических параметров открытых горных работ при одновременной добычи твердых полезных ископаемых и формировании техногенной емкости (рисунки 3.20-3.21).

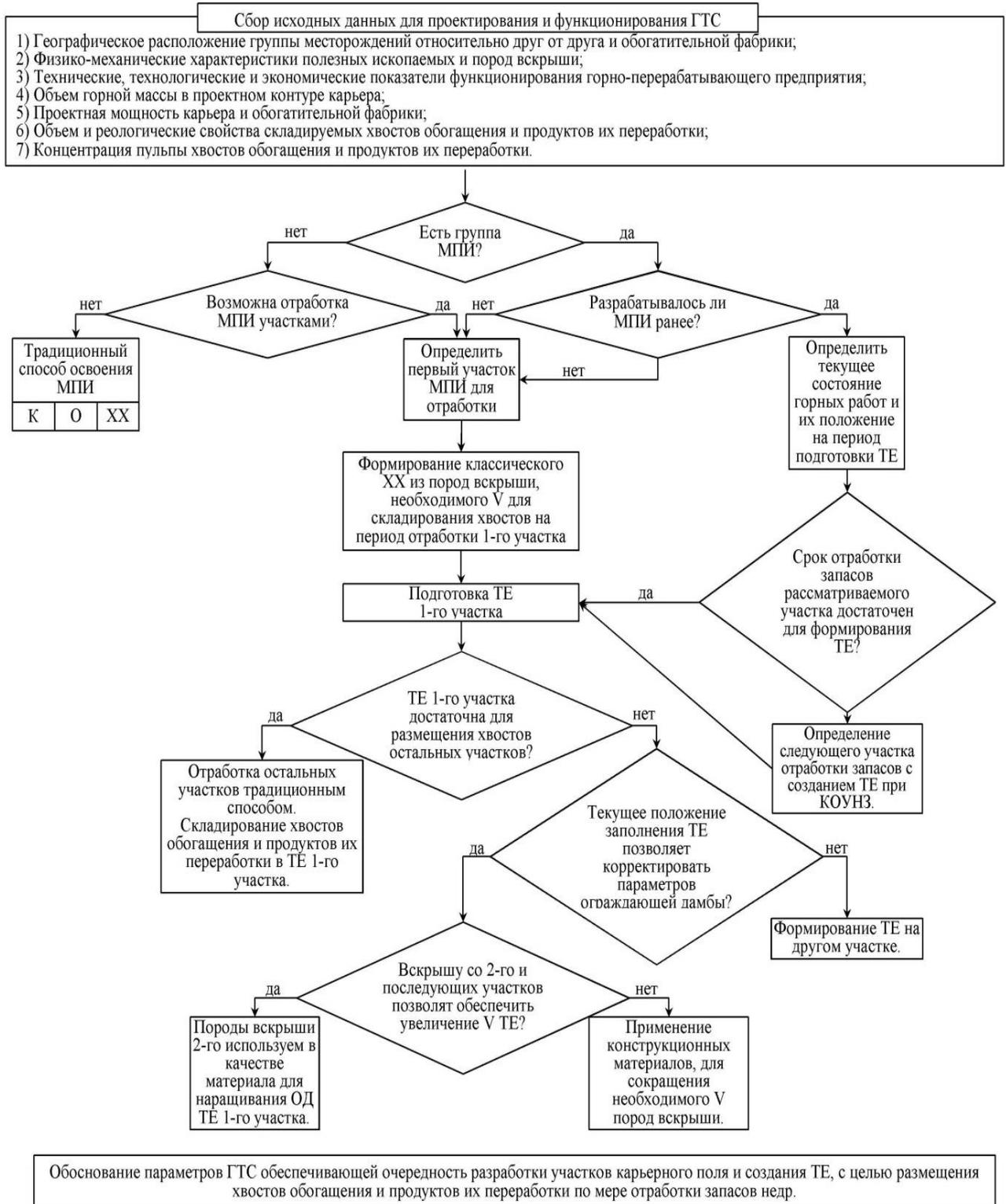


Рисунок 3.20 – Алгоритм формирования горнотехнической системы при комплексном освоении участка недр

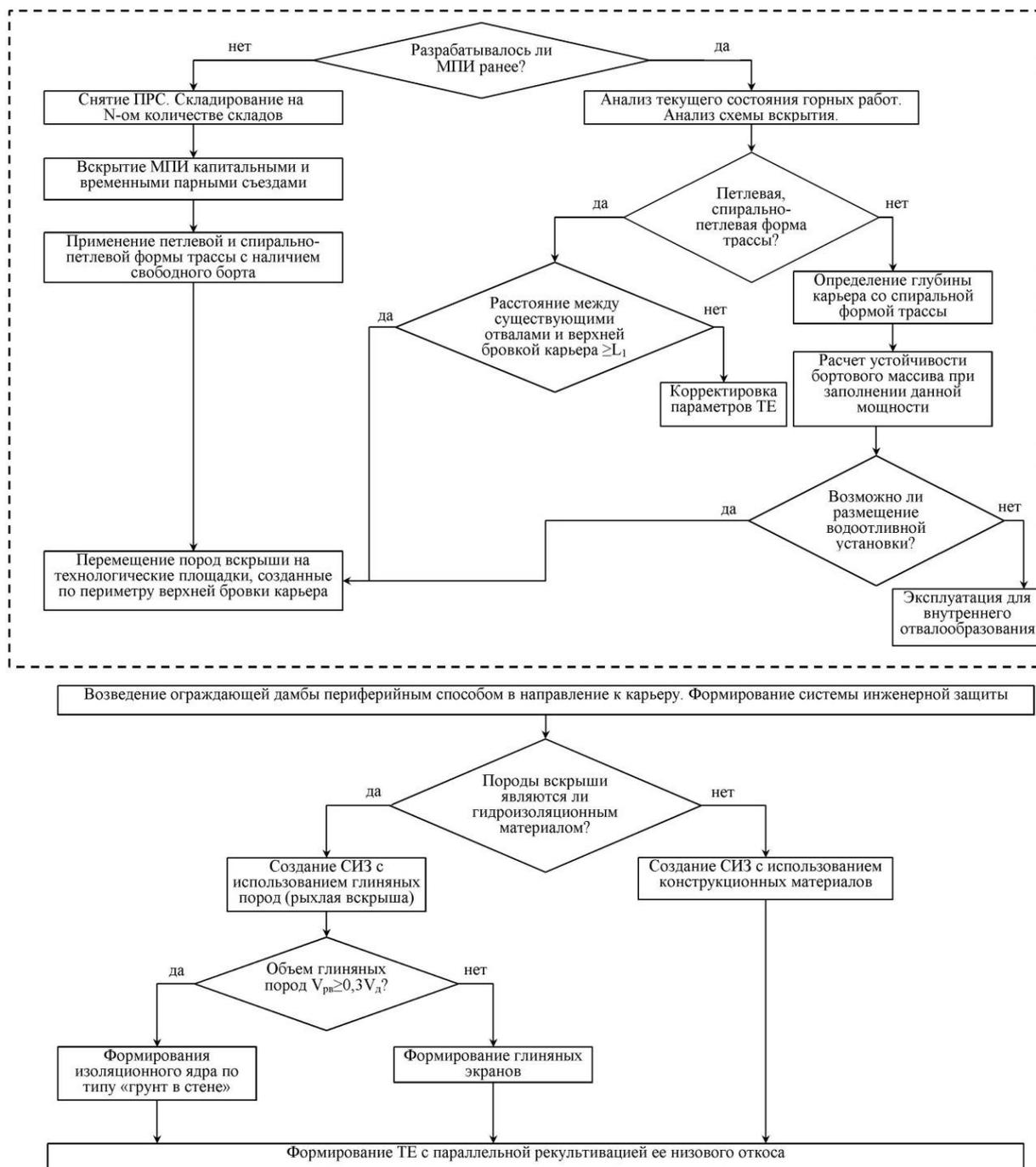


Рисунок 3.21 – Алгоритм последовательности работ при комплексном освоении участка недр

Независимо от выбранного направления комплексного освоения недр, для эффективного его применения необходимо при выполнении проектных работ выполнить следующее:

- сбор и анализ исходные данные, характеризующие местоположение месторождения и физико-механических и геологических характеристик пород, слагающих массив;
- в соответствии с физико-механическими свойствами пород определить резуль-

- тирующий угол откоса борта карьера на конец отработки;
- согласно требованиям промышленной безопасности провести мероприятия по обеспечению устойчивости борта карьера, соблюдению допустимых расстояний при формировании техногенной емкости;
 - предусмотреть необходимую схему вскрытия для создания техногенного георесурса;
 - предусмотреть формирование породоскатов; крутой траншее; лотков для осуществления сброса хвостов обогащения в техногенную емкость;
 - определить набор типоразмеров горнотранспортного оборудования используемого как на открытых горных работах, так и при возведении ограждающих дамб;
 - в соответствии с объемом скальных и рыхлых пород вскрыши месторождения и производительности обогатительной фабрики определить требуемые параметры техногенной емкости для дальнейшего складирования хвостов обогащения и продуктов их переработки;
 - определить допустимые и фактические экономические показатели функционирования горнодобывающего предприятия;
 - определить конструктивные параметры, разработанной по предлагаемой в работе методике, горнотехнической системы, с учетом экономических и технологических критериев;
 - определить оптимальный режим горных работ, при одновременном ведении открытых горных работ и формированию техногенной емкости;
 - провести ряд мероприятий по соблюдению требований экологической безопасности для предотвращения миграции загрязняющих веществ в литосферу, гидросферу и атмосферу;
 - обеспечить проведение мероприятий согласно выбранному направлению технического этапа рекультивации площадей нарушенных земель горными работами.

Таким образом, представленный алгоритм выбора параметров открытых горных работ при одновременном формировании техногенной емкости (рисунок 3.20) позволяет применять предлагаемую концепцию комплексного освоения участка недр не только на впервые вводимых в разработку месторождений, но и на ранее эксплуатируемых карьерах с учетом определенных конструктивных параметров горных выработок.

Выводы по главе 3

1. В работе обоснован способ повышения эффективности функционирования горнодобывающего предприятия за счет расширения функционала производственных процессов с возможностью совмещения или частичной замены некоторых видов работ. Расширение позволит реализовать мероприятия по отработке балансовых запасов полезных ископаемых, одновременно производить работы по формированию техногенной емкости, а также сократить эксплуатационные расходы на перемещение пород вскрыши и аренду изъятых земель, уменьшение площадей нарушенных земель, с целью соблюдения требований экологической безопасности.

2. Параметры формируемой ограждающей дамбы необходимо обосновывать исходя из балансовых запасов месторождения, производительности обогатительной фабрики, что влияет на требуемый объем техногенной емкости. Кроме того при формировании техногенной емкости должно быть обеспечено проведение мероприятий по соблюдению требований экологической и промышленной безопасности.

3. В работе, при строительстве техногенной емкости в процессе ведения добычных работ и формирования техногенного георесурса, выявлена необходимость регулирования режима горных работ, который позволяет обеспечить выемку не только требуемых годовых объемов полезного ископаемого, но и пород вскрыши необходимого качества в определенный промежуток времени для реализации мероприятий по строительству ограждающей дамбы. Также в рамках предлагаемой концепции комплексного освоения участка недр исследовано влияние схемы вскрытия. Для сокращения дальности транспортирования вскрышных пород необходимо на этапе проектирования предусмотреть создание нескольких съездов. Техническим решением данного вопроса, в работе принята система парных временных автомобильных съездов, позволяющая транспортировать полезные ископаемые на обогатительную фабрику, склады, а породы вскрыши в соответствие с их физико-механическими характеристиками на разные технологические площадки для целенаправленного формирования

ограждающей дамбы.

4. Эксплуатационные расходы при совместном ведении добычных работ и формировании техногенной емкости определяются затратами на транспортирование пород вскрыши используемых в качестве материала для строительства ограждающей дамбы, бульдозерные работы связанные с ее формированием, создание системы инженерной защиты. Согласно результатам моделирования перемещение скальной и рыхлой вскрыши для формирования техногенной емкости в сравнение с классическим отвалообразованием, показали снижение затрат на 31%, за счет формирования ограждающей дамбы по периметру верхней бровки карьера на допустимом расстоянии и создания равноудаленных временных съездов. Результаты исследования показали затраты на проведение бульдозерных работ на 27% выше, чем при создании классического отвала, однако в данные затраты также входят расходы на выполаживание внешнего откоса дамбы в соответствии с требованиями технического этапа рекультивации. Исследование влияния затрат на систему инженерной защиты показало, что экономически целесообразным и технологически эффективным является использование рыхлых пород вскрыши. Затраты на формирование глиняных экранов в качестве гидроизоляции на 80 % ниже в сравнении с другими изоляционными конструкциями и материалами.

5. В работе представлен алгоритм выбора параметров открытых горных работ при одновременном формировании техногенной емкости позволяем применять предлагаемую концепцию комплексного освоения участка недр не только на впервые вводимых в разработку месторождений, но и на ранее эксплуатируемых карьерах с учетом определенных конструктивных параметров горных выработок.

4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ТЕХНОГЕННОЙ ЕМКОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИХ ВНЕДРЕНИЯ

4.1 Экономическое обоснование эффективности формирования приемных емкостей для складирования хвостов обогащения

Экономическая эффективность формирования техногенных емкостей в основном обуславливается расстоянием транспортирования пород вскрыши используемых в качестве материала для строительства ограждающей дамбы, формируемой по периметру верхней бровки карьера, созданием технологических схем вскрытия транспортно-гравитационным способом для сброса хвостов обогащения и продуктов их переработки, противофильтрационного экрана предотвращающего миграцию загрязняющих веществ в атмосферу, гидросферу и литосферу [131, 134].

Согласно, результатам исследования представленных в параграфе 3.3 отработка месторождения с одновременным целенаправленным формированием техногенной емкости в сравнении с классическим методом ведения открытых горных работ ведет к значительному снижению затрат на 9-22%, что, в первую очередь, связано с сокращением расстояния транспортирования породы за счет создания парных временных съездов. Однако вследствие применения предлагаемой методики произойдет увеличение платы за земли, нарушенные горными работами, в связи с этим возникает необходимость обоснования экономической эффективности формирования техногенной емкости для складирования хвостов обогащения.

Для расчета экономической эффективности необходимо провести сравнительный анализ предлагаемой методики и классического ведения открытых горных работ, за счет расчета затрат на каждый производственный процесс [16].

Затраты на транспортирование вскрышных пород при формировании ограждающей дамбы определяется по формуле 4.1:

$$Z_{TP}^{TE} = C_{ткм} \cdot (L_{ср.вз}^{TE} + L_{б}^{TE} + L_{съезд}^{TE}) \cdot V_{вск}^{TE} \cdot k_{разр} \cdot \gamma \quad (4.1)$$

где $C_{ткм}$ – стоимость тонно-километра перевозки вскрышных пород, руб.;

$L_{ср.вз}^{TE}$ – средневзвешенное расстояние транспортирования пород вскрыши по поверхности ограждающей дамбы, км;

$L_{б}^{TE}$ – расстояние бермы (от верхней бровки карьера до нижней бровки внутреннего откоса дамбы), км;

- $L_{с\ddot{ь}езд}^{TE}$ – протяженность съезда ограждающей дамбы, км;
 $V_{вск}^{TE}$ – объем пород вскрыши, для возведения ограждающей дамбы, м³;
 $k_{разр}$ – коэффициент разрыхления;
 γ – плотность вскрышных пород, т/м³.

Разность транспортных затрат классического способа ведения горных работ от предлагаемой в рамках работы методики заключается в изменении расстояния: перемещение по гребню дамбы, хвостохранилища, поверхности отвала; от верхней бровки карьера до нижней бровки внутреннего откоса дамбы, хвостохранилища, отвала; протяженность съезда дамбы, отвала, хвостохранилища.

Затраты на транспортирование вскрышных пород при традиционном ведении горных работ, определяется по формуле 4.2:

$$Z_{TP} = C_{ткм} \cdot (L_{б}^O + L_{с\ddot{ь}езд}^O + L_{ср.вз}^O + L_n^{XX} + L_{б}^{XX} + L_{с\ddot{ь}езд}^{XX}) \cdot V_{вск} \cdot k_{разр} \cdot \gamma \quad (4.2)$$

- где $C_{ткм}$ – стоимость тонно-километра перевозки вскрышных пород, руб.;
- $L_{ср.вз}^O$ – средневзвешенное расстояние транспортирования пород вскрыши по поверхности отвала, км;
- $L_{б}^O$; $L_{б}^{XX}$ – расстояние бермы отвала, хвостохранилища (от верхней бровки карьера до нижней бровки откоса отвала, хвостохранилища) соответственно, км;
- $L_{с\ddot{ь}езд}^O$; $L_{с\ddot{ь}езд}^{XX}$ – протяженность съезда отвала, хвостохранилища соответственно, км;
- L_n^{XX} – расстояние транспортирования пород вскрыши для возведения пионерной дамбы хвостохранилища, км;
- $V_{вск}$ – объем пород вскрыши, м³;
- $k_{разр}$ – коэффициент разрыхления;
- γ – плотность вскрышных пород, т/м³.

Согласно исследованиям оптимальной схемой движения автосамосвалов по гребню дамбы является прямоугольная и кольцевая по крылу. Средневзвешенное расстояние транспортирования рассчитывается по следующей формуле [91]

-прямоугольная схема

$$L_{ср.вз.}^{TE} = \frac{b}{4} \cdot (m + 2) \quad (4.3)$$

- схема кольцевая по крылу

$$L_{cp.вз}^{TE} = \frac{b}{12} \cdot (3m + 10) \quad (4.4)$$

- где a – длина по верху: отвала, технологической площадки ограждающей дамбы, м;
- b – ширина по верху: отвала, технологической площадки ограждающей дамбы, м;
- m – отношение длины к ширине отвала/технологической площадки ограждающей дамбы в плане.

Расчет допустимого с точки зрения промышленной безопасности расстояния от верхней бровки карьера до нижней бровки внутреннего откоса дамбы, отвала, хвостохранилища $L_6^{TE,O,XX}$ представлен в параграфе 3.4.

Для проведения мероприятий по обеспечению требований экологической безопасности по предотвращению миграции загрязняющих веществ во все слои биосферы, необходимо создать систему инженерной защиты внутреннего откоса ограждающей дамбы. Согласно, проведенному в работе анализу экономически эффективным является создание противофильтрационного экрана из глиняных пород. Затраты на формирование данного типа системы гидроизоляционной защиты определяется по формуле 4.5

$$Z_{СИЗ} = N \cdot C_p \cdot h \cdot S^{TE} \quad (4.5)$$

- где N – количество формируемых слоев глиняного экрана;
- C_p – себестоимость добычи или укладки 1 м^3 пород глины, руб./ м^3 ;
- h – толщина формируемого слоя, м;
- S^{TE} – площадь поверхности подлежащей изоляции, м^2 .

Одной из важных статей расходов влияющих на экономические показатели горнодобывающего предприятия является затраты на землю, занимаемую горными выработками, отвалами, хвостохранилища и другими производственными объектами горнотехнической системы. Затраты за аренду площадей земель определяется по формуле 4.6.

Затраты за землю, занимаемую производственными объектами:

$$Z_{зем} = C_{пл} \cdot (S_{кар} + S_o + S_{од} + S_{xx}) \cdot T, \quad (4.6)$$

- где $C_{пл}$ – ставка арендной платы за 1 га занимаемой площади внешними отвалами, хвостохранилища, ограждающими дамбами, 10 000 руб. (в ценах 2021 г.);
- $S_{кар}, S_o, S_{од}, S_{xx}$ – площадь карьера по верху, основания отвала, ограждающей

дамбы, хвостохранилища в плане соответственно, га;
 T – срок отработки, лет

Для экономической оценки эффективности функционирования горнодобывающего предприятия целесообразно произвести расчет затрат на примере традиционного ведения горных работ и предлагаемой в работе концепции комплексного освоения участка недр с целенаправленным формированием техногенной емкости [5, 132]. Результаты расчета представлены в таблице 4.1. Исходные данные и расчет приведен ниже.

При разработке балансовых запасов по методике предлагаемой в работе рассмотрено условное месторождения полезных ископаемых с объемом горной массы $V_{гм}=38$ млн.м³; объемом пород вскрыши $V_{вс}=5$ млн.м³ (скальная порода $V_{ск}=4,5$ млн.м³, $V_{р}=0,5$ млн.м³); угол внутреннего откоса формируемой дамбы =35°; угол внешнего откоса ограждающей дамбы = 12°, согласно выбранному направлению технического этапа рекультивации; высота ограждающей дамбы 20м; коэффициент разрыхления =12. Необходимая площадь для размещения данной горнотехнической системы равна 109,2 га. При этом вместимость техногенной емкости составит 55,5 млн. м³.

Ведение горных работ традиционным способом с формированием хвостохранилища - высота полезной емкости 50м, для складирования хвостов обогатительной фабрики, при тех же условиях потребуется площадь 169,3 га, что на 60% больше. Отвал в данном варианте отсутствует, так как порода вскрыши использовалась для создания дамбы хвостохранилища.

Для расчета затрат на транспортирование пород вскрыши необходимо определить средневзвешенное расстояние перемещения автосамосвалов в соответствии со схемой движения по поверхности формируемого объекта:

-прямоугольная схема движения

$$L_{ср.вз.}^{TE} = \frac{73}{4} \cdot (9,58 + 2) = 211,5 \text{ м}$$

$$L_{ср.вз.}^O = \frac{173}{4} \cdot (3,8 + 2) = 251,2 \text{ м}$$

-кольцевая по крылу схема движения

$$L_{ср.вз.}^{TE} = \frac{73}{12} \cdot (28,7 + 10) = 235,8 \text{ м}$$

$$L_{ср.вз.}^O = \frac{173}{12} \cdot (11,4 + 10) = 308,9 \text{ м}$$

Затраты на транспортирование пород вскрыши для формирования техногенной емкости и при традиционной отработке запасов месторождения полезных ископаемых при стоимости 1 тонно-километра 75 руб. (в ценах 2021 г.) составят:

$$Z_{TP}^{TE} = 75 \cdot (0,235 + 0,53 + 0,1) \cdot 5000000 \cdot 1,9 = 616,9 \text{ млн./руб.}$$

$$Z_{TP} = 75 \cdot (0 + 0 + 0 + 2,64 + 1,0 + 0,25) \cdot 5000000 \cdot 1,9 = 2771,6 \text{ млн./руб.}$$

Затраты на создание системы инженерной защиты за счет формирования глиняного однослойного экрана:

$$Z_{СИЗ}^{TE} = 1 \cdot 200 \cdot 1,5 \cdot 35 \cdot 3005 = 31,55 \text{ млн./руб.}$$

$$Z_{СИЗ} = 1 \cdot 200 \cdot 1,5 \cdot 1430500 = 429,2 \text{ млн./руб.}$$

Затраты за землю, занимаемую производственными объектами горнотехнической системы:

$$Z_{зем}^{TE} = 12000 \cdot 109,2 / 1000000 = 1,31 \text{ млн. руб.};$$

$$Z_{зем} = 12000 \cdot 169,3 / 1000000 = 2,03 \text{ млн. руб.}$$

Таким образом, сокращение затрат на транспортирования пород вскрыши при формировании техногенной емкости, вместимостью 55,5 млн. м³ составляет 77,7%.

Расчет затрат предлагаемой методики формирования техногенной емкости при комплексном освоение участка недр и традиционного способа ведения горных работ на примере месторождений с различным объемом пород вскрыши, представлен в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Сравнительная таблица затрат на ведения горных работ

Объем пород вскрыши, млн. м ³	Площадь нарушенных земель горными работами				Транспортирование пород вскрыши		Создание системы инженерной защиты	
	Предлагаемая методика		Традиционная методика		Предлагаемая методика	Традиционная методика	Предлагаемая методика	Традиционная методика
	Площадь земли, млн. м ²	Затраты на аренду, млн.руб.	Площадь земли, млн. м ²	Затраты на аренду, млн.руб.	Затраты, млн.руб	Затраты, млн.руб	Затраты, млн.руб.	Затраты млн. руб.
5	1,09	1,31	1,69	2,03	616,91	2771,63	31,55	429,15
10	1,41	1,69	2,46	2,96	1352,56	5573,18	52,25	451,79
15	1,46	1,75	2,54	3,05	2092,97	8423,89	55,78	458,03
20	1,62	1,95	2,58	3,10	2918,88	11385,75	65,59	484,70
25	1,74	2,09	2,82	3,38	3758,44	16584,33	72,75	502,95
30	1,89	2,26	3,17	3,80	4666,88	20705,96	81,15	530,04
35	1,95	2,34	3,28	3,94	5487,08	24947,48	84,83	543,90
40	2,04	2,45	3,51	4,21	6448,13	29426,25	90,10	560,45

Представленные затраты на аренду занимаемых площадей при ведении горных работ, согласно, предлагаемой методики комплексного освоения участ-

ка недр с целенаправленным формированием техногенного георесурса, сократятся до 55% в период эксплуатации созданной емкости, за счет возврата площади внешнего откоса ограждающей дамбы для дальнейшего альтернативного использования. График затрат на аренду занимаемых земель представлен на рисунке 4.1.

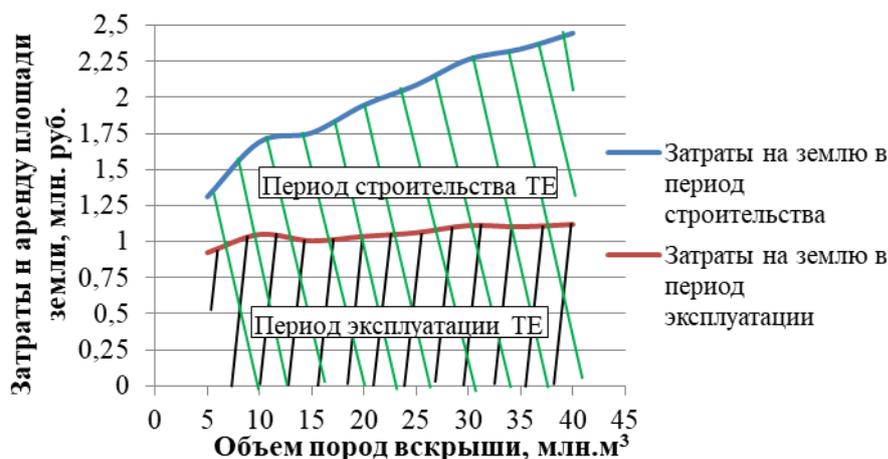


Рисунок 4.1– График зависимости затрат на аренду занимаемых площадей от объема вскрышных пород

Кроме того применение предлагаемой в работе методики комплексного освоения участка недр с целенаправленным формированием техногенной емкости позволит не только после завершения строительства ограждающей дамбы сократить затраты на аренду, а также увеличить на 2% полезную площадь земельного участка. График площадей подлежащих сдаче и полезных площадей земельных участков представлен на рисунке 4.2.

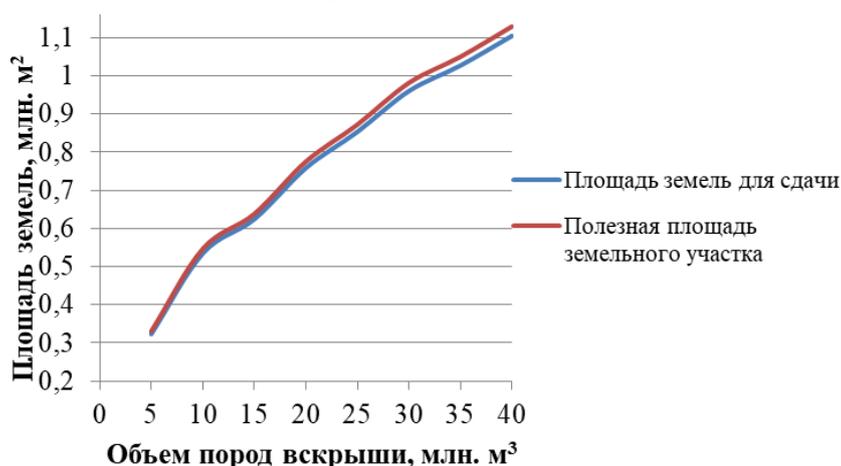


Рисунок 4.2– График площадей для сдачи

Проведена оценка комплексности освоения месторождения предлагается на основе коэффициента использования площади участка недр.

$$k_{зем} = \frac{S_{ГТС}}{S_{нач}} = \frac{(S_{кар} + S_o + S_{од} + S_{хх})}{S_{нач}} \quad (4.7)$$

где $S_{з0}$ – площадь земель характеризующая первоначальное состояния месторождения, m^2 ;

$S_{ГТС}, S_{кар}, S_o, S_{од}, S_{хх}$ – площадь, горнотехническими сооружениями, соответственно карьера по верху, основания отвала, ограждающей дамбы и хвостохранилища в плане, га.

Динамика коэффициента использования площади участка недр традиционного и предлагаемого способа комплексного освоения месторождений полезных ископаемых в период ведения горных работ для условного месторождения полезных ископаемых с объемом горной массы $V_{ГМ}=38$ млн. m^3 ; объемом пород вскрыши $V_{вс}=5$ млн. m^3 (скальная порода $V_{ск}=4,5$ млн. m^3 , $V_p=0,5$ млн. m^3); угол внутреннего откоса формируемой дамбы $=35^\circ$; угол внешнего откоса ограждающей дамбы $=12^\circ$, согласно выбранному направлению технического этапа рекультивации; высота ограждающей дамбы 20м; коэффициент разрыхления $=1,5$, представлена на рисунке 4.3.

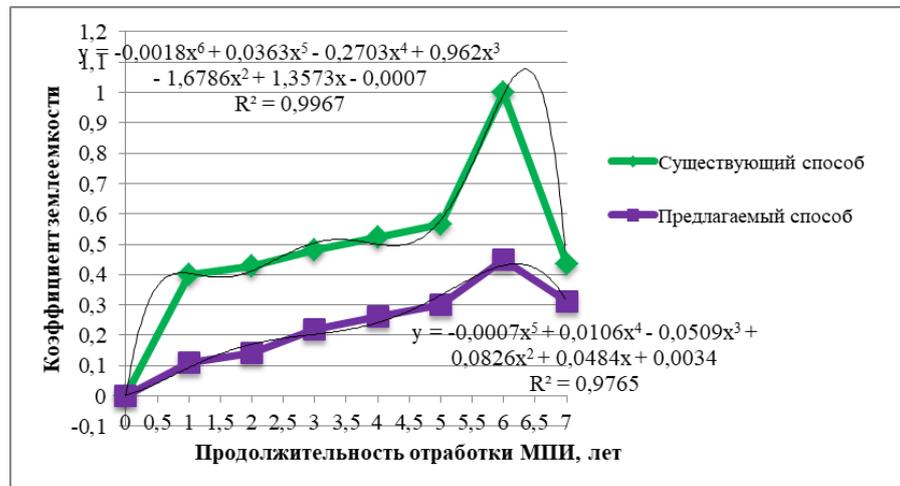


Рисунок 4.3 – Динамика коэффициента использования площади участка недр в период ведения горных работ

Дальнейшее использование рекультивированных земель внешнего откоса дамбы влияет на экономическую эффективность предприятия путем не только сокращения эксплуатационных расходов на аренду земель, а также последующего использования земель благоприятных для ведения промышленности или иного вида хозяйства, будь то сельское, животноводческое и др. На примере условного месторождения рассмотренного выше, земли, возвращенные в земельный фонд в период эксплуатации техногенной емкости могут быть исполь-

зованы под посев различных культурных растений, что в свою очередь принесет прибыль. График дополнительной прибыли с рекультивированных земель, представлен на рисунке 4.4.

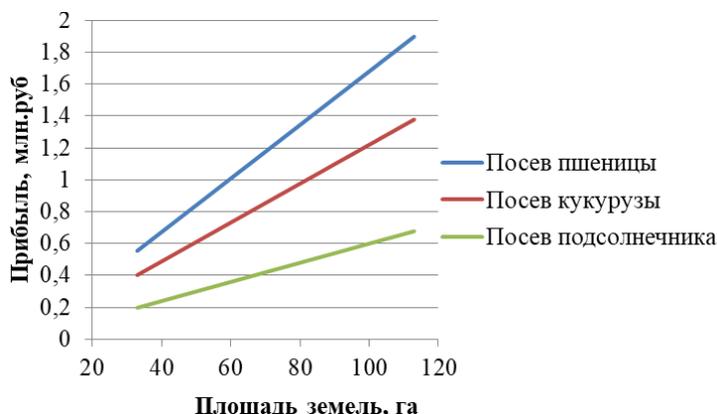


Рисунок 4.4– Прибыль от альтернативного использования рекультивированных площадей внешнего откоса техногенной емкости

Таким образом, согласно разработанной модели в параграфе 2.4 проведены исследования экономической эффективности на примере 8 условных месторождений с заданными параметрами и характеристиками. Результаты показали что предлагаемая методика формирования техногенной емкости позволяет сократить площадь нарушенных земель на 60% в сравнении с традиционным способом ведения открытых горных работ. Это обеспечит снижение затрат на 77,7% при транспортировании пород вскрыши для формирования производственных объектов таких как отвалы, пионерные дамбы классических хвостохранилищ, кроме того сократит затраты на аренду земель занимаемых объектами горнотехнической системы. В работе также выявлено что затраты на создание системы инженерной защиты за счет формирования глиняных экранов ограждающей дамбы составляют 7-16% от расходов при традиционном ведении открытых горных работ.

По завершению работ по возведению ограждающей дамбы техногенной емкости ее внешний откос подлежит рекультивации и возврату в земельный фонд, что обеспечит не только сокращения арендной платы за землю, но и принесет прибыль от дальнейшего альтернативного использования площадей.

4.2 Расчет экономической эффективности внедрения рекомендаций на месторождениях Восточно-Семеновской группы

Комплексное освоение участка недр с формированием техногенного георесурса на месторождении Восточно-Семеновской группы

Месторождения Восточно-Семеновской группы представляют собой зале-

жи золото-медно-цинковых руд расположенные на восточном склоне Южного Урала, и включают в себя участки: северный, южный и Юлалы. Участок недр расположен в 12 км на юго-восток от районного центра г. Баймак и в 1,7 км на юго-восток от с. Семеновское в Баймакском районе Республики Башкортостан.

Суммарные балансовые запасы данного месторождения составляют 3852 тыс. т. По предварительной оценке потенциальные прогнозные ресурсы категории P_1 малосульфидной золотосодержащей руды составляют не менее 3 млн. т.

На сегодняшний день отработан северный участок месторождения до 310 м отметки. Ведутся горные работы на Восточно-Семеновском месторождении в южной его части. Карьер южного участка соединен с северным на горизонте 460 м для формирования площадки доступа к подземным выработкам.

Кроме того, разрабатывается технический проект на отработку запасов месторождения «Юлалы».

В связи с отсутствием действующей обогатительной фабрики переработка золото-медно-цинковых руд предусматривается на Сибайской обогатительной фабрике, с целью получения медного концентрата марки КМ-3, КМ-4 и цинкового концентрата марки КЦ-2, КЦ-3, КЦ-4. Медный и цинковый концентраты отгружаются железнодорожным транспортом предприятиям ООО «УГМК-Холдинг». Окисленные руды с средним содержанием золота 1,0 г/т и более отгружаются для прямой плавки на металлургические предприятия Урала - Медногорский медно-серный комбинат и АО «Святогор». Данный тип руд для металлургов приемлем в связи с наличием силикатов более 60% и используется ими в качестве флюсов.

Со второго полугодия 2021 г. данный тип руд планируется перерабатывать на собственной Семеновской обогатительной фабрике, которая в настоящий момент проектируется. Ввод данной фабрики в эксплуатацию позволит увеличить извлечение драгоценных металлов относительно с существующей традиционной технологии переработки на Сибайской обогатительной фабрике с 50% до 90%. Также планируется выпуск слитков сплава Доре. Более бедная руда складирована на специальный рудный склад с целью дальнейшей ее переработки на собственной обогатительной фабрике гидрометаллургическим способом. В качестве хвостохранилища для складирования хвостов переработки руд собственной обогатительной фабрики, возможно, использование отсеков старой

разрушенной фабрики, однако в данных картах размещены пески золотосодержащие. Кроме того планируемая площадка для размещения хвостов обогащения ограничена пределами земельного отвода и имеет полезную емкость равную 5 млн. м³, что является недостаточным объемом для полной отработки всех месторождений Восточно-Семеновской группы.

Балансовые запасы золото-медно-цинковых колчеданных руд карьера «Юлалы» составляют 2 159 479 т. Руководством предприятия было принято решение о разработке технического проекта по добыче балансовых запасов данной залежи. Проектом предусмотрено извлечь 33 832 319 м³ горной массы с учетом коэффициента разрыхления 1,2, из которой 31 672 840 м³ породы вскрыши, размещенные во внешний отвал, расположенный на востоке от карьера. Также предусмотрен склад почвенно-растительного слоя объемом 70 000 м³. В результате площадь, занятая под объекты горнотехнической системы, составит 139 га. План промплощадки карьера «Юлалы» представлен на рисунке 4.5.

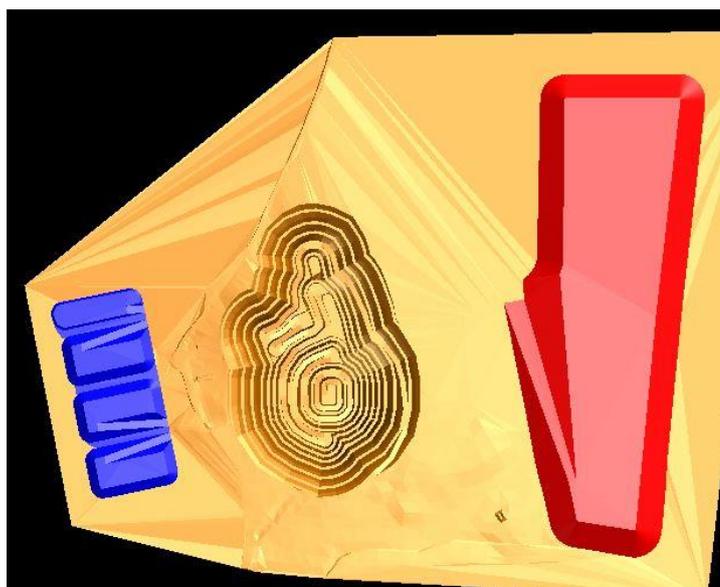


Рисунок 4.5 – План промплощадки карьера «Юлалы»

Согласно выдвинутым идеям в работе предлагается рассмотреть возможность комплексного освоения участка недр с минимальным воздействием на окружающую среду, а также с использованием доступных ресурсов. Задачей является создание техногенного георесурса, сокращение занимаемых площадей, регулирование затрат на добычу и одновременное целенаправленное формирование приемной емкости, а также реализация мероприятий экологической и промышленной безопасности. Для определения оптимальных параметров техногенной емкости была использована методика, описанная в параграфе 2.4.

диссертации. Также была построена 3D-модель выработанного пространства карьера «Юлалы», с организацией необходимых вскрывающих выработок механизированного и гравитационного действия описанных в параграфе 2.2. Кроме того, согласно предложенному способу изменения объема вскрывных пород рассмотренном в параграфе 2.4 был изменен угол откосов нижних уступов на 10° что позволило сократить объем горно-капитальных и горно-подготовительных работ на 15%, и как следствие снизить экономические затраты. 3D-модель карьера «Юлалы» представлена на рисунке 4.6.

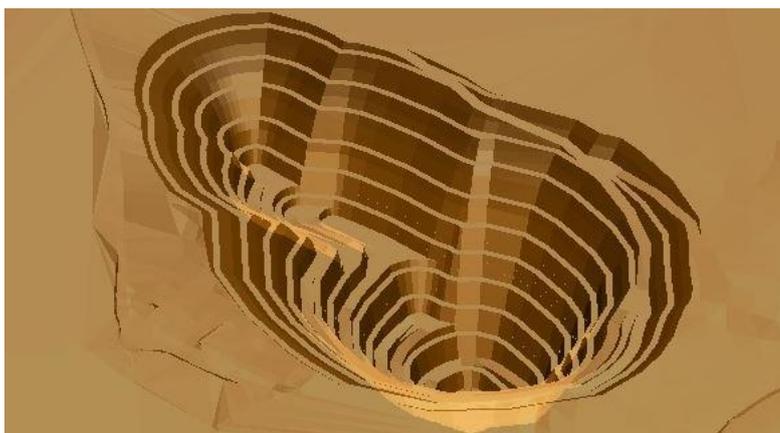


Рисунок 4.6 – 3D-модель карьера «Юлалы»

Исходные данные для определения параметров техногенной емкости:

1. Объем пород вскрыши – 27,8 млн. м³;
 скальная порода – 17,9 млн. м³;
 рыхлая порода – 9,9 млн. м³;
2. Угол откоса ограждающей дамбы: внешнего – 12 град.
 внутреннего – 35 град.

Угол внешнего откоса ограждающей дамбы определен исходя из направления рекультивационных работ – сельскохозяйственное. Угол внутреннего откоса обеспечивается за счет естественного угла падения пород вскрыши используемых в качестве материала для строительства дамбы. Объем пород вскрыши определен на основе 3D-моделирования в среде GEOVIA SURPAC, с учетом остаточного коэффициента разрыхления – 1,2. На основе смоделированного карьера произведена оценка вариантов разработки месторождений полезных ископаемых, которые позволят оптимально освоить участок недр.

Рассмотрим четыре варианта комплексного освоения участка Юлалы Восточно-Семеновской группы месторождений с применением различных технологических схем и конструкционных материалов.

Вариант 1. Отработка полезных ископаемых на участке Юлалы Восточно-Семеновского месторождения и одновременным строительством техногенной емкости с формированием глиняного экрана.

Формирование техногенной емкости заключается в возведении ограждающей дамбы по периметру выработанного пространства карьера из пород скальной вскрыши, используемых в качестве материала для строительства. Объем скальной вскрыши равен 17,9 млн. м³, что даст возможность формирования ограждающей дамбы высотой 40 м.

Возведение дамбы осуществляется в соответствии с требованиями экологической и промышленной безопасности, а также технологическими параметрами. Разгрузка скальной породы предусмотрена на технологических площадках, расположенных вблизи равноудаленных временных съездов, с последующим формированием ограждающей дамбы, что позволит сократить расстояние транспортирования, а также повысит экономическую эффективность выполнения данных работ. Формирование технологических площадок представлено на рисунке 4.7.



Рисунок 4.7 – Формирование технологических площадок

В результате расчетов на модели определены следующие параметры техногенной емкости:

1. Ширина гребня ограждающей дамбы на момент сдачи техногенной емкости в эксплуатацию должна обеспечить проведение необходимых мероприятий таких как проезд обслуживающей техники, размещение предохранительного вала или забора для предотвращения попадания людей и животных, монтаж и пуско-наладочные работы, прокладка трубопровода. Ширина гребня – 20 м.

2. Расстояние между верхней бровкой карьера и нижней бровкой внутреннего откоса ограждающей дамбы определено с учетом применяемого способа формирования дамбы и равно – 20 м.

3. Объем техногенной емкости для размещения всех хвостов обогащения месторождений Восточно-Семеновской группы – 46 млн. м³.

4. Объем глиняного экрана – 0,188 млн. м³.

5. Площадь, занимаемая объектами горнотехнической системы на период:

- формирования техногенной емкости – 119,7 га;

- эксплуатации техногенной емкости – 50,4 га.

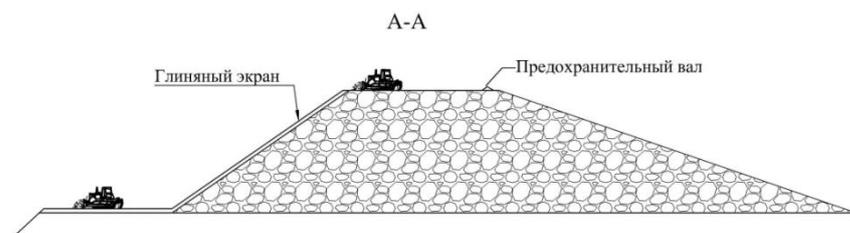
Расходы при формировании ограждающей дамбы осуществляются на транспортные, бульдозерные работы и мероприятия по созданию противодиффузионного экрана.

Транспортные расходы при возведении ограждающей дамбы определены по формулам 4.1-4.4.

$$Z_{TP}^{TE} = 75 \cdot (320 + 65 + 200) \cdot 17\,930\,000 \cdot 3 = 2\,356 \text{ млн. руб.}$$

Затраты на проведение бульдозерных работ по перемещению пород вскрыши и планированию поверхности гребня дамбы, составляют 16,5 млн. руб.

В данном варианте создания техногенной емкости в целях предотвращения миграции загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды в диссертации принято решение формирования противодиффузионного экрана с использованием рыхлых пород вскрыши. Согласно, гидрологической характеристики месторождения коэффициент фильтрации рыхлых пород составляет от 0,012 до 0,22 м/сутки, что позволит обеспечить полную гидроизоляцию техногенной емкости. Глиняный экран формируется на внутреннем откосе дамбы и полосе безопасности от верхней бровки карьера до нижней бровки дамбы в один слой, толщиной 0,5 м. Технологическая схема формирования глиняного экрана как способа инженерной системы защиты, представлено на рисунке 4.8.



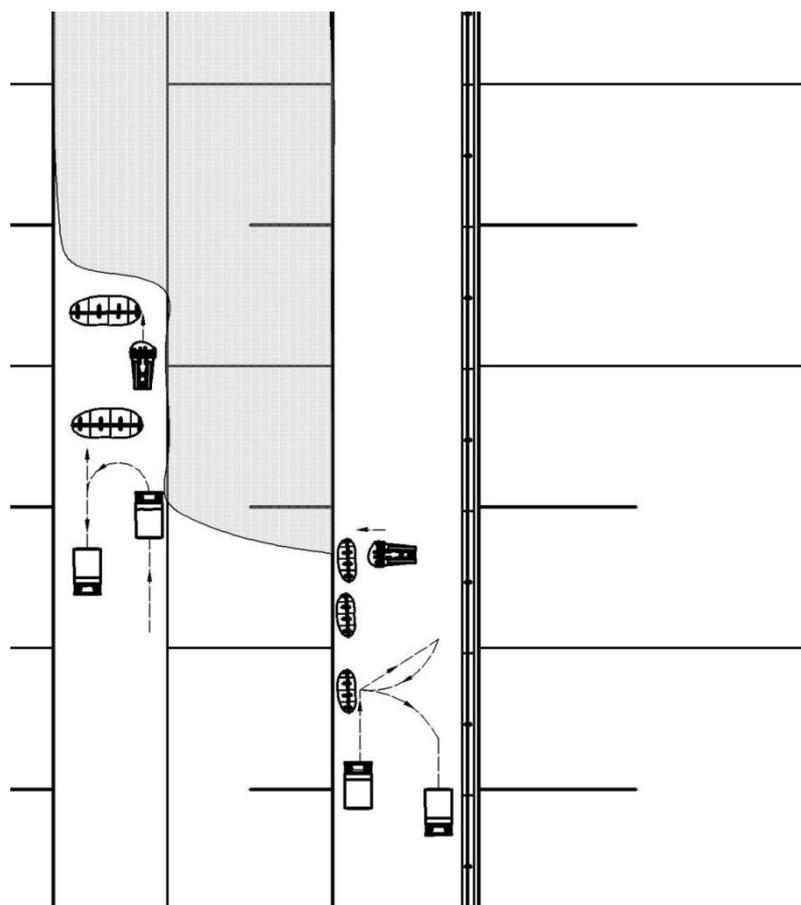


Рисунок 4.8 – Технологическая схема формирования глиняного экрана

Расчет необходимых расходов на создание системы инженерной защиты внутреннего откоса ограждающей дамбы произведен по формуле 4.5.

$$Z_{СИЗ} = 1 \cdot 2,68 \cdot 0,5 \cdot 188735,79 = 0,25 \text{ млн. руб.}$$

В результате моделирования объектов горнотехнической системы и расчет их параметров согласно, предлагаемой методики было определено, что материала для создания противодиффузионного экрана достаточно. Оставшийся объем рыхлой породы вскрыши 9,8 млн. м³ предусмотрено складировать на внешний отвал. На этапе консервации техногенной емкости на поверхность уложенных хвостов обогатительной фабрики будет нанесен изоляционный слой для предотвращения поступления поверхностных вод. Объем необходимого противодиффузионного материала 0,5 млн. м³.

Технологический комплекс смоделированного варианта отработки карьера «Юлалы» состоит из таких промышленных объектов как: техногенная емкость (карьер, ограждающая дамба), склад почвенно-растительного грунта, внешний отвал рыхлых пород. Затраты на аренду площадей земель занимаемых объектами горнотехнической системы определяется по формуле 4.6.

-на момент строительства техногенной емкости

$$Z_{зем} = 10000 \cdot 119,7 \cdot 5 = 5,985 \text{ млн. руб.};$$

-на момент эксплуатации

$$Z_{зем} = 10000 \cdot 50,4 \cdot 14,5 = 7,308 \text{ млн. руб.}$$

В период эксплуатации техногенной емкости арендная плата определяется площадью по границе верхней бровки внешнего откоса ограждающей дамбы и площадью склада почвенно-растительного грунта, внешним отвалом рыхлых пород объемом необходимым для консервации поверхности техногенной емкости. Суммарные затраты предлагаемой в работе методике при отработки карьера «Юлалы» составят 2392,2 млн. руб.

Вариант 2. Отработка полезных ископаемых на участке Юлалы Восточно-Семеновского месторождения и одновременным строительством техногенной емкости с формированием глиняного ядра.

Формирование техногенной емкости осуществляется по периметру выработанного пространства карьера. Материалом для строительства дамбы являются скальные вскрышные породы. Инженерной системы защиты в данном варианте является глиняное ядро, расположенное в теле ограждающей дамбы по типу «грунт в стене». Технологическая схема ограждающей дамбы с глиняным ядром, представлена на рисунке 4.9.

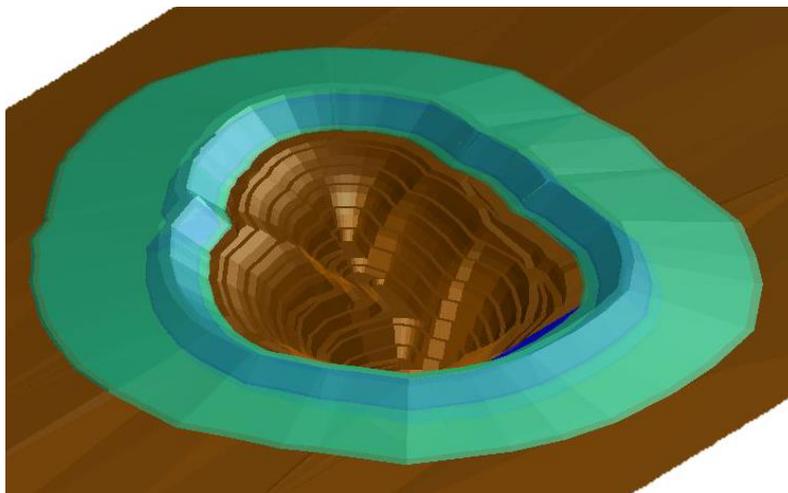


Рисунок 4.9 – Ограждающая дамба с глиняным ядром

Разгрузка скальной породы для возведения ограждающей дамбы, а также рыхлой породы для формирования гидроизоляции предусмотрена на технологических площадках, расположенных вблизи равноудаленных временных съездов, что позволит сократить расстояние транспортирования, снизить транспортную нагрузку на вскрывающие трассы, а также повысит экономическую

эффективность выполнения данных работ.

В результате расчетов на модели определены следующие параметры техногенной емкости:

1. Ширина гребня ограждающей дамбы на момент сдачи техногенной емкости в эксплуатацию должна обеспечить проведение необходимых мероприятий, таких как проезд обслуживающей техники, размещения предохранительного вала или забора для предотвращения попадания людей и животных, монтаж и пусконаладочные работы, прокладка трубопровода. Ширина гребня – 20 м.

2. Расстояние между верхней бровкой карьера и нижней бровкой внутреннего откоса ограждающей дамбы определено с учетом применяемого способа формирования дамбы и равно – 20 м.

3. Объем техногенной емкости для размещения всех хвостов обогащения месторождений Восточно-Семеновской группы – 46 млн. м³.

4. Объем используемой породы вскрыши в качестве материала для строительства: – глиняное ядро – 5,8 млн. м³;

– скальная порода – 11,7 млн. м³;

5. Площадь, занимаемая объектами горнотехнической системы на период:

- формирования техногенной емкости – 119,7 га;

- эксплуатации техногенной емкости – 50,4 га.

Расходы при создании ограждающей дамбы формируются за счет транспортных, бульдозерных работы и мероприятий по созданию противодиффузионного экрана.

Транспортные расходы включают в себя затраты на перемещение материала для возведения ограждающей дамбы и транспортирования вскрыши на внешние отвалы определены по формулам 4.1-4.2:

- при формировании дамбы

$$Z_{TP}^{TE} = 75 \cdot (320 + 65 + 200) \cdot 11\,777\,015 \cdot 3 = 1\,550 \text{ млн. руб.}$$

- при транспортировки рыхлой породы вскрыши

$$Z_{TP}^{TE} = 75 \cdot 1150 \cdot 11\,600\,000 \cdot 2,2 = 2\,217 \text{ млн. руб.}$$

Затраты на проведение бульдозерных работ по перемещению пород вскрыши и планированию поверхности гребня дамбы и внешних отвалов, составляют 16,5 млн. руб.

В качестве системы инженерной защиты в целях предотвращения миграции

загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды в данном варианте принято возведение глиняного ядра по типу «грунт в стене» с использованием рыхлых пород вскрыши. Данное техническое решение было рекомендовано на ряде месторождений и доказано, что формирование по периметру выработанного пространства карьера ограждающей дамбы, имеющей в центре конструкции глиняное ядро обеспечивает размещение текучих отходов при полной их изоляции за счет упорядоченного складирования скальных и рыхлых пород по периферии и в центре соответственно, что является инженерно-защитной системой [99, 100].

Формирование осуществляется слоями. Отсыпается скальная порода, по центру создается буфер, где глину укладывают мощностью до 0,5 м и укатывается катком. По мере продвижения по направлению формирования дамбы происходит ее наращивание. Технологическая схема формирования глиняного ядра как способа инженерной системы защиты, представлено на рисунке 4.10.

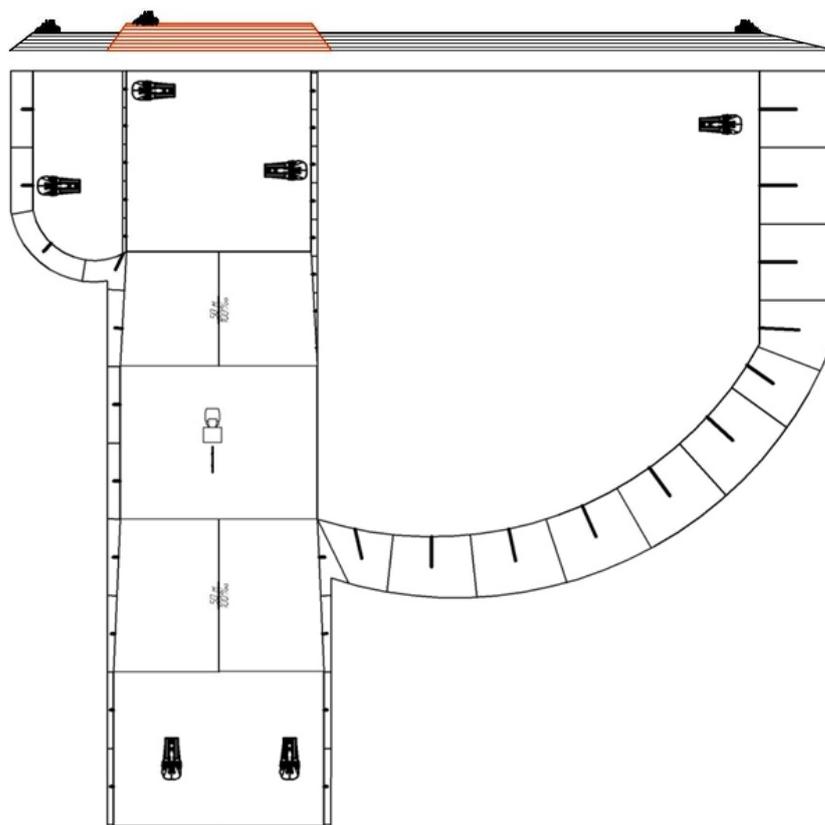


Рисунок 4.10 – Технологическая схема формирования глиняного ядра

Расчет требуемых расходов на создание системы инженерной защиты техногенной емкости произведен по формуле 4.7.

$$Z_{СИЗ} = C_p \cdot V_{ядро}^{TE} \quad (4.7)$$

где C_p – себестоимость добычи или укладки 1 м^3 пород глины, руб./ м^3 ;

$V_{\text{ядра}}^{TE}$ – объем материала для формирования ядра, м³

$$Z_{\text{СНЗ}} = 2,68 \cdot 5\,852\,325 = 15,7 \text{ млн. руб.}$$

В результате моделирования объектов горнотехнической системы и расчет их параметров согласно, предлагаемой методики было определено, что материала для создания глиняного ядра достаточно. Оставшийся объем рыхлой породы вскрыши 4,1 млн. м³ предусмотрено складировать на внешний отвал. На этапе консервации техногенной емкости на поверхность уложенных хвостов обогатительной фабрики будет нанесен изоляционный слой для предотвращения поступления поверхностных вод. Объем необходимого противотрафиционного материала 0,5 млн. м³.

Технологический комплекс смоделированного варианта отработки карьера «Юлалы» состоит из промышленных объектов: техногенная емкость (карьер, ограждающая дамба), склад почвенно-растительного грунта, внешний отвал рыхлых пород, отвал скальных пород. Затраты на аренду площадей земель занимаемых объектами горнотехнической системы определяется по формуле 4.6:

-на момент строительства техногенной емкости

$$Z_{\text{зем}} = 10000 \cdot (120 + 13 + 13,4 + 13) \cdot 5 = 7,97 \text{ млн. руб.};$$

-на момент эксплуатации

$$Z_{\text{зем}} = 10000 \cdot 76 \cdot 14,5 = 10,9 \text{ млн. руб.}$$

В период эксплуатации техногенной емкости арендная плата определяется площадью по границе верхней бровки внешнего откоса ограждающей дамбы и площадью склада почвенно-растительного грунта, внешним отвалом рыхлых и скальных пород. Суммарные затраты предлагаемой в работе методике при отработки карьера «Юлалы» составят 3 801,5 млн. руб.

Вариант 3. Отработка полезных ископаемых на участке Юлалы Восточно-Семеновского месторождения и одновременным строительством техногенной емкости с применением конструкционного способа гидроизоляции.

Формирование техногенной емкости осуществляется аналогично варианту 1. Объем скальной вскрыши равен 17,9 млн. м³ что дает возможность формирования ограждающей дамбы высотой 40 м. Основным отличием данного варианта является использование конструкционных материалов в качестве системы инженерной защиты.

Возведение дамбы осуществляется в соответствии с требованиями эколо-

гической и промышленной безопасности, а также технологическими параметрами. Разгрузка скальной породы предусмотрена на технологических площадках, расположенных вблизи равноудаленных временных съездов, с последующим формированием ограждающей дамбы, что позволит сократить расстояние транспортирования, а также повысит экономическую эффективность выполнения данных работ.

В результате расчетов на модели определены следующие параметры техногенной емкости:

1. Ширина гребня ограждающей дамбы на момент сдачи техногенной емкости в эксплуатацию должна обеспечить проведение необходимых мероприятий, таких как проезд обслуживающей техники, размещения предохранительного вала или забора для предотвращения попадания людей и животных, монтаж и пусконаладочные работы, прокладка трубопровода. Ширина гребня – 20 м.

2. Расстояние между верхней бровкой карьера и нижней бровкой внутреннего откоса ограждающей дамбы определено с учетом применяемого способа формирования дамбы и равно – 20 м.

3. Объем техногенной емкости для размещения всех хвостов обогащения месторождений Восточно-Семеновской группы – 46 млн. м³.

4. Площадь, занимаемая объектами горнотехнической системы на период:

- формирования техногенной емкости – 119,7 га;

- эксплуатации техногенной емкости – 50,4 га.

Расходы при формировании ограждающей дамбы осуществляются на транспортные, бульдозерные работы и мероприятия по созданию противотрационного экрана.

Транспортные расходы при возведении ограждающей дамбы и транспортирования рыхлых пород вскрыши на внешний отвал, определены по формулам 4.1-4.4.

- при формировании дамбы

$$Z_{TP}^{TE} = 75 \cdot (320 + 65 + 200) \cdot 17\,930\,000 \cdot 3 = 2\,356 \text{ млн. руб.}$$

- при транспортировке рыхлой породы вскрыши

$$Z_{TP}^{TE} = 75 \cdot 600 \cdot 9\,900\,000 \cdot 2,2 = 980 \text{ млн. руб.}$$

Затраты на проведение бульдозерных работ по перемещению пород вскрыши и планированию поверхности гребня дамбы, а также осуществление работ на

внешнем отвале рыхлой вскрыши составляют 26,5 млн. руб.

В данном варианте создания техногенной емкости в целях предотвращения миграции загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды в диссертации принято техническое решение, по использования конструкционных материалов, таких как полиэтиленовая пленка, торкретирование или набрызг-бетон.

1. *Полиэтиленовая пленка* - является недорогим, устойчивым к многократным деформациям, удобным в использовании материалом, предохраняющим техногенную емкость от разрушительного действия воды и других агрессивных жидкостей. Применение данного способа гидроизоляции техногенной емкости формируется на внутреннем откосе дамбы и на полосе безопасности от верхней бровки карьера до нижней бровки дамбы в один слой. Для предотвращения повреждения защитных свойств необходимо предусмотреть мероприятия по подготовке основания с целью исключения в грунтах более крупных фракций. Для этого в основании формируется переходной слой из песчаного грунта более мелкой фракции слоем не менее 10 см. На пленку укладывается защитный слой из мелкозернистого грунта толщиной 0,5 м на поверхности предохранительной бермы от верхней бровки борта карьера до нижней бровки внутреннего откоса, ограждающей дамбы и 0,8 м на откосах. Технологическая схема формирования инженерной системы защиты, представлена на рисунке 4.11.

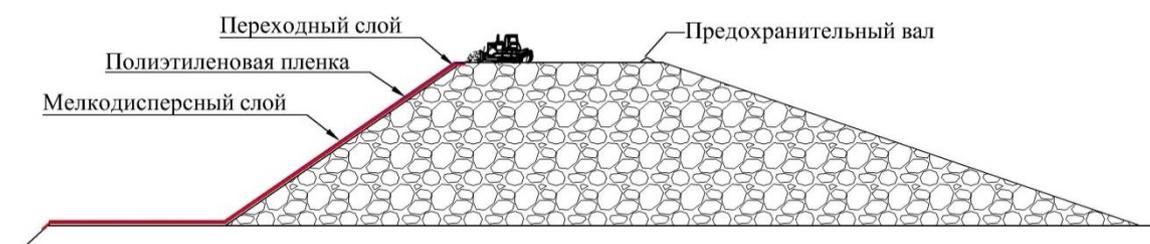


Рисунок 4.11 – Технологическая схема монтажа полиэтиленовой пленки

2. *Торкретирование* - является одним из наиболее современных способов не только укрепления горной выработки, но и предотвращением проникновения загрязняющих веществ в законтурный массив. Торкрет-смесь наносится на поверхность внутреннего откоса ограждающей дамбы. Однако применение данного способа технологически усложнено высотой формируемой ограждающей дамбы.

Расчет необходимых расходов на создание системы инженерной защиты внутреннего откоса ограждающей дамбы произведен по формуле 4.7:

-полиэтиленовая пленка

$$Z_{\text{СВЗ}} = 200 \cdot 188735,79 = 37,75 \text{ млн. руб.}$$

-торкретирование

$$Z_{сиз} = 1328 \cdot 142233,75 = 188,8 \text{ млн. руб.}$$

Технологический комплекс смоделированного варианта отработки карьера «Юлалы» состоит из таких промышленных объектов как: техногенная емкость (карьер, ограждающая дамба), склад почвенно-растительного грунта, внешний отвал рыхлых пород вскрыши. Затраты на аренду площадей земель занимаемых объектами горнотехнической системы определяется по формуле 4.6:

-на момент строительства техногенной емкости

$$Z_{зем} = 10000 \cdot 119,7 \cdot 5 = 5,985 \text{ млн. руб.};$$

-на момент эксплуатации

$$Z_{зем} = 10000 \cdot 50,4 \cdot 14,5 = 7,308 \text{ млн. руб.}$$

В период эксплуатации техногенной емкости арендная плата определяется площадью по границе верхней бровки внешнего откоса ограждающей дамбы и площадью склада почвенно-растительного грунта, внешним отвалом рыхлых пород объемом необходимым для консервации поверхности техногенной емкости. Суммарные затраты предлагаемой в работе методике при отработки карьера «Юлалы» в зависимости от применяемого способа системы инженерной защиты составляет: 3 385 млн. руб. (полиэтиленовая пленка), 3 536 млн. руб. (торкретирование).

Выводы по главе 4

1. В работе обоснована целесообразность отработки балансовых запасов месторождений с одновременным целенаправленным формированием техногенной емкости для размещения хвостов обогащения и продуктов их переработки. Расчеты показали что применение данной методики позволит снизить не только затраты на проведение мероприятий по формированию техногенной емкости, а также позволит сократить площади нарушенных земель до 60% и как следствие экологическую нагрузку. На этапе эксплуатации техногенной емкости ее внешний откос подлежит рекультивации и возврату в земельный фонд. В случае наличия данных земель в собственности недропользователя, возможно альтернативное использование данных земель, что в свою очередь обеспечит получение дополнительной прибыли.

2. Разработки месторождения Юлалы Восточно-Семеновской группы согласно анализу местоположения и объему запасов полезных ископаемых является наиболее оптимальным объектом для формирования техногенной емкости для складирования хвостов обогащения и продуктов их переработки. Выработанное пространство карьера и сформированная ограждающая дамбы по его периметру позволят создать техногенную емкость, объем которой 59 млн. м³.

Наличие скальных пород вскрыши используемых в качестве материала для строительства, что позволяет сократить расстояния перемещения вскрышной породы, а также транспортные расходы на 80%.

Расходы на аренду площадей занимаемых земель по предлагаемой методики увеличились на 5,4 млн. руб. Однако после окончания возведения ограждающей дамбы затраты снижаются за счет сдачи площади внешнего откоса в земельный фонд или собственнику по акту возврата земельного участка на 64,5% относительно традиционного способа разработки месторождений полезных ископаемых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, являющейся законченной научно-квалификационной работой, дано новое решение актуальной научно-практической задачи определения параметров открытой геотехнологии, обеспечивающей формирование и эксплуатацию техногенной емкости с целью размещения хвостов обогащения руд в ходе развития горных работ для повышения полноты и комплексности освоения участка недр, имеющее важное значение для развития горнодобывающих предприятий страны. Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. На основе проведенного анализа установлен дефицит земель и отсутствие возможности формирования новых и реконструкции существующих емкостей для складирования хвостов обогащения, при росте объемов добычи и переработки полезных ископаемых.

2. В работе обоснованы способы повышения эффективности функционирования горнодобывающего предприятия за счет одновременного ведения добычных работ и использования скальных и рыхлых пород вскрыши для формирования техногенной емкости, с целью размещения хвостов обогащения, что обеспечивает снижение затрат на перемещение пород вскрыши до 18%, площади нарушенных земель до 30%, затрат на аренду земель до 2,2 раз при обеспечении их попутной рекультивации в период ведения горных работ.

3. Систематизированы техногенные емкости по расположению относительно земной поверхности, способу возведения, формируемой системе инженерной защиты и установлены требования к регулированию режима горных работ, с учетом потребности в строительных и изоляционных материалах при заданном типе, конструкции и параметрах ограждающей дамбы.

4. Разработана динамическая модель управления объемами горной массы, в зависимости от дальности транспортирования, типа применяемого подвижного состава и месторасположения рыхлых и скальных пород в массиве и контуре техногенной емкости, позволяющая установить рациональные параметры и расположение технологических площадок для возведения ограждающих дамб заданной конструкции.

5. Доказано, что для повышения вместимости техногенной емкости, при снижении площади ее основания, необходимо использовать габионные конструкции. Установлено, что при соотношении рыхлых пород к скальным менее 25% в общем объеме вскрышных пород, необходимо применять габионные стены для формирования угла внутреннего откоса ограждающей дамбы до 89° при высоте до 25 м.

6. Разработаны алгоритмы последовательности работ при комплексном освоении участка недр и формирования техногенной емкости, учитывающие стадию горных работ, наличие нескольких участков залежей, вид инженерной системы защиты, объем и физико-механические свойства вскрышных пород, использование которых позволяет определить параметры схемы вскрытия, режим горных работ, а также высоту ограждающей дамбы с углами внутреннего откоса до 89° и внешнего откоса от 12° .

7. Установлена зависимость производительности карьера по горной массе от производственной мощности обогатительной фабрики при одновременном ведении добычных работ и формировании техногенной емкости для размещения хвостов обогащения. Определено, что при годовом объеме переработки полезного ископаемого 5-10 млн. т и глубине карьера 100-300 м, возможность формирования техногенной емкости с использованием объемов вскрыши, вынимаемых из карьерного поля, достигается при значении текущего коэффициента вскрыши не менее $5-7 \text{ м}^3/\text{т}$.

8. Предложена номограмма согласования производительности карьера по горной массе и обогатительной фабрики по объему хвостов, учитывающая объем вскрыши в проектном контуре карьера, высоту ограждающих дамб и вместимость техногенной емкости, использование которой на этапе установления параметров карьера позволяет определить требуемые объемы рыхлых и скальных пород.

9. Экономически обоснована эффективность формирования техногенной емкости для размещения хвостов обогащения в условиях месторождения ООО «Семеновский рудник», расчетный эффект составит 15,8 млн. руб. в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированный расчет устойчивости откосов бортов карьеров / Мельников И.Т., Заляднов В.Ю., Шевцов Н.С., Павлова Е.В., Погорелов А.Ю., Смяткин А.Н. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова.– 2013.– № 2 (42).– С. 8-12.
2. Автомобильные дороги (примеры проектирования): учеб. пособие для вузов / под ред. В.С. Порожнякова. – М.: Транспорт, 1983
3. Агапов, А. Е. Научные основы рекультивации нарушенных земель в районе закрываемых горных предприятий / А. Е. Агапов, А. М. Навитный, Я.Г. Семикобыла. – М.: Росинформуголь, 2003. – 285 с
4. Агошков, М.И. Развитие идей и практики комплексного освоения недр / М.И. Агошков. – М.: ИПКОН АН СССР, 1982. – 25 с.
5. Аношина, Е. М. Стратегия АО "ЮГК" в области экологически сбалансированного освоения Дарасунского и Талатуйского золоторудных месторождений / Е. М. Аношина, Е. Н. Есина // Горный журнал. – 2017. – № 9. – С. 16-20.
6. Арсентьев, А.И. Принятие решений о параметрах карьера:– учеб. Пособие.– Л.:ЛГИ, 1982.– 60 с.
7. Артемьев, В.Б. Открытые горные работы 2006-2015: достижения и перспективы. Открытые горные работы в XXI веке-1 / Артемьев В.Б., Казаков С.А. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отд. выпуск.– 2015.– № 45-1.– С.7-21.
8. Ахмедьянов, И.Х. Обоснование параметров комбинированной разработки месторождений медно-колчеданных руд с утилизацией отходов обогащения в выработанном пространстве карьера: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ахмедьянов И.Х. – Магнитогорск, 2013.
9. Барабанов, В.Ф. Разработка крутых и наклонных пластов открытым способом с размещением пустых пород в выработанном пространстве / В.Ф. Барабанов, П.И. Томаков, И.И. Дергачев // Уголь. – 1959. – №12. – С.12 – 15.
10. Березовский П.В.. Экономическая оценка вторичных минеральных ресурсов. – Санкт-Петербург: СПГГИ (ТУ), 2006. – 163 с.
11. Васильчук, М.П. Недрa и основные положения экологической безопасности их освоения / Васильчук М.П., Трубецкой К.Н. // Горный журнал. -1995. -№ 7.- С. 17–21.
12. Владимиров, Д. Я. Обоснование параметров роботизированных горнотехнических систем в осложненных условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых : специальность 25.00.22 "Геотехнология (подземная, открытая и строительная)" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Владимиров Дмитрий Ярославович. – Магнитогорск, 2016. – 195 с.

13. Восстановление земель, нарушенных горными работами, при утилизации отходов горно-металлургического производства на примере карьера «Восточный» / И.А. Пыталев, И.В. Гапонова, В.В. Якшина, А.А. Карпова // Актуальные проблемы горного дела. – 2017. – № 2. – С. 27-34

14. Гавришев, С.Е. Особенности формирования полигона для складирования промышленных отходов высокого класса опасности во внутреннем отвале карьера / Гавришев С.Е., Пыталев И.А., Козловский А.А. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 8. – С.251–255.

15. Гавришев, С.Е. Расширение области рационального использования техногенных георесурсов / Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Пыталев И.А. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. - № 9 - С. 252-258.

16. Галиев, С.Ж., Методология экономической оценки эффективности горно-транспортных комплексов карьеров на основе автоматизированной системы мониторинга и имитационного моделирования / Галиев С.Ж., Саменов Г.К., К.С. // Проблемы недропользования.- 2015.- № 4 (7).- С. 5-13.

17. Галкин, В.А. Исследование коммуникаций для автомобильного транспорта вскрышных пород на карьерах цветной металлургии: Дис. ... канд. техн. наук / Галкин В.А. – Магнитогорск, 1979.

18. Гереф, Г. Справочная книга по горному делу:– пер. с нем. / под. ред. Г.Кваша. – СПб., 1913.

19. Гидравлическое складирование хвостов обогащения: справочник / В.И. Кибирев, Г.А. Райлян, Г.Т. Сазонов и др. – М.: Недра, 1991. – 207 с.

20. Гидрогеологические и геомеханические условия формирования хвостохранилища в Главном карьере Высокогорского ГОКа / Зотеев ВТ., Зотеев О.В., Костерова Т.К., Тагильцев С.Н., Осламенко В.В. // Известия вузов. Горный журнал. 1995.– №5.– С. 111-121.

21. 66 Гидрогеологические и геомеханические условия формирования хвостохранилища в Главном карьере Высокогорского ГОКа / Зотеев ВТ., Зотеев О.В., Костерова Т.К., Тагильцев С.Н., Осламенко В.В. // Известия вузов. Горный журнал. 1995.– №5.– С. 111-121.

22. ГОРНОЕ ДЕЛО. Терминологический словарь / А. В. Атрушкевич, Т. Н. Бочкарева, В. С. Забурдяев [и др.]. – 5-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Горная книга, 2016. – 635 с.

23. Горные науки, освоение и сохранение недр земли / под ред. акад. К.Н. Трубецкого.- М.:– Изд-во. Академии горных наук, 1997. – 475 с.

24. Горные науки, освоение и сохранение недр земли / под ред. акад. К.Н. Трубецкого.- М.:– Изд-во. Академии горных наук, 1997. – 475 с.

25. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году».– М., 2021. – 384 с.

26. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году»
27. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 13.07.2015).
28. Грязев, М. В. Воздействие стоков с породных отвалов шахт угольного бассейна на почвы прилегающих территорий / М. В. Грязев, Н. М. Качурин, Г. В. Стась // Устойчивое развитие горных территорий. – 2018. – Т. 10. – № 1(35). – С. 141-148.
29. Есина, Е. Н. Оценка геомеханического состояния горнотехнической системы месторождения медно-порфириновых руд Кальмакыр / Е. Н. Есина, А. Е. Кирков, А. И. Доскалов // Процессы в геосредах. – 2021. – № 3(29). – С. 1212-1217.
30. Заляднов В.Ю. Обоснование способов формирования техногенных георесурсов при открытой разработке железорудных месторождений. дис. ... канд.тех. наук. – Магнитогорск, 2005. – 130 с.
31. Зотеев, О. В. Геомеханика: учеб. Пособие- / Зотеев О. В. , Осинцев В. А. Екатеринбург: УГГГА, 1997. 128 с.
32. Зурков, П.Э. К вопросу определения предельной глубины открытых работ для мощных крутопадающих месторождений / Зурков, П.Э., Посохов, Ю.Н. // Известия вузов.- Горный журнал.– 1961.– №5.
33. Изучение влияния размеров рабочей зоны карьера и направления развития горных работ на показатели качества руды / Ю. А. Килин, А. И. Косолапов, И. И. Вашлаев, А. М. Тодинов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 12. – С. 177-180.
34. Исследование влияния распределения ценного компонента в массиве месторождения на структуру оптимальной производственной мощности золотодобывающего предприятия/ Рыжов С.В., Рыльникова М.В., Есина Е.Н., Рокосовский К.С. В книге: ЗОЛОТО. ПОЛИМЕТАЛЛЫ. XXI ВЕК. 2020. С. 28-30
35. Исследование возможности применения габионных конструкций при комплексном освоении георесурсов / О. В. Зотеев, Т. С. Кравчук, И. А. Пыталев, В. В. Якшина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2020. – № 4. – С. 179-189.
36. Исследование устойчивости бортов Главного карьера Высокогорского рудоуправления: отчет о НИР /ИГД МЧМ СССР; рук. Зотеев В.Г.. – Свердловск, 1978. – 97 с.
37. Исследования заваленности рабочей зоны при поэтапном ведении горных работ на карьерах / А. И. Косолапов, Ю. А. Килин, И. И. Вашлаев, Е. В. Черепанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 3. – С. 210-212.
38. К вопросу обеспечения безопасности труда при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом / Г. В. Стась, В. И. Сарычев, А. Е. Пушкарев [и др.] // Известия Тульского государственного университета.

Науки о Земле. – 2011. – № 2. – С. 126-137.

39. Каплунов, Д.Р. Геотехнологические и геомеханические особенности перехода от открытых к подземным горным работам на больших глубинах / Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. // Глубокие карьеры. Горный информационно-аналитический бюллетень. Специальный выпуск. – 2015. – № 56. 544 с.

40. Каплунов, Д.Р. Расширение минерально-сырьевой базы горнодобывающих компаний на основе комплексного освоения рудных месторождений / Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. // Горный журнал, 2013. -№12.– С.86-90.

41. Каплунов, Д.Р. Теоретические основы проектирования освоения недр: становление и развитие // Горный журнал.– 2014. -№7. – С.49-51.

42. Качурин, Н. М. Геомеханическое обеспечение комбинированной геотехнологии на завершающей стадии освоения угольных месторождений / Н. М. Качурин, Г. В. Стась, Е. Н. Есина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 3. – С. 277-285.

43. Классификация карьерных выемок по возможности их использования для размещения промышленных отходов / С.Е. Гавришев, И.А. Пыталев, Е.В. Павлова, А.А. Козловский // Черные металлы. – 2011. – № 56. – С. 29-33.

44. Ковалевский, В.А. Разработка технологии отвалообразования при засыпке глубоких карьеров : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ковалевский В.А. – Кривой Рог, 1990.

45. Козловский А.А. Особенности технологии складирования промышленных отходов в выработанном пространстве карьеров /Козловский А.А., Бочкарев А.В., Наумкин В.В. //Материалы 67-й науч.-техн. конф. – Магнитогорск, 2009. – С.150-153.

46. Козловский, А.А. Использование выработанного пространства карьера в качестве полигона для складирования промышленных отходов / Козловский А.А., Хоменко Н.Н. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010.– № 9. – С. 285-288.

47. Козловский, А.А. Использование выработанного пространства карьера в качестве полигона для складирования промышленных отходов / Козловский А.А.,Хоменко Н.Н. //Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010.– № 9. – С. 285-288.

48. Козловский, А.А. Обоснование параметров технологических схем размещения промышленных отходов в отвалах и выработанном пространстве карьеров: дис. ... канд. техн. наук / Козловский А.А. – Магнитогорск, 2011.

49. Козловский, А.А. Снижение негативного воздействия техногенных массивов на окружающую среду, анализ методов тушения возгораний на участке размещения промышленных отходов и шлаков /Козловский А.А., Бочкарев А.В.// Материалы международ. науч.-техн. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Г.И. Носова . – Магнитогорск, 2005. – С.357–359.

50. Комплекс пастового сгущения отвальных хвостов обогатительной фабрики для проведения горнотехнической рекультивации Учалинского карьера: Проектная документация / ООО «УГМК-Холдинг». – 2014.

51. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья. Трубецкой К.Н. и др. – М.: Наука, 2010. – 437 с

52. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья. Трубецкой К.Н. и др. – М.: Наука, 2010. – 437 с.

53. Конончик, Л.Е. Складирование вскрышных пород в отработанное карьерное пространство как способ охраны окружающей среды / Конончик Л.Е., Сулонова Г.Н. // Горный журнал. – 2001. – №7. – С. 26-28

54. Корнилков, С. В. Общий методический подход к формированию стратегии поддержания и развития минерально-сырьевой базы крупного горнообогатительного предприятия / С. В. Корнилков, О. В. Славиковский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 1. – С. 370-375.

55. 119 Косолапов А.И. Оценка влияния срока службы и прочности пород на изменение ширины предохранительных берм / Косолапов А.И. Вокин В.Н., Т.А. Веретенова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – № 11. – С. 175-176.

56. Косолапов, А. И. Влияние геомеханических процессов на технологию разработки месторождений блочного камня / А. И. Косолапов, С. А. Косолапова, Т. Г. Калиновская // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 5. – С. 28-29.

57. Косолапов, А. И. Исследование потенциальных возможностей интенсификации производственной мощности карьеров при этапной разработке крутопадающих месторождений в современных условиях / А. И. Косолапов, Е. А. Паршина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 6. – С. 50-56.

58. Косолапов, А. И. Исследование условий для интенсификации производственной мощности карьера при разработке крутопадающих месторождений / А. И. Косолапов, А. И. Пташник // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12-1. – С. 133-135.

59. Косолапов, А. И. К вопросу обоснования направления использования выработанных пространств карбонатных карьеров / А. И. Косолапов, Ю. А. Плютов, Е. Ю. Назарова // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 2. – С. 32.

60. Косолапов, А. И. Методология обоснования главных параметров внутрикарьерных автомобильных дорог / А. И. Косолапов, В. А. Винокуров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 10. – С. 169-171.

61. Косолапов, А. И. Моделирование параметров автомобилей и предохранительных валов карьерных дорог / А. И. Косолапов, С. А. Косолапова, Т. Г. Калиновская // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 9. – С. 73-75.

62. Косолапов, А. И. О возможности управления производственной мощностью карьеров при вариации спроса на их продукцию при разработке крутопадающих месторождений / А. И. Косолапов, А. И. Пташник // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 6-1. – С. 33-36.

63. Косолапов, А. И. О технологических возможностях управления вскрышными работами на рудных карьерах / А. И. Косолапов, Е. В. Черепанов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 7. – С. 40-46.

64. Косолапов, А. И. Оценка возможности приращения производственной мощности карьера при разработке крутопадающих месторождений / А. И. Косолапов, А. И. Пташник // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 9. – С. 80-83.

65. Косолапов, А. И. Управление режимом горных работ при открытой разработке месторождений этапами / А. И. Косолапов, А. И. Пташник // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2013. – Т. 6. – № 4. – С. 387-393.

66. Лель, Ю. И. Оценка и планирование развития сети автотранспортных коммуникаций карьеров / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2005. – № 3. – С. 95-101.

67. Методика определения параметров техногенной емкости для условий крутопадающих месторождений полезных ископаемых / Т. С. Кравчук, И. А. Пыталев, Е. Е. Швабенланд, В. В. Якшина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 4. – С. 425-435.

68. Методика проведения мониторинга современного состояния горнотехнических систем и окружающей среды в регионах их функционирования: Проект №14-37-00050. – Москва, 2014.

69. Мочалов, А.М. Оценка устойчивости бортов карьеров по наблюдаемым деформациям Мочалов А.М. // Совершенствование методов расчета сдвижений и деформаций горных пород, сооружений и бортов карьеров при разработке угольных пластов в сложных гидрогеологических условиях : сб. науч. тр. – Л.: ВНИМИ, 1991. – С. 119-124.

70. Новое в теории оптимизации проектирования открытых горных работ / В. С. Хохряков, С. В. Корнилков, Ю. И. Лель [и др.] // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2006. – № 5. – С. 7-14.

71. Новые подходы к оптимизации проектирования карьеров / В. С. Хохряков, С. В. Корнилков, Ю. И. Лель [и др.] // Известия Уральского государственного горного университета. – 2007. – № 22. – С. 81-93.

72. О целесообразности размещения отходов добычи и переработки руд Томинского месторождения в карьере «Коркинский» / Калмыков В.Н., Зотеев О.В., Зубков А.А., Го-

готин А.А., Пыталев И.А. // Комбинированная геотехнология: устойчивое и экологически сбалансированное освоение недр: материалы международной научно-технической конференции, г. Магнитогорск, 2015 – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2015.– С. 21-24.

73. Обоснование параметров технологии формирования техногенных массивов из отходов обогащения в выработанном карьерном пространстве при открыто-подземной разработке медноколчеданных месторождений : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 25.00.22 / Зубков Артем Анатольевич; [Место защиты: Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова]. - Магнитогорск, 2013. - 20 с.

74. Обоснование развития логистической системы Светлинского карьера с учетом перспектив перехода на комбинированную геотехнологию / М. В. Рыльникова, К. И. Струков, Р. В. Бергер, Е. Н. Есина // Горная промышленность. – 2019. – № 6(148). – С. 106-111.

75. Обоснование расчетов выбросов загрязняющих веществ разреза "Заречный" / М. Ю. Лискова, Г. В. Стась, С. А. Ишутина, Ю. А. Воронкова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2017. – № 2. – С. 45-57.

76. Обоснование технических решений по созданию и эксплуатации техногенной емкости, формируемой на базе внешних отвалов для размещения обезвоженных хвостов обогащения в условиях Гайского горно-обогатительного комбината / О. В. Зотев, С. Е. Гавришев, И. А. Пыталев [и др.] // Комбинированная геотехнология: переход к новому технологическому укладу : Сборник статей по результатам Международной конференции, Магнитогорск, 27–31 мая 2019 года. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2019. – С. 240-248.

77. Обоснование технологии отсыпки отвалов скальных вскрышных пород при складировании отходов обогащения : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 25.00.22 / Шершнев Андрей Александрович.- Красноярск, 2017. - 19 с.

78. Обоснование целесообразности и этапов рекультивации карьера «Восточный» горы Магнитной с использованием отходов металлургического производства / И.А. Пыталев, Н.Н. Хоменко, И.В. Гапонова и др. // Проблемы недропользования. – 2014. – № 2(2). – С. 122-126.

79. ОДМ 218.2.049-2015. Рекомендации по проектированию и строительству габионных конструкций на автомобильных дорогах

80. Определение приемной емкости выработанного пространства карьеров при размещении промышленных отходов различного класса опасности / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, И.А. Пыталев, Е.В. Павлова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. - № 4. – С. 129-133.

81. Определение ценности техногенных георесурсов / Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Пыталев И.А., Павлова Е.В.// Вестник Магнитогорского государственного технического университета им.Г.И. Носова.– 2010.– №2. С. 5 – 8.

82. Основные направления развития проектирования открытых горных работ в XXI веке / Г. А. Холодняков, К. Р. Аргимбаев, Д. А. Иконников, О. Е. Русак // Открытые горные работы в XXI веке. – Красноярск, 2011. – С. 123-127.

83. Открытые горные работы : справочник / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Веницкий, Н.Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

84. Оценка возможности использования выработанного карьерного пространства с целью размещения промышленных отходов (на примере ряда карьеров Южного Урала) / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, И.А. Пыталев, Е.В. Павлова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2011. - № 69. – С. 3-6.

85. Оценка устойчивости бортов карьера «Камаган» при подземной доработке месторождения / А.М. Мажитов, С.А. Корнеев, И.А. Пыталев, Т.С. Кравчук // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. - № S4-2. – С. 205-215.

86. Павлова, Е.В. Обоснование параметров карьеров при комплексном освоении природных и техногенных георесурсов: автореф. дис. ... канд. техн. наук/ Павлова Е.В. – Магнитогорск, 2013.

87. Параметры временно нерабочего борта и технология его разноса над обычной рабочей зоной / А. И. Косолапов, В. Н. Синьчковский, Е. В. Черепанов, В. А. Тенятников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 11. – С. 387-392.

88. Пешков, А.А. Управление развитием горных работ на глубоких карьерах / Пешков А.А.; под ред. акад. К.Н. Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН, 1999. -321 с.

89. Плесовских, Т.П. Обоснование методов управления техногенными георесурсами при открыто-подземной разработке медно-колчеданных месторождений: дис. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск: МГТУ, 2013. – 175 с.

90. Повышение безопасности труда радикальной изоляцией источников загрязнения при подземной добыче руд / В. И. Голик, Г. В. Стась, М. Ю. Лискова, Ч. Б. Конгар-Сюрюн // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 7. – С. 7-12.

91. Пособие по проектированию автомобильных отвалов / под ред. Б.А. Тимофеева.– М.: ЦНИИцветмет экономики и информации, 1990.

92. Пособие по проектированию полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов (к СНиП 2.01.28-85). Утверждено приказом Госстроя СССР от 15 июня 1984 г. № 47. – М.: ЦИПТП, 1990.

93. Постановления Правительства РФ от 10 июля 2018г. №800 «О проведении рекультивации и консервации земель» (с изменениями на 07.03.2019 г.)

94. Практическая реализация механизма устойчивого развития в создании и становлении горно-металлургического холдинга медной отрасли России [Текст] / И. А. Алтушкин, А. Е. Череповицын, Ю. А. Король. - Москва : Руда и Металлы, 2016. -

227, [1] с. : ил., табл., цв. ил.; 22 см.; ISBN 978-5-98191-082-1

95. Принципы совмещения механизированной техники и промышленных роботов при экологически сбалансированном освоении месторождений открытым способом / М.В. Рыльникова, Д.Я. Владимиров, И.А. Пыталев, Т.М. Попова // Маркшейдерский вестник. – 2016. – № 6. – С. 6-11.

96. Прогноз безопасности горных работ на угольных шахтах / Э.М. Соколов, Н.М. Качурин, Г. В. Стась, И.П. Карначев // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 12(144). – С. 3-7.

97. Проектирование горных работ при формировании карьерного пространства зонами концентрации / Галкин В.А., Сидоренко В.Н., Гавришев С.Е., Носов А.Н. – Магнитогорск: МГМИ, 1991. – 57 с.

98. Пыталев И.А., Якшина В.В. Взаимосвязка процессов селективной выемки пород вскрыши и отвалообразования при формировании ограждающих дамб техногенной емкости / Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 15 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. – М: ИПКОН РАН, 2021

99. Пыталев, И. А. Обоснование параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем : специальность 25.00.21 "Теоретические основы проектирования горно-технических систем" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Пыталев Иван Алексеевич. – Магнитогорск, 2019. – 360 с.

100. Пыталев, И. А. Обоснование параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем: специальность 25.00.22 "Геотехнология (подземная, открытая и строительная)": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Пыталев Иван Алексеевич. – Магнитогорск, 2019. – 36 с.

101. Пыталев, И.А. Защита подземных вод при складировании отходов обогащения горно-обогатительных комбинатов / И.Т. Мельников, И. И. Мельников, И.А. Пыталев // Водные и лесные ресурсы России: проблемы и перспективы использования, социальная значимость: сборник статей Всерос. науч.-практ. конференции / под ред. В.В. Арбузова. – Пенза, 2006. – С. 41-44.

102. Пыталев, И.А. Использование выработанного карьерного пространства и формируемых отвалов для складирования промышленных отходов / И.А. Пыталев // Промышленные и бытовые отходы: проблемы хранения, захоронения, утилизации, контроля: сборник статей XI Междунар. науч.-практ. конференции / под ред. В.В. Арбузова. – Пенза, 2007. – С. 47-50.

103. Пыталев, И.А. Обоснование параметров горнотехнических сооружений для размещения отходов обогащения / С.Н. Корнилов, И.Т. Мельников, И.А. Пыталев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-

технический журнал). – 2014. – № 5. – С. 60-66.

104. Пыталев, И.А. Обоснование параметров карьеров и отвалов, формируемых в виде емкостей для размещения промышленных отходов : автореф. дис. ...канд. техн. наук/ Пыталев И.А.- Магнитогорск, 2008.

105. Пыталев, И.А. Обоснование параметров карьеров и отвалов, формируемых в виде емкостей для размещения промышленных отходов: дис. ... канд.техн. наук / И.А. Пыталев. – Магнитогорск, 2008.

106. Пыталев, И.А. Тенденции развития научно-методических основ определения параметров открытых горных работ при комплексном освоении недр земли / И.А. Пыталев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. –№ S4-2. – С. 29-38.

107. Пыталев, И.А. Формирование и освоение горнотехнических сооружений при открытой разработке месторождений полезных ископаемых с целью экологически безопасного размещения промышленных отходов / С.Е. Гавришев, С.Н. Корнилов, И.Т. Мельников, И.А. Пыталев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 6. – С. 56-66.

108. Развитие геомеханики для решения проблем сохранения земных недр / М. А. Иофис, Е. В. Федоров, Е. Н. Есина, Н. А. Милетенко // Горный журнал. – 2017. – № 11. – С. 18-21.

109. Разработка методики определения рациональных параметров намывных хвостохранилищ и отвалов вскрыши / И. Т. Мельников, И. М. Кутлубаев, А. И. Суоров [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2011. – № 1(33). – С. 9-13.

110. Разработка методов и техники определения расчетных деформационных и прочностных характеристик местных материалов с учетом технологических способов их укладки для расширения перечня местных материалов, применяемых для возведения плотин: отчет о НИР / ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. № Б410156. – Л., 1974.

111. Ранжирование техногенных минеральных образований по степени влияния на окружающие земли / Д. О. Прохоров, Г. В. Стась, А. И. Болгова, С. М. Овсянников // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2022. – № 1. – С. 113-124.

112. Распоряжение Правительства РФ от 25 января 2018 г. №84-р

113. Расчет толщины защитного экрана на поверхности внутреннего отвала Учалинского карьера / О.В. Зотеев, В.Н. Калмыков, И.А. Пыталев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S4-2. – С. 39-45.

114. Результаты оценки воздействия разреза "восточный" АО "Салек" на окружающую среду / Т. В. Корчагина, Г. В. Стась, Н. Н. Бородкина, А. В. Проников // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. –

2021. – № 3. – С. 54-66.

115. Ретроспективная оценка уровня безопасности подземной добычи угля на шахтах Подмосковского бассейна / Н. М. Качурин, Г. В. Стась, Д. Н. Шкуратский, Е. В. Смирнова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2014. – № 2. – С. 58-66.

116. Ржевский В.В. Открытые горные работы. часть II М.: Недра, 1985г.– 549.

117. Рыльникова, М. В. Особенности горно-геологических и горнотехнических условий освоения золоторудных месторождений Нижнеякокитского рудного поля / М. В. Рыльникова, С. В. Рыжов, Е. Н. Есина // Горная промышленность. – 2020. – № 2. – С. 115-120.

118. Рыльникова, М. В. Применение интеллектуальных систем и технологий при открытой разработке угольных месторождений с высокими вскрышными уступами / М. В. Рыльникова, В. С. Федотенко, Е. Н. Есина // Горный журнал. – 2018. – № 1. – С. 32-36.

119. Саканцев, Г. Г. Геотехнологические основы внутреннего отвалообразования при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины: специальность 25.00.22 "Геотехнология (подземная, открытая и строительная)": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Саканцев Георгий Григорьевич. – Екатеринбург, 2012. – 236 с.

120. Саканцев, Г.Г. Внутреннее отвалообразование на глубоких рудных карьерах / Г.Г. Саканцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 225 с

121. Саканцев, Г.Г. Проблемы применения технологии с внутренним складированием при открытой разработке крутопадающих месторождений / Г.Г. Саканцев // Эффективные технологии, способы и средства, обеспечивающие современные требования к экологии при разработке месторождений полезных ископаемых: тез. докл. / ИГД Минмета СССР. - М.: Черметинформация, 1990. - С. 26-27.

122. Свид. 2011613970. Автоматизированный расчёт параметров устойчивости откосов горнотехнических систем

123. СН 551-82. Инструкция по проектированию и строительству противотрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов

124. СН 551-82. Инструкция по проектированию и строительству противотрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов

125. Снижение или исключение негативного воздействия насыпных техногенных минеральных образований на окружающую среду / Д. О. Прохоров, Г. В. Стась, А. И. Болгова, М. Ю. Шамрин // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2022. – № 1. – С. 125-138.

126. Снижение экологической нагрузки в промышленных регионах страны за счет размещения отходов в карьерах и отвалах / С.Е. Гавришев, И.А. Пыталев, Н.А. Осинцев, И.В. Гапонова // Управление отходами - основа восстановления экологи-

ческого равновесия промышленных регионов России: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Новокузнецк, 2012. – С. 55-61.

127. СНиП 2.05.07-91*. Актуализированная редакция СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт.

128. СНиП 2.06.05-84*. Актуализированная редакция СП 39.13330.2012 Плодины из грунтовых материалов

129. Состояние окружающей среды в регионах размещения горного производства / Т. В. Корчагина, Г. В. Стась, Д. О. Прохоров, А. Е. Коряков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2019. – № 4. – С. 40-53.

130. СП 34.13330.2021 Автомобильные дороги.

131. Стась, Г. В. К вопросу об управлении рисками / Г. В. Стась, Е. В. Смирнова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2015. – № 1. – С. 37-42.

132. Стратегия освоения Светлинского месторождения / К. И. Струков, Р. В. Бергер, В. А. Ежов, Е. Н. Есина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2020. – № 1. – С. 36-45.

133. Теория и практика открытых разработок. Н.В. Мельников, А.И. Арсентьев, М. С. Газизов. – М.: – М.: Недра, 1973.– 636 с

134. Техничко-экономические показатели горных предприятий за 1990-2008 гг. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2009. – 370 с.

135. Титовский, В.И. Опыт рекультивации нарушенных земель в бассейне КМА / В.И. Титовский, А.Т. Калашников, А.М. Бабец // Экспресс-информация. - Сер.: Передовой производственно-технический опыт предприятий черной металлургии. - Вып. 11. - М.: Черметинформация, 1998.

136. Томаков, П.И. Рациональное землепользование при открытых горных работах / П.И. Томаков, В.С. Коваленко. М.: Недра, 1984. 213 с.

137. Трубецкой, К. Н. Обоснование устойчивости бортов карьеров, разрезов и отвалов при внедрении роботизированных геотехнологий / К. Н. Трубецкой, М. В. Рыльникова, Е. Н. Есина // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр, Москва, 25–29 июня 2018 года. – Москва: Институт проблем комплексного освоения недр РАН, 2018. – С. 189-192.

138. Трубецкой, К.Н. Классификация способов формирования и использования выработанного карьерного пространства / К.Н. Трубецкой, А.А. Пешков, Н.А. Манко // Ресурсосберегающие технологии открытой разработки месторождений. М.: ИПКОН РАН, 1992. 116 с.

139. Трубецкой, К.Н. Определение области применения способов разработки крутопадающих залежей с использованием заранее сформированного выработанного пространства карьера / Трубецкой К.Н., Пешков А.А. // Горный журнал. – 1994. – №1. – С. 51-52.

140. Трубецкой, К.Н. Развитие технологий открытой разработки месторождений полезных ископаемых при комплексном освоении // Проблемы открытой разработки глубокий карьеров: материалы Международного симпозиума по открытым горным работам «Мирный_91», 25-27 июня 1991, г. Удачный. – 1991. - С.3-7.

141. Уплотнение и укладка дорожных материалов. Теория и практика фирмы Дунарас (Швеция). пер.: Власов Н.М., Костромкина М.П., Лесников А.В. – СПб.: Изд.- «Тест-Принт», 1995. –124 с.

142. Условия и перспективы внедрения роботизированных геотехнологий при открытой разработке месторождений / К. Н. Трубецкой, М. В. Рыльникова, Д. Я. Владимиров, И. А. Пыталев // Горный журнал. – 2017. – № 11. – С. 60-64.

143. Формирование и освоение техногенных георесурсов. Технологические схемы размещения промышленных отходов в карьерах и отвалах: Монография / А.А. Зубков, И.А. Пыталев, А.А. Козловский, И.И. Мельников. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2014. – 176 с

144. Холодняков, Г. А. Проектирование открытой разработки комплексных месторождений / Г. А. Холодняков. – Л.: ЛГИ, 1987. – 84 с.

145. Чаплыгин, Н.Н. Горное производство: ресурсная оценка / Чаплыгин Н.Н. Жулковский Д.В. // Горный журнал. – 2005. – №4. – С. 9-11.

146. Шевцов, Н.С. Разработка методики обоснования параметров горнотехнических систем с намывными сооружениями при освоение железорудных месторождений: дис. ... канд. техн. наук / Шевцов Н.С. – Магнитогорск, 2013.

147. Экологические проблемы геотехнологий: новые идеи, методы и решения Чаплыгин Н.Н.; Галченко Ю.П., Папичев В.И. и др. // М.: Научтехлитиздат, 2009. - 320 с.

148. Эффективность комбинирования технологий выемки руд в пределах рудного поля / В. И. Голик, В. Г. Лукьянов, Н. М. Качурин, Г. В. Стась // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 10. – С. 32-39.

149. Ярощук, О.Н., Хабарова Е.И., Светлосанов В.А. – Развитие метода выбора рационального направления рекультивации земель, нарушенных горными работами / Безопасность жизнедеятельности. – 2006. №12. С. 24-29.

Приложение



453631, Республика Башкортостан,
Баймакский район,
с. Семеновское, ул. Горная, д. 50
ИНН 7704579901, КПП 025401001, ОГРН 1057749248996
тел.: +7 (34751) 4-21-55, e-mail: office@semrud.ru

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Семеновский рудник»


Масютин А.В.
« _____ » 2018 г.
М.П. 

АКТ

внедрения материалов диссертации Якшиной Виктории Владимировны
«Обоснование параметров открытой геотехнологии с формированием техногенной емкости
для размещения хвостов обогащения руд»
на ООО "Семеновский Рудник"

1. Наименование системы

Технология формирования техногенной емкости для размещения хвостов обогащения с использованием рыхлых и скальных пород вскрыши при отработке запасов крутопадающего месторождения

2. Новизна технологического решения

Разработана технология ведения горных работ, предусматривающая очередность отработки участков месторождения с целью создания техногенной емкости для последующего размещения хвостов обогащения с использованием **рыхлых и скальных пород вскрыши** добываемых в процессе ведения добычных работ.

Предложен порядок и направление отработки месторождения, а также обоснованы параметры открытой геотехнологии, обеспечивающие использование пород вскрыши с учетом их своевременной выемки из массива в пределах выделенного участка, при соответствии их показателей заданным качественно-количественным критериям по прочностным и фильтрационным характеристикам с целью формирования ограждающей дамбы техногенной емкости.

Внедрены разработанные технические решения по очередности отработки участка месторождения целенаправленной укладки вскрышных пород в тело ограждающей дамбы техногенной емкости, позволило сократить требуемую площадь земельного отвода не менее чем на 19,2 га, а также исключить необходимость разработки карьера строительных камней применения синтетических материалов для обеспечения противофильтрационных свойств ограждающих дамб. В результате было достигнуто снижение себестоимости формирования и эксплуатации техногенной емкости для размещения хвостов обогатительной фабрики сокращение объемов работ и площади занимаемых земель.



Общество с ограниченной ответственностью
**СЕМЕНОВСКИЙ
 РУДНИК**

453631, Республика Башкортостан,
 Баймакский район,
 с. Семеновское, ул. Горная, д. 50
 ИНН 7704579901, КПП 025401001, ОГРН 1057749248996
 тел.: +7 (34751) 4-21-55, e-mail: office@semrud.ru

Это позволило отработать балансовые запасы Северной части Восточно-Семеновского месторождения, сократить время строительства и ввода в эксплуатацию техногенной емкости, а также подготовить технологические площадки для возведения ее ограждающей дамбы.

Успешная реализация указанных мероприятий позволила обеспечить планомерный переход при разработке участков месторождения от Северного к Южному, а в период строительства карьера сформировать ограждающую дамбу техногенной емкости, что в совокупности значительно повысило полноту освоения участка недр при снижении затрат на добычу золото-медно-цинковых руд.

3. Место внедрения

Месторождение «Восточно-Семеновское» золото-медно-цинковых руд (ООО "Семеновский Рудник")

4. Время работы после внедрения

Начало внедрения работ по использованию рыхлых и скальных пород вскрыши с целью формирования техногенной емкости – январь 2018 года.

Окончание работ по формированию ограждающей дамбы техногенной емкости – декабрь 2021 года.

5. Экономическая эффективность

Суммарный экономический эффект от одновременного ведения горных работ и формирования ограждающей дамбы техногенной емкости из рыхлых и скальных пород вскрыши Северного участка Восточно-Семеновского месторождения золото-медно-цинковых руд используемых в качестве строительного и изоляционного материала составит 15,8 млн. руб.