

**Министерство науки и высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»**

На правах рукописи



ПЫТАЛЕВ ИВАН АЛЕКСЕЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ
КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ КРУТОПАДАЮЩИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Специальности

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

25.00.21 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»

Диссертация

на соискание ученой степени

доктора технических наук

Научный консультант

профессор, доктор технических наук

Сергей Евгеньевич Гавришев

Магнитогорск 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА И ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ.....	13
1.1 Современное состояние и перспективные направления обеспечения устойчивого развития горнотехнических систем при открытой разработке месторождений.....	13
1.2 Опыт использования выработанного пространства карьеров и техногенных ландшафтов отвалов вскрышных пород для формирования горнотехнических сооружений	28
1.3 Анализ методик и тенденции развития научно-методических основ определения параметров горнотехнических систем при комплексном использовании природных и техногенных георесурсов.....	54
1.4 Анализ характеристик техногенных пространств при их целевом формировании и использовании	64
1.5 Цель, задачи и методы исследований	72
2 РАЗВИТИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ УЧАСТКА НЕДР С СОВОКУПНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ.....	75
2.1. Формирование стратегии совокупного использования природных и техногенных георесурсов при комплексном освоении участка недр	77
2.2 Развитие методологических подходов и принципов определения ценности техногенных георесурсов при их целенаправленном формировании и комплексном использовании	90
2.3 Систематизация и методологические основы обоснования параметров логистической схемы горнотехнической системы с совокупным использованием природных и техногенных георесурсов	103
2.4 Разработка геоинформационной модели определения параметров открытых горных работ при целенаправленном формировании отвалов и выработанных пространств карьеров для последующего их использования ...	112
Выводы по главе 2	129

3	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОВОКУПНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	131
3.1	Влияние стадии функционирования горнодобывающего предприятия на выбор приоритетного направления использования техногенных георесурсов.....	131
3.2	Влияние схемы вскрытия месторождения на перспективы использования выработанного пространства карьера для размещения промышленных отходов добычи и переработки руд.....	141
3.3	Исследование влияния перехода на роботизированную геотехнологию на показатели экономической эффективности комплексного освоения месторождения полезных ископаемых.....	163
3.4	Оценка влияния технологических схем разработки месторождений на экономические показатели комплексного освоения природных и техногенных георесурсов.....	178
	Выводы по главе 3	194
4	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ГЕОРЕСУРСОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСВОЕНИЯ УЧАСТКА НЕДР.....	197
4.1	Влияние способов изоляции промышленных отходов в горнотехнических сооружениях на экономические показатели их формирования	197
4.2	Влияние способов обеспечения устойчивости откосов бортов карьеров и отвалов при складировании в них промышленных отходов на экономические показатели эксплуатации месторождения.....	212
4.3	Влияние параметров логистической системы на эффективность процесса транспортирования вскрышных пород при формировании техногенных георесурсов.....	227
4.4	Влияние используемых интеллектуальных технологий на экономическую эффективность комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем	245
	Выводы по главе 4	254

5	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВОКУПНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ ..	256
5.1	Определение ценности техногенных георесурсов, формируемых в процессе освоения запасов месторождения	256
5.2	Взаимосвязь совокупного использования природных и техногенных георесурсов с режимом горных работ	262
5.3	Методика обоснования параметров совокупного использования природных и техногенных георесурсов при применении механизированной и роботизированной геотехнологии	267
5.4	Алгоритм определения параметров открытой геотехнологии при совокупном использовании природного и техногенного сырья	279
	Выводы по главе 5	283
6	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ И ОЦЕНКА ИХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	286
6.1	Разработка технологических рекомендаций совокупного использования природных и техногенных георесурсов при освоении Восточно-семеновского, Юбилейного, Худолазского, Березняковского и Коркинского месторождений	286
6.2	Обоснование параметров открытых горных работ на горных предприятиях Восточно-семеновского, Юбилейного, Березняковского и Коркинского ГОКов	297
6.3	Оценка экономической эффективности разработанных рекомендаций	309
	Выводы по главе 6	319
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	321
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	325
	Приложение А	350
	Приложение Б	352
	Приложение В.....	354
	Приложение Г	356

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Методология проектирования горнотехнической системы при разработке месторождений твердых полезных ископаемых предполагает обеспечение комплексности и полноты освоения, главным образом, балансовых запасов, с соблюдением требований промышленной и экологической безопасности. На фоне общемировых тенденций снижения природного качества добываемого минерального сырья и усложнения горнотехнических условий разработка месторождений открытым способом сопряжена с увеличением глубины карьеров, повышением рисков их эксплуатации, сложности решения вопросов рекультивации, ростом количества отходов и усложнением экологической обстановки в горнодобывающих регионах. Особенно остро это проявляется при освоении рудных месторождений, представленных, преимущественно, мощными крутопадающими залежами.

Компенсация усложняющихся условий освоения месторождений обеспечивается разработкой и внедрением новых геотехнологических решений, направленных на сохранение устойчивого развития горнотехнической системы на как можно более длительный период эффективной эксплуатации. Наличие значительных объемов выработанных пространств карьеров, сформированных техногенных ландшафтов позволит получить дополнительный эффект при целенаправленном их формировании в процессе ведения добычных работ в качестве техногенных георесурсов с заданными потребительскими свойствами. Следует отметить, что в отечественной и зарубежной практике имеется положительный опыт использования сформированных выработанных пространств карьеров для размещения промышленных отходов, проходки подземных вскрывающих выработок при комбинированной геотехнологии и иных целей. Однако данные решения носят единичный и локальный характер, ограничены в области применения по причине неготовности или технологической нереализуемости вариантов использования карьеров и отвалов для иных целей, не связанных непосредственно с добычей полезных ископаемых. Хотя за счет

использования создаваемых техногенных георесурсов возможно обеспечить продление срока эффективной эксплуатации горнотехнической системы освоения участка недр.

Одной из причин этого является отсутствие в проектах единой концепции, предусматривающей на этапе проектирования горнотехнической системы целенаправленное использование вскрышных пород для формирования техногенных объектов в процессе ведения добычных работ, строительство капитальных съездов, обеспечивающих грузотранспортную связь рабочих горизонтов не только при отработке запасов, но и при последующей эксплуатации выработанного пространства карьера.

Основным недостатком существующей методологии проектирования горнотехнических систем является то, что процесс добычи балансовых запасов полезных ископаемых рассматривается как единственный источник положительной финансовой динамики при освоении участка недр Земли. Длительная эксплуатация участка недр разделяет во времени период ликвидации предприятия и максимального развития карьера, что не позволяет в полной мере решить вопросы комплексного использования георесурсов. При этом не происходит рекультивации земель и возврата их в промышленный или сельскохозяйственный оборот. Обеспечить устойчивое развитие горнотехнических систем возможно принятием на этапе проектирования и эксплуатации участка недр принципа формирования источников дохода горнодобывающего предприятия - не только добытых полезных ископаемых, но и использования сформированных в процессе разработки месторождения техногенных георесурсов, обладающих требуемыми потребительскими свойствами и соответственно потребительской ценностью. Потребителями данных техногенных объектов являются как сами горнодобывающие предприятия, так и сторонние организации.

Обоснование параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений, обеспечивающей устойчивое развитие горнотехнической системы, представляет важнейшую социально-экономическую

проблему, решение которой обеспечит увеличение продолжительности эксплуатации участка недр с ростом полноты и комплексности его использования и одновременным повышением технико-экономических показателей горнодобывающего предприятия на всех этапах его функционирования.

Объект исследования:

– горнотехнические системы открытой геотехнологии освоения крутопадающих месторождений, природные и техногенные георесурсы.

Предмет исследования:

– параметры открытой геотехнологии, обеспечивающей устойчивое развитие горнотехнической системы с совокупным использованием природного минерального сырья и техногенных георесурсов.

Методы исследования. В работе применен комплексный метод исследований, включающий: анализ и научное обобщение отечественного и зарубежного опыта эффективного освоения участка недр при открытом способе добычи полезных ископаемых с формированием и использованием техногенных георесурсов; каркасное, блочное и имитационное моделирование горнотехнической системы и процессов формирования техногенных георесурсов; натурные исследования свойств и состояния природного и техногенного массивов; статистическую обработку результатов исследований; системный технико-экономический и структурно-функциональный анализ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Концепция устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии, позволяющая компенсировать влияние негативных факторов, возникающих на всех этапах ведения добычных работ, основывается на изменении подхода к проектированию горнотехнической системы и обоснованию ее структуры и параметров, отличающегося от существующих расширением области функционирования горнодобывающего предприятия путем создания техногенных объектов, формируемых на базе выработанного пространства карьера и ландшафта отвалов.
2. При комплексном освоении участка недр открытой геотехнологией с формированием в карьере и на отвале горнотехнических сооружений, обеспечивающих

последующую эксплуатацию техногенных георесурсов и размещение отходов горно-перерабатывающего производства, выбор режима горных работ при проектировании горнотехнической системы должен определяться не только обеспечением производственной мощности по полезным ископаемым, но и динамикой формирования техногенных объектов с заданными потребительскими характеристиками с учетом физико-механических свойств горных пород, агрегатного состояния и класса опасности размещаемых отходов.

3. Выбор режима горных работ и параметров горнотехнической системы при использовании техногенных георесурсов должен производиться на основе разработанной интерактивно пополняемой динамической геоинформационной модели горнотехнической системы освоения месторождения, реализуемой на принципе блочного представления не только полезных ископаемых, но и пород вскрыши, а также формируемых из них техногенных георесурсов. Отличительными признаками модели являются интеграция данных геологической, гидрологической и геомеханической информации и наличие модулей автоматической корректировки параметров системы управления комплексом горнотранспортного оборудования, используемого при разработке месторождения и создании техногенных объектов.

4. Для обеспечения устойчивого развития горнотехнических систем необходимо проектировать и формировать многофункциональную схему вскрытия, обеспечивающую технологическую и транспортную доступность не только отработываемых запасов, но и эксплуатируемых техногенных объектов. Создание специальных транспортных коммуникаций обеспечивает опережающее вскрытие запасов, управление потоками отходов различного фазового состояния, проходку открытых и подземных выработок, позволяющих долговременно осваивать участок недр.

5. Формирование в теле отвала емкостных сооружений для размещения текучих отходов горно-перерабатывающего производства требует создания инженерно-защитной системы изоляции отходов по принципу комбинированных завес с противofильтрационными экранами, прочностные и изоляционные характеристики которых обеспечиваются использованием скальных и рыхлых пород с коэффициентом фильтрации не более 0,001 м/сут.

6. Реализация принципа совокупного использования природных и техногенных георесурсов, обеспечивающего устойчивое развитие горнотехнических систем и комплексное освоение участка недр, должна осуществляться на основе критерия эффективности, рассчитываемого как отношение суммарного эффекта, получаемого от использования техногенных георесурсов, к затратам на их подготовку, создание и эксплуатацию. Целесообразность совокупного использования природных и техногенных георесурсов определяется минимальными значениями критерия эффективности при: попутной рекультивации – 1,1-1,2; формировании технологических площадок и коммуникаций – 1,2-1,4; размещении отходов – 1,4.

Достоверность результатов обеспечивается: надежностью и представительным объемом исходных данных; использованием современных программных средств при разработке и проведении компьютерного моделирования; широкой апробацией результатов исследований на карьерах по добыче строительных материалов, руд черных и цветных металлов; подтверждается согласованностью данных, полученных различными методами исследования, между собой и с данными практики; положительными результатами применения научно-методических положений диссертации при промышленной апробации разработанных технологических решений на карьерах Урала.

Научная новизна:

1. Принцип совокупного использования природных и техногенных георесурсов, заключающийся в совместном обосновании режима открытых горных работ и параметров создаваемых техногенных объектов при отработке запасов крутопадающих месторождений в соответствии с предпочтительным вариантом использования техногенных объектов, определяемым на основании предложенного критерия эффективности.
2. Методика обоснования условий устойчивого развития горнотехнической системы, включающая определение ценности формируемых техногенных георесурсов в зависимости от их вида, вместимости, характеристик объема горных пород и иных материалов, необходимых для создания объекта, и позволяющая провести совместную оптимизацию объемов добычных и вскрышных работ с объемами и

параметрами техногенных георесурсов и технологических схем их формирования, с учетом класса опасности и агрегатного состояния размещаемых отходов.

3. Классификация технологических схем совокупной эксплуатации природных и техногенных георесурсов по виду создаваемых объектов, позволяющая на разных этапах освоения месторождений определить очередность вовлечения в разработку отдельных участков не только с целью вскрытия и подготовки запасов минерального сырья, но и для заблаговременного развития работ на участках с требуемыми физико-механическими свойствами горных пород и потребительскими характеристиками формируемых техногенных георесурсов.

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследования; проведении теоретического анализа и разработке направлений формирования и использования техногенных георесурсов при освоении запасов крутопадающих месторождений, обеспечивающих компенсацию негативного влияния открытых горных работ; обосновании технологических схем открытой разработки месторождений с одновременной добычей минерального сырья и формированием техногенных георесурсов с заданными характеристиками; обосновании методологических принципов проектирования устойчивого развития горнотехнической системы при добыче твердых полезных ископаемых открытым способом; разработке алгоритмов, программ для моделирования процессов формирования техногенных емкостей с заданными технологическими характеристиками; проведении научных и опытно-промышленных экспериментов, обработке, интерпретации и апробации результатов исследований, анализе и обобщении полученных результатов, подготовке публикаций.

Практическая значимость диссертации состоит в конструировании технологических схем совокупной эксплуатации природных и техногенных георесурсов и обосновании их параметров, обеспечивающих совместное ведение горных работ по добыче полезных ископаемых, а также формировании и использовании техногенных объектов на медно-колчеданных и золоторудных месторождениях Урала: Учалинское, Гайское, Семеновское; в разработке рекомендаций по формированию техногенных георесурсов с заданными потребительскими свойствами при

использовании роботизированного горнотранспортного оборудования применительно к условиям отработки разреза Коркинский.

Научное и практическое значение работы подтверждено ее выполнением при поддержке гранта Российского научного фонда №14-37-00050 и в рамках госзаданий Минобрнауки РФ 5. 8708.2017/8.9 и №5.8708.2017/БЧ (2017-01ГЗ).

Реализация результатов исследования:

Результаты и научно-практические рекомендации диссертации использованы в проектах разработки месторождений «Юбилейное», «Восточно-Семеновское», «Худолазское»; при формировании и эксплуатации горнотехнических сооружений в качестве емкостей для накопления отходов и использования пород вскрыши для наращивания дамбы хвостохранилища на горных предприятий Урала, которые прошли опытные испытания в условиях ООО «Семеновский рудник», ООО «Башкирская медь» и АО «Сибайский ГОК». Эффективность разработанных технологий подтверждена актами внедрения с указанием достигнутого экономического эффекта.

Также основные научные положения и практические решения диссертации использованы в научно-методическом обеспечении учебного процесса по дисциплинам: «Проектирование карьеров», «Рациональное использование и охрана природных ресурсов», «Комплексная оценка технологических решений», «Технология и комплексная механизация открытых горных работ», «Процессы открытых горных работ» специальности 21.05.04 – Горное дело, «Открытые горные работы», при подготовке авторского курса «Геотехнологические способы разработки месторождений полезных ископаемых» для подготовки аспирантов по направлению 21.06.01 – Геология, разведка и разработка полезных ископаемых, профилю 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (г. Москва, 2007, 2008, 2011, 2016-2018 гг.); IV, V, VI, VII, VIII, IX международной научно-технической конференции «Комбинированная геотехнология» (г. Сибай, 2007,

2009 гг., г. Магнитогорск, 2011, 2013, 2015, 2017 гг.); конференции «Проблемы открытой разработки месторождений полезных ископаемых» (г. Екатеринбург, 2007 г.); V Международной научно-практической конференции «Проблемы индустриального инновационного развития горнодобывающих отраслей промышленности и мировая геополитика освоения хризотилового волокна» (Казахстан, г. Житикара, 2010 г.); IV Международной научно-практической конференции «Управление отходами - основа восстановления экологического равновесия промышленных регионов России» (г. Новокузнецк, 2012 г.); VII Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Проблемы недропользования 2013» (г. Екатеринбург, 2013 г.); II международной научно-практической конференции «Открытые горные работы в XXI веке» (г. Красноярск, 2015 г.); III, IV Международном форуме «Эффективность и безопасность горнодобывающей промышленности» (г. Челябинск, 2017, 2018 гг.).

1 ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА И ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ

1.1 Современное состояние и перспективные направления обеспечения устойчивого развития горнотехнических систем при открытой разработке месторождений

Методология проектирования горнотехнической системы при разработке крутопадающих месторождений твердых полезных ископаемых предполагает обеспечение комплексности и полноты освоения исключительно запасов полезных ископаемых, с соблюдением требований промышленной и экологической безопасности. Негативное влияние на эффективность работы горнодобывающих предприятий оказывают общемировые тенденции снижения природного качества добываемого минерального сырья по всем видам природных георесурсов, усложнение горнотехнических условий разработки, рост уровня общественного сознания и экологических требований к горно-перерабатывающему комплексу, а также динамика и амплитуда изменения цен на его конечную продукцию. В России рост эффективности горного производства осложняется обширными территориями в совокупности с низкой плотностью населения, что не позволяет в полной мере использовать весь комплекс горных пород, особенно малоценных, извлекаемых и перерабатываемых в процессе освоения запасов месторождения.

Это приводит к тому, что на горную промышленность приходится более 90% всех образующихся отходов в стране и до 40% от всех нарушенных земель. Только в Уральском федеральном округе общий объем отвалов вскрышных пород и хвостохранилищ превышает 8,5 млрд м³. При этом объемы выработок в земной поверхности сопоставимы по значению, а площади земель, занятые под размещение данных объектов, превышают 200 тыс. га. Отвалы вскрышных пород, хвостохранилища, выработанные пространства карьеров представляют собой горнотехнические сооружения, сформированные в процессе ведения горных работ и имеющие потенциальную ценность.

На сегодняшний день ситуация в горнодобывающей промышленности характеризуется как крайне сложная, поскольку большинство крупных по запасам ме-

сторождений твердых полезных ископаемых либо отработаны, либо находятся на стадии доработки, а ввод в эксплуатацию новых требует использование иного, отличающегося от существующего, подхода к открытым горным работам. В первую очередь это подтверждается тем, что в рамках действующих и проектируемых карьеров не в полной мере реализуются обоснованные решения, направленные на обеспечение комплексности освоения участка недр Земли, а относятся к освоению запасов месторождения. Это приводит к высокой себестоимости добычи полезных ископаемых, вызванной ведением горных работ на глубоких горизонтах, в условиях перехода от открытой к подземной геотехнологии, необходимостью отчуждения значительных площадей земли для размещения вскрышных пород и некондиционных руд. Одной из основных статей затрат в себестоимости добычи руд черных и цветных металлов является отвалообразование, которое предполагает не только затраты на перемещение вскрышных пород от забоя до отвала, но и плату за аренду земельных участков, которые в большинстве случаев после рекультивации фактически выбывают из оборота, поскольку полностью теряют ценность для сельского хозяйства, промышленности и иных отраслей экономики страны. В совокупности обозначенные факторы не позволяют реализовать при освоении месторождений твердых полезных ископаемых принципы устойчивого развития [246, 262, 245, 121, 236, 217, 83, 258, 250], согласно которым функционирование горнотехнических систем должно обеспечить не только существование общества без угрозы будущим поколениям удовлетворять свои потребности, но и с учетом современных тенденций обеспечить неопределенно долгое освоение участка недр, в том числе и не связанное непосредственно с добычей.

В работе под устойчивым развитием понимается комплекс стратегических инициатив, обеспечивающих эксплуатацию осваиваемого участка недр неопределенно долго, путем первоначального проектирования этапов перехода от одного вида геотехнологий к другому в ходе освоения месторождений.

В подтверждение этого следует отметить, что сегодня только на территории Уральского Федерального округа действует более 300 предприятий по добыче и переработке твердых полезных ископаемых, при этом площадь земель, нарушен-

ных горными работами и занятых под размещение отвалов, складов и накопителей отходов превышает 30 тыс. га [38]. Следует отметить, что в наибольшей степени вредное воздействие на окружающую природную среду оказывают внешние отвалы пород, занимающие до 50-70% нарушаемой поверхности [207].

Несмотря на обозначенные негативные аспекты добычи полезных ископаемых открытым способом, он является генеральным направлением развития горнодобывающих отраслей промышленности России и сохраняется для обеспечения топливом и минеральным сырьем потребностей энергетики, черной и цветной металлургии, химической индустрии, строительства, машиностроения, вычислительной техники, коммунально-бытового и сельского хозяйств и др. (рисунок 1.1)

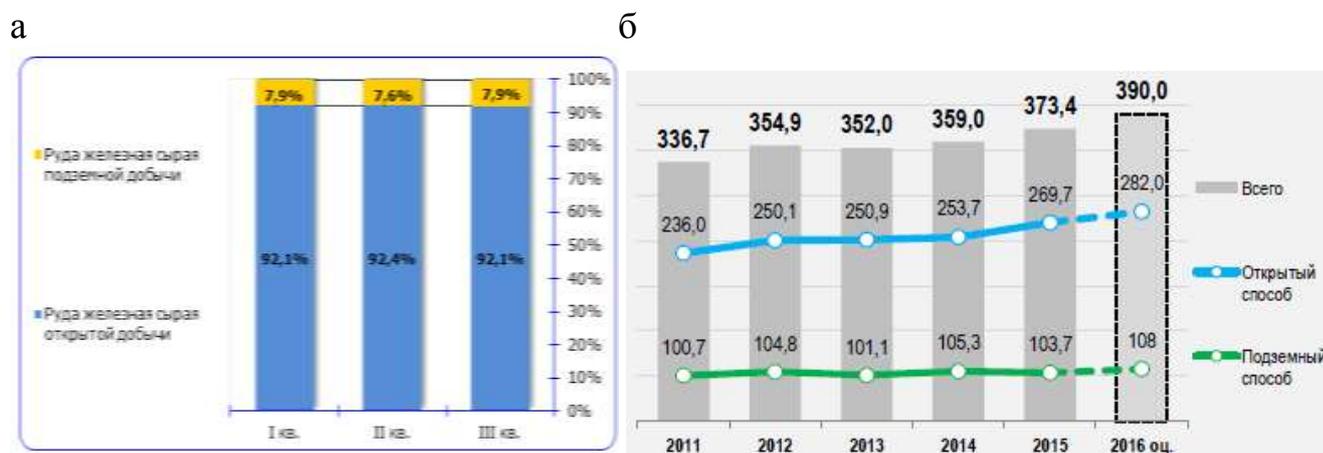


Рисунок 1.1 – Структура добычи железной руды (а) и угля (б)

Исторически сложилось, что активное развитие открытых горных работ началось с вовлечения в разработку крупных месторождений полезных ископаемых, характеризующихся высоким содержанием основного компонента при использовании высокопроизводительного горнотранспортного оборудования. По мере совершенствования техники и технологии не только добычи, но и обогащения минерального сырья произошло внедрение технологии извлечения попутных полезных ископаемых совместно с основным компонентом, это позволило значительно повысить эффективность открытых горных работ без существенного изменения технологических схем и применяемого оборудования.

В начале 80-х годов XX века в стране около 40% промышленных капиталовложений проходило по направлению «Горное дело», в нем было сосредоточено 30% производственных фондов и занято 18% трудовых ресурсов [237].

Наибольший удельный вес открытого способа добычи руд черных металлов наблюдался в рамках развития железорудной базы черной металлургии бывшего СССР в период с 1981 по 1991, в это время наблюдалась возрастающая доля крупномасштабных карьеров и увеличение глубины разработок.

К 1999 г. для удовлетворения потребности металлургии в сырье горнорудная промышленность разрабатывала 26 месторождений железных руд, 160 месторождений цветных металлов, одно месторождение хромовых руд, десятки месторождений нерудного металлургического сырья. Согласно статистическим данным России принадлежит одно из ведущих мест по добыче бокситов (62,7 % от общей добычи во всех странах СНГ), меди (52,8 %), никеля (91,4 %), кобальта (79,6 %), олова (98,8 %) и плавикового шпата (87,4 %) [85].

Широкое применение получил открытый способ разработки в цветной металлургии. До распада Советского Союза к 1991 г. этим способом разрабатывалось 60 месторождений цветных и редких металлов и 7 месторождений – комбинированным способом. Карьерами добывалось 62% руд этой базовой отрасли народного хозяйства, которая производила все цветные и редкие металлы, сплавы, прокат, полупроводниковые материалы, фольгу, углеграфитовую продукцию, серную кислоту, баритовые и пиритные концентраты, минеральные удобрения, поташ, соду, цемент и другие виды товарной продукции.

Добыча горно-химического сырья до 1991 г. осуществлялась 35 карьерами и 20 рудниками, удельный вес открытого способа превышал 55%. В настоящее время большая часть данных карьеров находится на стадии доработки.

Промышленность строительных материалов России и стран СНГ на 99% обеспечивается сырьем, добываемым открытым способом. При этом годовой объем открытых горных работ в период с 1981 по 1991 гг. составил около 2 млрд м³ [219].

В настоящее время открытым способом также разрабатываются все уникальные месторождения алмазов и добывается около 20 % урана.

Согласно Государственному балансу запасов на 01.01.2015 г. Россия располагает 172 месторождениями железных руд с разведанными запасами 56,6 млрд т со средним содержанием железа 35,87 %. Большая часть этих запасов – 87 % сосредоточены в 35 крупных месторождениях, 16 из которых разрабатываются, а 19 составляют государственный резерв. Из освоенных крупных месторождений 10

разрабатываются открытым способом.

При открытом способе добычи твердых полезных ископаемых на дневной поверхности происходит складирование и накопление отвалов вскрышных и вмещающих пород, объем которых, в некоторых случаях, сопоставим с размерами разрабатываемого карьера. Особенно это актуально при разработке крупных и средних месторождений при использовании высокопроизводительного оборудования. Это обусловлено не столько значительным коэффициентом вскрыши, сколько с низким содержанием полезного компонента. В течение последних нескольких пятилетий качество добываемых полезных компонентов постоянно снижалось, по разным компонентам это снижение составляет от 0,5 до 5 %, например по железу – до 3-5 % в год [240].

Несмотря на то, что периодически происходит открытие новых месторождений с высоким содержанием полезных компонентов, среднее содержание в разрабатываемых запасах неуклонно снижается. В период с 1925 по 1971 гг. среднее содержание металла в рудах снизилось: меди — с 2,1 до 0,6%; свинца — с 2,7 до 0,6%; цинка — с 4,6 до 4%; олова — с 1,2 до 0,4%. Среднее содержание золота в месторождениях Якутии снизилось в период 1970-1990 гг. в 2-2,5 раза. Если в 1940 г. в Кривбассе добывали руды, содержащие 62-67% железа, то в 60-е годы все ГОКи этого бассейна проектировали на руды, содержащие 32-37% железа. Среднее содержание меди в последние 100 лет в разрабатываемых медно-порфировых месторождениях США снизилось с 2 до 0,5% [122].

Следует отметить, что 18.12.2013 г. на территории Челябинской области был запущен в эксплуатацию Михеевский ГОК, построенный на одном из крупнейших медных месторождений в России: международной независимой аналитической консультационной группой CRU «Михеевское» включено в число 50 крупнейших медных месторождений мира. Медно-порфировые руды здесь содержат медь, золото, серебро. Содержание металлов в руде низкое, поэтому для эффективной работы требуются большие объемы переработки. Эксплуатационные запасы руды на месторождении достигают 400 млн т с перспективой доразведки в южном направлении. На месторождении построен один из самых больших в России медных горно-обогатительных комбинатов по переработке до 18 млн т медной руды в год [248]. В настоящее время проходит согласование с общественно-

стью и государственную экспертизу предприятие по добыче и переработке аналогичных по типу руд месторождения «Томинское», расположенного в 25 км от г. Челябинск. Проектная мощность Томинского ГОКа составит 28 млн т медной руды в год при запасах руды 331,1 млн т [249]. На указанных месторождениях среднее содержание меди, как основного компонента, не превышает 0,5%. Разработка таких месторождений требует отчуждения значительных по площади территорий непосредственно под карьер, отвалы вскрышных пород и хвостохранилища. Площадь земли для строительства хвостохранилища Томинского ГОКа составит 721,9 га, при площади карьера по верхней бровке – 237,2 га. Суммарная площадь земель, которые будут задействованы при добыче и переработки руды Томинского месторождения, составит около 1,5 тыс. га [92].

К сожалению, приходится констатировать, что на действующих и проектируемых горнодобывающих предприятиях отвалы вскрышных и вмещающих пород складированы без учета возможности их дальнейшего использования не только в краткосрочной, но и долгосрочной перспективе для производства готовой продукции, востребованной на рынке, за исключением некоторых карьеров строительного материала. Особенно четко данная тенденция прослеживается на крупных горнодобывающих предприятиях страны.

Одними из крупнейших в России горно-обогачительных комбинатов с открытым способом разработки являются Михайловский, Лебединский, Стойленский, в 2002 г. ими соответственно добыто 38,5, 44,2 и 24,2 млн т сырой руды [196].

Средневзвешенная глубина по замкнутому контуру крупных карьеров - Оленегорского, Ковдорского, Костомукшского, Михайловского, Лебединского, Стойленского, Качканарского и Коршуновского ГОКов, на которых добывается 87,5 % от общего объема железной руды в России, составила в 1990 г. – 178, в 1995 г. – 197, в 2001 г. – 259 м, т. е. за 11 лет увеличилась на 81 м.

При этом основная нагрузка при снабжении железорудным сырьем приходится на предприятия с открытым способом разработки, которые добывают 92 % всей руды [196].

В соответствии с прогнозами экспертов, крупным железорудным карьерам России в ближайшем будущем предстоит работать на глубинах 500-800 м [92, 196, 199]. С углублением карьеров наблюдается существенное изменение ланд-

шафта местности, в том числе и за счет складированных на поверхности Земли вскрышных пород.

Статистические и прогнозные показатели свидетельствуют о том, что с каждым годом горно-геологические и горнотехнические условия разработки открытым способом усложняются. Крупные по запасам месторождения либо истощены, либо находятся в стадии доработки, а средние и малые – нерентабельны при использовании существующего подхода и технологий добычи и переработки добываемых полезных ископаемых. Как следствие, на современном уровне развития геотехнологии на единицу добытого из недр твердого полезного ископаемого приходится от 1,1 до 6,6 единиц вскрышных пород, складированных на поверхности Земли. В связи с этим масштаб экологического воздействия возрастает значительно быстрее, чем добыча собственно полезных ископаемых. При этом главная особенность функционирования горно-перерабатывающего комплекса при добыче минерально-сырьевых ресурсов заключается в перераспределении в объеме литосферы и на земной поверхности значительных масс горных пород, в последнее время соизмеримых по своей величине с объемом вещества, находящегося в биологическом обороте нашей планеты [17, 148].

Одно из очевидных решений сложившейся проблемы – создание производств без выбросов и снижение объемов изъятия первичных ресурсов за счет разработки технологий, обеспечивающих их эффективное использование.

Следует отметить, что создание полностью безотходных производств является весьма сложным и длительным процессом, требующим значительных затрат финансов и времени, однако они в полной мере реализуют принципы устойчивого развития. По оценке специалистов, это доступно не более 2 % стран [214]. При этом данная оценка была выполнена для предприятий горнодобывающей отрасли, которые характеризуются значительными распределенными в пространстве объектами, при традиционном подходе негативным воздействием на окружающую среду.

В мировой практике в качестве промежуточного этапа решения указанной проблемы является создание малоотходных производств, основная суть которого, для большинства предприятий, сводится к применению очистных сооружений. Однако строительство и эксплуатация очистных сооружений является не самым эффективным путем, так как он обусловлен высокой стоимостью и энергоемко-

стью. Кроме того, возникает необходимость использования дополнительных больших площадей для хранения отходов, полученных при их эксплуатации, которые могут стать вторичным источником загрязнения окружающей среды. Возможность реализации такого подхода оценивается как «доступная» для 20 % стран [52]. Следует отметить, что возможность использования очистных сооружений в масштабах горно-перерабатывающего комплекса ограничена исключительно мобильным горнотранспортным оборудованием, а также пунктами выбросов твердых, жидких и газообразных отходов, таких как хвосты обогащения, газы от сжигания энергоносителей, карьерных и шахтных вод в окружающую среду. При этом применение очистных сооружений не способно решить проблему складирования на дневной поверхности отвалов вскрышных пород, некондиционных руд и иных техногенных образований.

В соответствии с приоритетными технологиями освоения и использования георесурсов, являющимися основой ряда критических геотехнологий федерального уровня, применение малоотходных технологий при разработке месторождений открытым способом обеспечивает максимально возможное сокращение или исключение твердых, жидких и газообразных видов отходов или наиболее полное их использование. Наиболее перспективными, с точки зрения краткосрочной перспективы их внедрения на горных предприятиях, является использование наземных сооружений для захоронения отходов промышленных предприятий и крупных городов [211].

Техногенные образования, формируемые при ведении открытых горных работ, такие как выработанное карьерное пространство и отвалы горных пород, по-прежнему, в подавляющем большинстве, сегодня являются отходами производства, на которые приходится основная доля себестоимости продукции. Следует отметить, что затраты на данные объекты не являются разовыми в процессе добычи и возникающими непосредственно в процессе их формирования, поскольку требуют значительных затрат на проведение технических работ по их консервации, ликвидации или рекультивации после отработки всех балансовых запасов. По данным Росприроднадзора, при добыче полезных ископаемых было образовано около 4,7 млрд т отходов (рисунок 1.2). При этом прослеживается тенденция роста объема образования отходов и замедления темпов их использования и обез-

вреживания (рисунок 1.3).

а



б

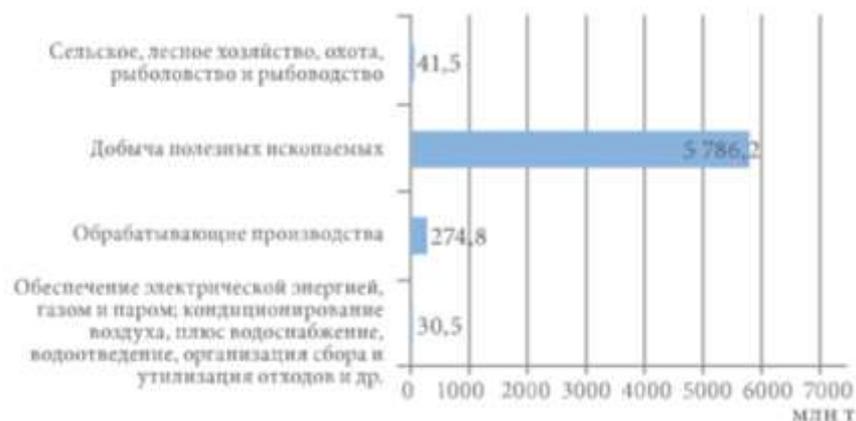


Рисунок 1.2 – Динамика показателей объема образования отходов производства и потребления в РФ и удельного образования отходов на единицу ВВП (в ценах 2011г.) в 2010-2017 гг. (а) и видам экономической деятельности в 2017 г. (б)

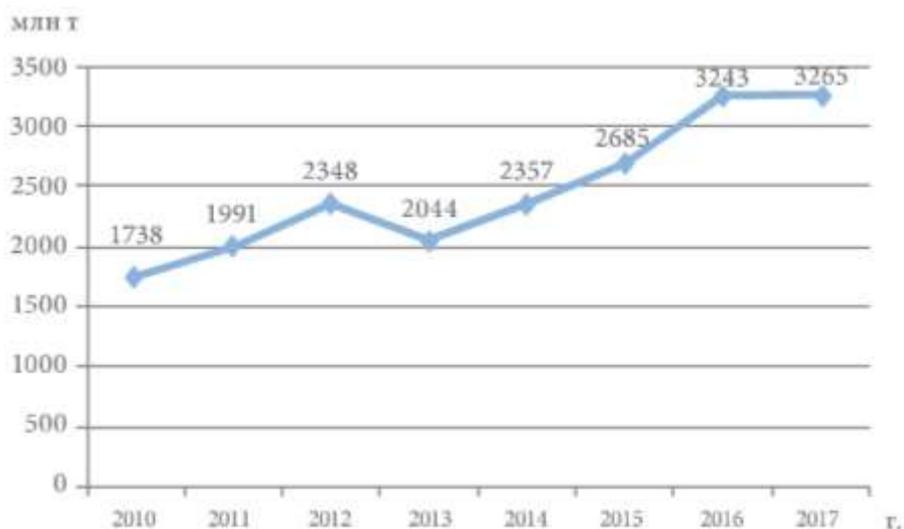


Рисунок 1.3 – Динамика утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления в Российской Федерации, 2010-2017 гг., млн т [39]

На современном этапе повышение эффективности функционирования горнодобывающих предприятий, ведущих разработку месторождений полезных ископаемых открытым способом, при совершенствовании существующего подхода практически невозможно. Причиной этого является развитие на протяжении последних десятилетий подходов по поиску и использованию внутренних резервов предприятий, совершенствованию организации производства, внедрения современного оборудования на всех стадиях разведки, добычи и переработки полезных ископаемых и ряд других направлений, затрагивающих повышение производительности работы карьера в количественных показателях. Обозначенные направления в большинстве своем приблизились к пределу их дальнейшего развития. При этом наиболее перспективным, в обозримом будущем, направлением по расширению области комплексного освоения недр Земли, за счет максимального использования ресурсов при производстве работ по добыче и переработки твердых полезных ископаемых, является формирование техногенных георесурсов с заданными потребительскими характеристиками для их последующего использования в различных отраслях экономики.

Основы подхода использования техногенных георесурсов были заложены академиком М.И. Агошковым в 1982 году и представлены в виде классификации георесурсов, в которую, помимо природных минеральных ресурсов, вошли техногенные минеральные ресурсы, тепло недр Земли и полости в недрах природного и техногенного происхождения [5]. В существующих условиях развития открытых горных работ и нормативно-правовой базы одним из востребованных видов георесурсов со стороны промышленных предприятий являются выработанные пространства карьеров для размещения отходов производства. При этом ранее не предполагалось использование данных пространств в обозначенных целях, что требует при производстве работ проработку и реализацию дополнительных мероприятий по обеспечению требований промышленной и экологической безопасности при складировании отходов. Следует отметить, что сегодня горнодобывающие предприятия способны реализовывать перспективные решения по освоению георесурсов с целью повышения эффективности своего функционирования (рисунок 1.4).

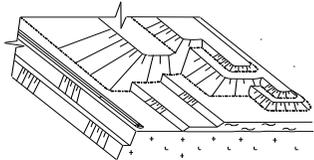
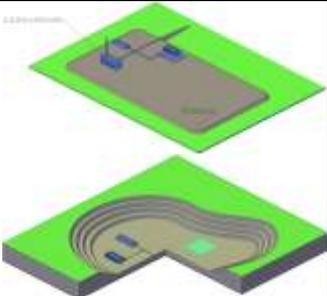
Вид георесурса	Перспективы использования	Возможные способы реализации	Реализация открытой геотехнологией
Комплексные месторождения твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых	Необходимость освоения средних месторождений с низким содержанием полезных компонентов, вовлечение мелких месторождений с высоким содержанием компонентов	Традиционные	Освоение одновременно нескольких участков с многокомпонентными рудами и размещением хвостов обогащения в отработанных карьерах
Горные породы вскрыши, размещаемые в породных отвалах и раздельно складированные в отвалах, добытые забалансовые по качеству полезные ископаемые	Формирование техногенных георесурсов с заданными потребительскими свойствами, техногенных ландшафтов, техногенных месторождений	Извлечение полезных компонентов в процессе переработки отвалов. Производство строительных материалов	
Отходы горно-обогатительного и металлургического производства, а также отработанные воды, содержащие полезные компоненты	Аналогично предыдущему	Аналогично предыдущему	
Глубинные источники пресных, минеральных и термальных вод	Запасы и качество подземных пресных вод находятся в тесной связи с масштабами, интенсивностью и технологией эксплуатации минерально-сырьевых и топливных георесурсов	Промышленное, хозяйственно-питьевое и сельскохозяйственное освоение	Подготовка территории предприятия и формирование необходимых техногенных емкостей
Глубинное тепло недр Земли	Практически неисчерпаемо по природному потенциалу, однако, ограничено по количеству – лишь в вулканических областях Земли	Теплоснабжение, геотЭС	Подготовка транспортного доступа к объектам, формирование и использование емкостей
Природные и техногенные полости в земных недрах	Естественные и искусственные полости	Аккумуляция энергии, хранение нефти, газа и воды, размещение промышленных и бытовых отходов, проведение научных наблюдений, лечебницы, объекты культурно-просветительного и спортивно-туристического назначения, объекты социально-бытового назначения, хранилища долгосрочного резерва	

Рисунок 1.4 – Перспективные технологические решения и способы их реализации открытой геотехнологией

Технологические решения, направленные на формирование и использование горнотехнических сооружений, являются одним из пунктов существующей классификации способов вовлечения в эксплуатацию выработанного карьерного пространства [35, 218]. Классификационным признаком ее является характер воспроизводства реальной части ресурса выработанного пространства, в соответствии с которым были выделены способы: без воспроизводства; с простым воспроизводством; с расширенным (дискретным и непрерывным во времени) воспроизводством выработанного пространства. Для различных классов были определены основные направления и сроки использования выработанного пространства [35, 111].

Следует констатировать, что на сегодняшний день горнодобывающие предприятия России имеют техническую возможность реализовать решения, направленные на обеспечение экологически сбалансированной геотехнологии при освоении природных ресурсов недр и формировании техногенных георесурсов в виде конечной продукции, с целью улучшения среды обитания человека и сохранения окружающей среды.

Хозяйственная деятельность человечества в области разработки полезных ископаемых оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду, и по мере развития уровня цивилизации увеличивается интенсивность данного воздействия на экосистему [51, 156, 264, 241]. Частичное снижение экологической нагрузки при разработке месторождений обеспечивается проведением рекультивационных работ и улучшением ландшафта местности [204, 205, 206, 207, 213]. При этом данные мероприятия носят исключительно восстановительный, а не упреждающий характер. В результате чего все компоненты литосферы, кроме полезного ископаемого, рассматриваются в качестве отходов горного производства и требуют применения способов и мероприятий по снижению их негативного воздействия на окружающую среду. Сложившаяся мировая тенденция восстановления нарушенных земель, в основном, сводится к размещению в выработанном пространстве карьера различных материалов, в том числе отходов производств и потребления, а также проведению рекультивационных работ в биологическом и рекреационном направлениях [43, 44, 202, 243, 34, 19].

Мнение ученых, занимающихся вопросами экологии, особенно в области горного дела, сводится к тому, что горнодобывающие предприятия неизбежно в ходе своего функционирования оказывают негативное влияние на окружающую среду, и по мере развития объемов потребления минерально-сырьевых ресурсов ситуация будет только ухудшаться в связи с увеличивающимися масштабами производства. Данное мнение абсолютно верно только при одном условии, если целью освоения недр Земли является исключительно добыча полезных ископаемых.

Проведенный в работе ретроспективный анализ ведения добычных работ открытым способом показал, что с момента становления горного дела и по мере эволюции представлений о закономерностях его развития происходило не только перераспределение ресурсов с целью эффективной отработки запасов, но и наметилась тенденция изменения целей освоения участка недр Земли, предполагающих создание и внедрение экологически сбалансированной геотехнологии (рисунок 1.5). На сегодняшний день, в рамках ведения открытых горных работ с учетом их масштаба и воздействия на участок недр Земли, ее литосферу и экологические системы, следует понимать преобразование ландшафта местности при добыче полезных ископаемых. При этом конечное состояние данного преобразования должно быть определено на стадии проектных работ по разработке месторождения. В качестве показателей конечного состояния преобразуемого участка недр могут служить характеристики факторов загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, горного массива; ретроспективные данные и прогноз изменения биологического разнообразия в зоне влияния горных предприятий.

В связи с этим **целью открытых горных работ**, в рамках внедрения экологически сбалансированной геотехнологии, следует считать комплексное освоение участка недр, направленное на повышение полноты освоения запасов при обеспечении преобразования ландшафта местности с использованием вещества литосферы для создания техногенных объектов и преобразования среды обитания человека по характеристикам не хуже исходных на момент начала производства добычных работ.

Ресурсы	Энергетические	Восполнение энергии человека, энергия первичных энергоресурсов	Восполнение энергии человека, энергия первичных энергоресурсов (для выплавки)	Использование углеводородного сырья при низком КПД (переход от двигателей внешнего сгорания к внутреннему сгоранию)	Рост потребления углеводородов и использование электрической энергии	Снижение потребления углеводородного сырья, переход к использованию источников возобновляемой энергии	Увеличение объемов использования вторичных и возобновляемых энергоресурсов
	Материальные	Примитивные орудия труда	Разработка специализированных орудий труда и средств механизации на основе научных знаний. Внедрение горных машин и механизмов	Совершенствование горных машин и оборудования с целью повышения его функциональности и надежности	Разработка новых видов и увеличение производительности и мощности существующих горных машин и оборудования	Интеграция электронных систем управления горными машинами и оборудованием	Совершенствование горных машин и оборудование с целью исключения необходимости управления их человеком
	Финансовые	Минимальное количество	Капитализация основных средств производства	Капитализация основных средств и фондов производства	Капитализация основных средств и фондов производства, финансирование нематериальных активов	Капитализация основных средств и фондов производства, увеличение нематериальных активов	Увеличение нематериальных активов, капитализация основных средств и фондов производства
	Трудовые	Рост производительности пропорционален росту трудовых ресурсов (Максимальное количество)	Рост производительности пропорционален росту трудовых ресурсов	Рост производительности обеспечен применяемыми технологиями	Требования к квалификации рабочего персонала	Требования к квалификации рабочего и обслуживающего персонала	Минимальное количество высококвалифицированного рабочего персонала (обслуживание техники и производства (проектирование, планирование ОГР))
Цель		Добыча полезного ископаемого	Максимум полезного ископаемого с участка недр	Максимум полезного ископаемого при минимуме затрат		Минимальное воздействие на окружающую среду в рамках отведенного участка недр при добыче полезного ископаемого	Преобразование участка недр Земли с целью улучшения его потребительских свойств в процессе добычи полезного ископаемого
Технологии		Ручной труд, минимальная механизация	Планирование работ, проектирование специализированных машин и механизмов	Становление системного подхода к геологоразведки, проектированию, планированию и ведению ОГР	Реализация подхода комплексного освоения запасов месторождения	Обоснование подхода комплексного освоения участка недр Земли	Реализация подхода комплексного экологически сбалансированного освоения участка недр Земли (информационные и автоматизированные системы, энергосберегающие, экологически безопасные технологии, обеспечивающие ресурсовоспроизводство)
Отходы		Горные выработки, отвалы	Горные выработки, отвалы	Горные выработки, отвалы	Горные выработки, отвалы	Горные выработки, отвалы (минимальное количество)	Отсутствуют
Продукция		Монокомпонент	Монокомпонент	Несколько компонентов	Несколько компонентов, продукция переработки вскрышных пород	Несколько компонентов, продукция переработки вскрышных пород	Максимальное количество полезных компонентов, продукция переработки вскрышных пород, самостоятельные объекты промышленного и социального назначения
Требования		Качество добытого полезного ископаемого	Качество добытого полезного ископаемого	Качество добытого полезного ископаемого	Качество добытого полезного ископаемого	Качество добытых полезных ископаемых	Качество добытого полезного ископаемого, потребительские свойства горнотехнических
Период		VII век до н.э.	VII век до н.э. - начало XIX века	Начало XX века	Середина XX века	Начало XXI века	Обозримое будущее

Рисунок 1.5 – Ретроспективный анализ состояния открытых горных работ

Таким образом, современное состояние открытых горных работ следует охарактеризовать как переходное от экстенсивного к интенсивному пути развития за счет возможности и формирования, в качестве неотъемлемого условия разработки месторождений полезных ископаемых, техногенных георесурсов, использование которых обеспечит неопределенно долгое освоение участка недр Земли. Это позволит реализовать внедрение экологически сбалансированной геотехнологии, направленной на управление минерально-сырьевыми потоками с целью прогнозирования и внесения корректировок в процессы добычи полезных ископаемых и утилизации продуктов переработки природного и техногенного сырья при локализации источников загрязнения окружающей природной среды, что обеспечит устойчивое развитие горнотехнических систем и при разработке крутопадающих месторождений, в частности.

При этом устойчивое развитие горнотехнической системы может быть достигнуто прямым воздействием или дополнительными технологическими процессами на осваиваемый участок недр, с использованием всех доступных ресурсов, что обеспечивает целенаправленные изменения условий и качества формирования техногенных образований, а также создание новых георесурсов с переводом их из разряда потенциальных в реальные.

В практике, на ряде горнодобывающих предприятий страны успешно реализованы принципы устойчивого развития, что подтверждается использованием выработанных пространств карьера для размещения собственных или сторонних отходов производства. Однако для полномасштабного тиражирования и внедрения принципов устойчивого развития горнотехнических систем необходимо изменение подхода к проектированию и ведению открытых горных работ, выбору систем вскрытия, формированию карьерного пространства и отвалов горных пород, в частности, а также замене природных ресурсов повторно используемым сырьем горного и обогатительного производств, то есть целенаправленному формированию техногенных объектов в соответствии с заранее заданными потребительскими свойствами.

1.2 Опыт использования выработанного пространства карьеров и техногенных ландшафтов отвалов вскрышных пород для формирования горнотехнических сооружений

Практически все горнодобывающие предприятия на разных стадиях функционирования рассматривают возможность использования выработанного пространства карьера. Однако использование выработанного пространства карьеров сводится исключительно к организации внутреннего отвалообразования. Это в первую очередь объясняется стремлением снизить эксплуатационные затраты на добычу за счет сокращения транспортных расходов на перемещение пород вскрыши. Кроме того, данные решения обеспечивают снижение потребности в площадях земельных отводов горнодобывающих предприятий, особенно это актуально становится в последние годы.

Отечественная горнодобывающая промышленность располагает многочисленными примерами использования отработанных карьеров в качестве емкостей для размещения в них внутренних отвалов. Одним из примеров может служить карьер «Объединенный», в котором ранее добывались медно-цинковые руды. Его отличительными особенностями являются небольшие размеры в плане (1500 × 800 м), широкий диапазон прочностных свойств отвальных пород, значительная глубина до 180 м, при этом доставка вскрышных пород на борт карьера осуществлялась железнодорожным транспортом [62]. Известен опыт засыпки «Алексеевского» карьера ОГОКа [65].

Наиболее значительным опытом использования выработанного пространства карьеров при разработке проектов рекультивации с отвалообразованием в отработанные карьерные выемки располагает ОАО «Институт Уралгипроруда» [75]. Примером является проект рекультивации нарушенных земель месторождения огнеупорных глин Болото Большой Падун (Богдановичский район, Свердловская область). Основные мероприятия по рекультивации земель участка Болото Большой Падун были направлены на защиту земель от воздействия антропогенных факторов и включали в себя восстановление утраченных почвозащитных и водорегулирую-

щих свойств древесно-кустарниковой растительности, а также улучшение рельефа местности. Проектом предусматривается складирование пород рыхлой вскрыши в выработанное пространство карьера и заполнение вскрышными породами существующих отработанных неглубоких карьеров и горных выработок. Начиная с первого года эксплуатации карьера предусмотрено формирование отвалов скальной и рыхлой вскрыши на поверхности за пределами карьера. После шестого года работы карьера предусматривается внутреннее отвалообразование в выработанное пространство. Верхние уступы карьера после его отработки выколаживаются по северному борту под углом 12° , остальные – под углом 30° . В процессе эксплуатации карьера текущая скальная порода отсыпается с опережением и покрывается текущей рыхлой вскрышей. Скальная и рыхлая вскрыша из отвалов на поверхности перемещается автотранспортом во внутренний отвал. На момент окончания горных работ временно занимаемая под внешние отвалы территория полностью освобождается и на ее площади проводятся мероприятия по рекультивации.

Существует опыт частичного восстановления ранее имеющегося рельефа заполнением выработанного пространства карьера шлаками металлургического производства. Данная технология была использована при разработке проекта рекультивации Центрального известнякового карьера Аккермановского месторождения флюсовых известняков (Гайский р-н, Оренбургская обл.). Дно и откосы карьера изолировались слоем глины мощностью не менее 1 м для предотвращения загрязнения подземных вод. После достижения проектных отметок отсыпанная поверхность шлаков также перекрывалась экранирующим слоем глины мощностью не менее 0,5 м. С целью снижения пыления шлаков в процессе размещения их в карьере глиняный экран на поверхности создавался параллельно продвижению работ по засыпке [242].

Аналогичным примером размещения в выработанном пространстве карьера металлургических шлаков является карьер «Западный» горы Магнитной. Данный карьер разрабатывался с 1929 по 1984 гг., в настоящее время добычные работы не ведутся. Глубина карьера от условной отметки составляет 450 м, разделяющей

глубинную и нагорную части – 105 м. Площадь нарушенных земель карьером «Западный» равна 261,5 га, объем горной массы, добытой из выработанного пространства, – 155 млн м³. Технология производства работ по засыпке карьера – комбинированная. Мусор и отходы металлургического производства транспортируются железнодорожным транспортом до перегрузочного склада. Со склада металлургический шлак отгружаются экскаватором ЭКГ – 5 в большегрузные автосамосвалы БелАЗ –7555 и транспортируется на сепарационную установку АМКМ для извлечения металлосодержащей фракции. В результате переработки предприятие получает сырье для металлургического производства и шлаковый щебень, который используется для рекультивации выработанного пространства карьера. Основные параметры системы работ: высота отвала – 30 м, высота яруса 20 м, поперечный уклон 3⁰, угол проектируемого борта не более 18° [93]. Результаты размещения материалов переработки металлургических шлаков в выработанном пространстве карьера Западный в период с 2010 по 2015гг. представлен на рисунке 1.6. По исчерпанию емкости карьера «Западный» ПАО «ММК» планирует осуществлять размещение продуктов переработки металлургических шлаков в выработанном пространстве карьера «Восточный». Для этой цели в настоящее время производятся предварительные проработки по возможности реконструкции железнодорожных путей и станций в районе карьера «Восточный» и строительства дополнительного выгрузочного тупика длиной 420 м.

Наиболее широкий опыт эффективного применения внутреннего отвалообразования представлен в угольной промышленности. Этому способствуют большая протяженность угольных месторождений и значительные объемы вскрышных пород, вынимаемых при эксплуатации данных месторождений. На карьерах концерна «Кузбассразрезуголь» при отработке крутых угольных пластов, по состоянию на 1995 г., объем вскрышных пород, направляемых во внутренние отвалы, достиг 85,4 млн м³. При этом объем внутреннего отвалообразования постоянно возрастал [205].



(состояние на 01.10.2010 г.)



(состояние на 01.06.2018 г.)

Рисунок 1.6 – Панорамный вид со смотровой площадки на карьер «Западный»

Внутреннее отвалообразование реализовано при доработке Коркинского бу-роугольного месторождения на Урале [167]. Необходимость в заполнении внут-реннего пространства вскрышными породами на месторождении «Коркино» вы-звана отсутствием площадей под внешние отвалы и невозможностью наращива-ния высоты уже существующих на отведенных площадях земли, которые факти-чески достигли проектных контуров. Согласно проектным решениям, предложена опережающая отработка запасов восточного участка. Далее на этом месте преду-сматривается отсыпка внутреннего отвала, начиная с нижних горизонтов карьера.

Существует опыт использования внутреннего пространства карьера для внутреннего отвалообразования при разработке наклонных и крутопадающих угольных месторождений Кузнецкого бассейна, чему способствовали условия за-легания угольных месторождений, их горно-геологические условия. Большинство угольных карьеров либо имело значительные размеры в плане, либо представлено отдельными участками, расположенными в непосредственной близости друг от друга. В результате их отработки было сформировано значительное количество карьеров, в которые впоследствии появилась возможность складировать вскрыш-ные породы [167].

Еще в 1959 г. В.Ф. Барабановым, П.И. Томаковым, И.И. Дергачевым было предложено использовать выработанное пространство карьера для внутреннего отвалообразования на угольном карьере «Прокопьевский № 8» Кузнецкого бас-сейна [11, 208]. Был обоснован способ разработки угольного месторождения с внутренним отвалообразованием на основе сплошной поперечной системы разра-ботки. Первоначально предложено создание карьерной выработки на проектную глубину карьера, которая впоследствии используется для размещения вскрышных пород разрабатываемого карьера. Данную выработку авторы назвали карьером первой очереди [11, 208]. Перемещение вскрышных пород при строительстве ка-рьера первой очереди предусмотрено во внешние отвалы.

Практика использованя выработанного пространства для размещения вскрышных пород на рудных карьерах, особенно на крутопадающих месторожде-ниях, не получила широкого распространения. Существуют отдельные примеры использования для размещения вскрышных пород соседних, ранее отработанных карьеров, при этом отработанные карьеры расположены на незначительном рас-

стоянии от действующих. Так было использовано выработанное пространство карьера Старый Сибай Башкирского медно-серного комбината, Гологорского карьера комбината «Магнезит», Юго-восточного участка на Учалинском ГОКе, карьеров объединений «Севбокситруда», «Южуралникель», Донского ГОКа и др. [167].

Комбинат «Магнезит» для размещения вскрышных пород Карагайского карьера использовал Гологорский карьер, характеризующийся объемом 34 млн м³, глубиной 144 м, размерами в плане 800x500 м; который располагался практически вплотную к Карагайскому карьере. С 1974 г. в него начали размещать вскрышные породы. Отсыпка осуществлялась в частично затопленное пространство, так как водоотлив в карьере был ликвидирован. Развитие отвала производилось в основном с западного борта, узкой полосой вдоль южного борта. После заполнения карьера до естественной отметки рельефа началось наращивание отвала в высоту, которое значительно превысил господствующий уровень поверхности местности [167-170].

В отечественной промышленности имеется опыт складирования отходов обогащения в естественных и техногенных емкостях, однако данный опыт в ряде случаев имел негативные последствия по причине аварий, произошедших при переполнении вместимости емкостей с обводненными отходами, указывающих на полное или частичное разрушение ограждающих дамб [110].

На Гайском руднике с 2005 года осуществляется сброс хвостов обогащения в выработанное пространство карьера №2 в рамках проекта по его гидрорекультивации. С 2009 года на обогатительной фабрике перерабатывается 4281 тыс. т руды из подземного рудника и 1351 тыс. т руды из карьера. В результате обогащения руды получено 452,9 тыс. т медного концентрата, 12,23 тыс. тонн цинкового концентрата и 5191 тыс. т отходов обогащения в виде хвостовой пульпы, размещенных в карьере № 2. В настоящее время ведутся работы по реконструкции Гайской обогатительной фабрики с целью вывода ее на производственную мощность в 9 млн т руды в год. Что приведет к увеличению объемов хвостов и возникновению сложностей с поиском мест для их размещения по причине исчерпания емкости карьера №2 в ближайшие несколько лет.

Наибольшим опытом использования выработанного пространства карьера для размещения отвальных хвостов обогатительных фабрик имеет Высокогорской

ГОК. За свою деятельность Высокогорский ГОК [30] использовал в качестве хвостохранилищ 8 карьеров: Черемшанский, Каменский, Северо-Лебяжинский известковый, Главный и др.

Заполнение Черемшанского карьера, который находится на расстоянии более 2 км от зоны ведения подземных горных работ, не вызвало никаких затруднений. Аналогичным образом осуществлены работы по размещению хвостов обогащения в Северо-Лебяжинском известковом карьере, несмотря на то, что его южная граница находится в 250 – 300 м к северу от зоны обрушения Лебяжинского рудника. Тем не менее низкая интенсивность трещиноватости известняков, отсутствие карстов и крупных тектонических зон между карьером и зоной обрушения обусловили низкие водопритоки в подземные выработки рудника.

В 1968 году Каменский карьер на момент окончания отработки имел глубину 120 м (отметка дна +95 м), был переоборудован под хвостохранилище наливного типа и заполнялся хвостами до 1975 года, а затем до 1986 года хвостохранилище было законсервировано. Хвосты, размещенные в Каменском карьере, были образованы при переработке магнетитовых руд шахт Естюнинская и Магнетитовая, а также магнетит-мартитовых руд Главного карьера, которые содержали до 20-30 % примесей пылевато-глинистого материала, который на дне карьера выполнял роль противодиффузионного экрана.

Заполнение карьера было приостановлено в 1975 г. при отметке зеркала воды +170 м. В период с 1975 по 1977 гг. произошло осветление воды в хвостохранилище с образованием водоема глубиной до 3 м. Этот водоем, превратившийся в место купания, просуществовал до осени 1978 г. при неизменной отметке зеркала воды, в то время как в наблюдательных скважинах, пройденных в борту карьера, уровень воды за этот же период снизился до отметки +90 м [50].

В 1986 г. было начато повторное заполнение Каменского карьера. К этому моменту восточный борт и около 30% площади хвостохранилища, попавшей в зону сдвижения, просели на 0,3 - 1,0 м, что привело к необходимости отсыпки ограждающей дамбы высотой до 3,5 м на подработанном участке борта карьера. После начала повторного заполнения карьера водопритоки в шахту Магнетитовую в ходе повторного заполнения Каменского карьера практически не изменились и остались на уровне 200 – 300 м³/ч. Заполнение Каменского карьера хвоста-

ми обогащения магнетитовых руд продолжалось до 1995 г., пока не было запущено в эксплуатацию хвостохранилище в Главном карьере. Уровень воды в прудке к этому моменту поднялся до отн. +200 м, а верх пляжа – до отн. 203 – 205 м. Глубина прудка возросла до 3 м. В настоящее время этот прудок используется для осветления дебалансовых вод из водоотливной системы шахты «Магнетитовая» перед их сбросом в Нижне-Выйское водохранилище.

Отработка основной залежи железорудного Высокогорского месторождения, осуществлявшаяся открытым способом на протяжении более 270 лет, была завершена в 1988 г. Выемка Главного карьера имеет глубину 280 м (отметка дна – 68 м) и площадь по замкнутому контуру около 1 км².

В 1995 г. началось промышленное заполнение выемки Главного карьера хвостами мокрого обогащения. Однако в ходе эксплуатации хвостохранилища Высокогорским ГОКом сделано отступление от основного проекта: был создан только один межслоевой экран на отметке –50 м. Отсутствие экранов обусловило повышение потерь воды за счет увеличения фильтрующей поверхности и роста напора. По состоянию на 1998 г. при отметке уровня воды в карьере +19,13 м водоприток по штреку к шахте № 11 гор. –130 м составлял 1700 – 1750 м³/ч, а величина фильтрационных потерь из карьера достигала 1500 м³/ч. При этом гидрогеологическая служба Высокогорского ГОКа отмечала четкую корреляцию между подъемом уровня хвостов и ростом водопритока в шахту.

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. На 01.09.99 потери снизились до 2111 м³/ч при отметке уровня воды в карьере +28,53 м. В 2000 году ситуация стабилизировалась, и был выдан прогноз, что повтор резкого увеличения потерь воды вряд ли возможен до подъема уровня воды выше +36 ÷ +38 м, когда потери воды должны резко возрасти через зоны дробления 3 и 4. Такой прорыв произошел в июне 2002 г. Однако в обоих случаях возможность залпового прорыва воды в действующие горные выработки была предотвращена за счет своевременного возведения глухих железобетонных перемычек.

Очередное отступление от проекта заполнения Главного карьера состояло в

необоснованном отказе от возведения противофильтрационного экрана на восточном борту карьера для перекрытия зоны обрушения от отработанной Западно-Ревдинской залежи. В ноябре 2009 г. в шахту произошел прорыв пульпы с высоким содержанием песка, причем вода поступала на нижние горизонты. В результате шахта была затоплена. К февралю 2010 г. ее работоспособность была восстановлена, но после прихода паводка в 2010 г. затоплена снова.

С целью исключения вероятности залпового прорыва хвостовой пульпы, размещенной в выработанном пространстве карьера в подземные горные выработки, необходимо предусмотреть меры по ее обезвоживанию. Наиболее экономически целесообразным способом обезвоживания является сгущение текущих отходов обоганительного производства. Такое техническое решение было принято в рамках реализации проекта горнотехнической рекультивации выработанного пространства Учалинского карьера [73]. В качестве материалов для рекультивации предполагается использование отходов обогащения одноименной обоганительной фабрики.

Отработка Учалинского месторождения открытым способом началась в 1958 году, и в настоящее время площадь карьера по поверхности составляет 1890 тыс. м² при длине 1950 м и ширине 1025 м. Глубина карьера на конец 2013 г. составила 342 м в северной части и 376 м в южной. С 1993 г. отработка Учалинского месторождения ведется комбинированным способом (открытым и подземным). Строительство подземного рудника начато в 1986 г. для отработки запасов руды ниже дна карьера. При отработке подземным способом используется система разработки с камерной выемкой и закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Между карьером «Учалинский» и подземным рудником существует прямая гидравлическая связь: многолетние наблюдения за Учалинским карьером в период прохождения паводка и ливневых дождей показывают, что вода, поступающая в чашу карьера, дренируется по трещинам, незаложенным пустотам, зонам обрушенных пород в выработки Учалинского подземного рудника. Всего в борту карьера насчитывается 52 выхода крупных выработок и обрушений (рисунок 1.7).

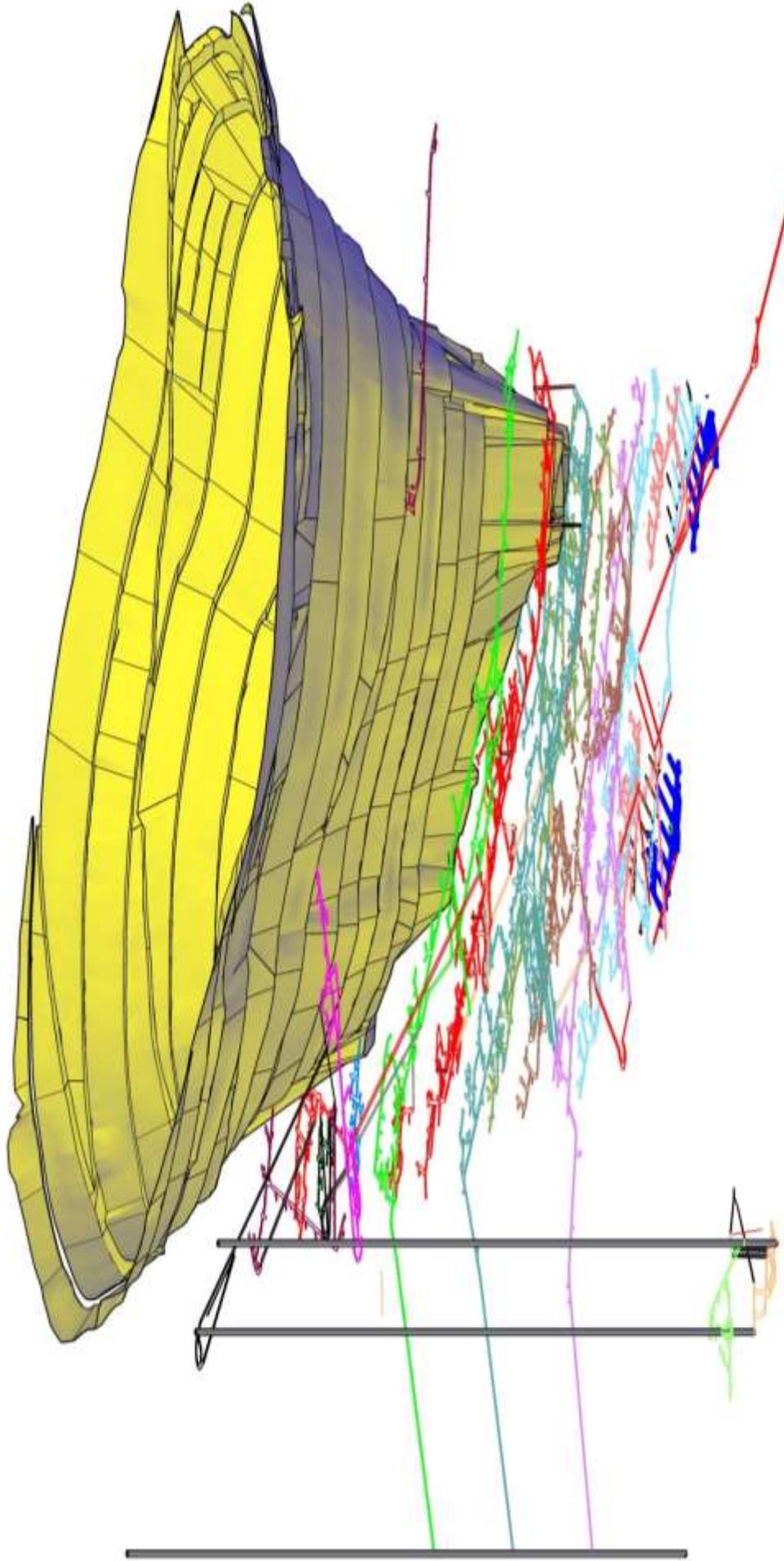


Рисунок 1.7 – Совмещенная схема отработки Учалинского месторождения
открыто-подземным способом

С целью снижения количества воды в размещаемых отвальных хвостах предполагается осуществлять их сгущение с применением флокулянта.

Принципиальная схема размещения отходов обогащения в выработанном пространстве Учалинского карьера представлена в трех условных этапах:

Этап 1. Заполнение выработанного пространства карьера сгущенными хвостами с юго-восточного, а затем южного и юго-западного бортов карьера. Что позволит обеспечить плановый перепуск карьерных вод через дно карьера и внутренний отвал в подземный рудник. Продолжительность первого этапа определена сроком ведения подземных горных работ с учетом запаса по времени в 20%. Расчетная продолжительность первого этапа с учетом пространственной конфигурации чаши карьера, расположения точек сброса и параметров внутреннего отвала, а также выходов выработок в карьер составит 15-15,5 лет (рисунок 1.8).

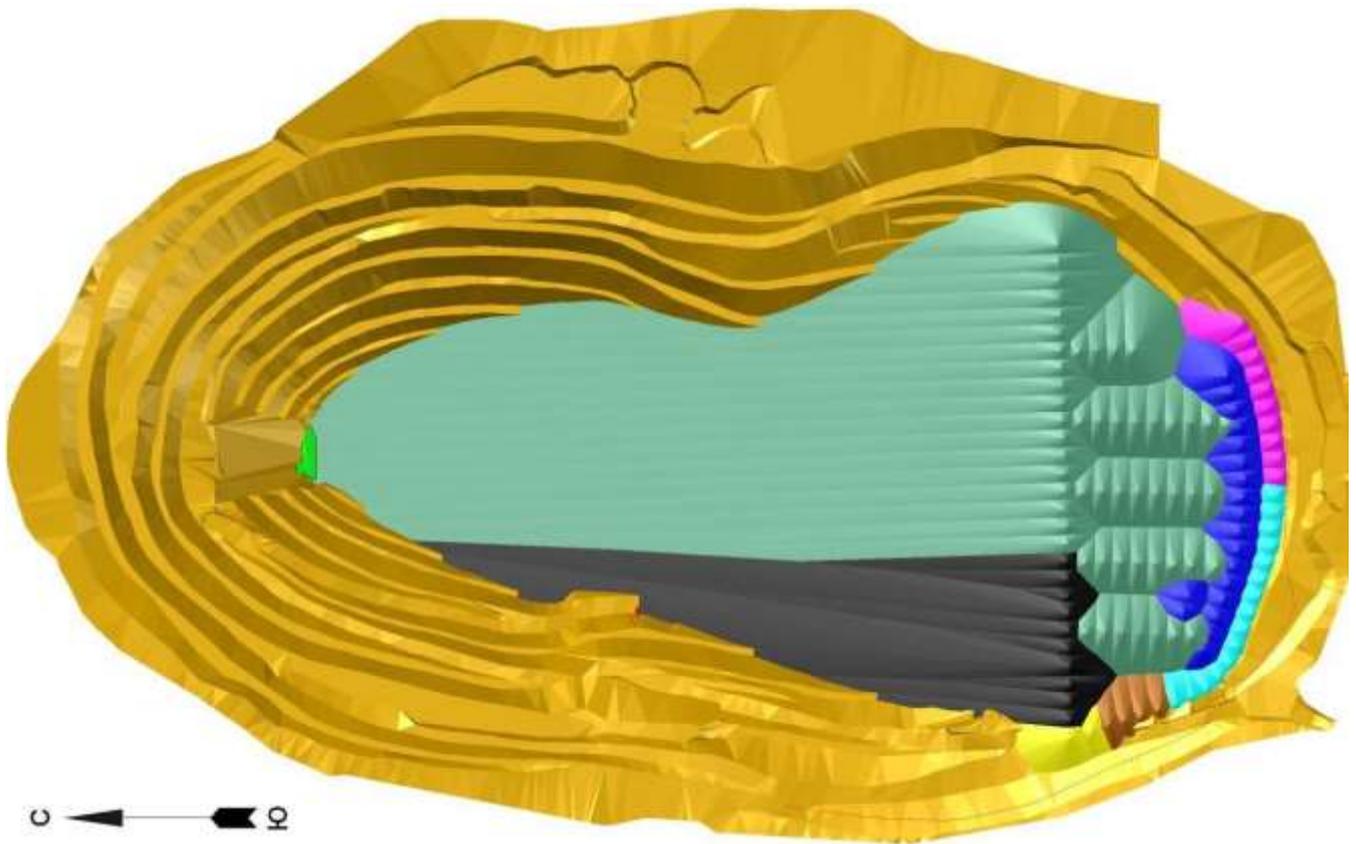


Рисунок 1.8 – План-схема карьера на момент окончания первого этапа

Начало условного первого этапа возможно только после формирования предохранительной зоны с использованием малопрочной закладки. В связи с тем, что набор нормативной прочности малопрочной закладки в предохранительной

зоне возможен только при положительных температурах, необходимо предусмотреть окончание работ не позднее чем за 60 сут до наступления сезона с устойчивыми отрицательными температурами. Набор прочности малопрочной закладки до 0,48 МПа достигается на 60 сут, за последующие 30 сут нарастание прочности составляет 0,51 МПа.

Этап 2. Заполнение выработанного пространства карьера сгущенными хвостами с западного и северо-западного бортов карьера в условиях гидроизоляции чаши карьера от подземных выработок. С целью максимального использования выработанного пространства карьера рекомендуется сброс сгущенных хвостов как непосредственно с западного борта карьера, так и с намытого массива. Организация точек сброса по ранее уложенным хвостам обеспечит формирование осветительного прудка в северо-восточной части карьера, где следует установить плавучую насосную станцию. Расчетная продолжительность второго этапа при накоплении воды в чаше карьера до абсолютной отметки 506 м и с учетом интенсивности размещения сгущенных хвостов и их водоотдачи, а также карьерного водопритока составит 13,5 лет (рисунок 1.9).

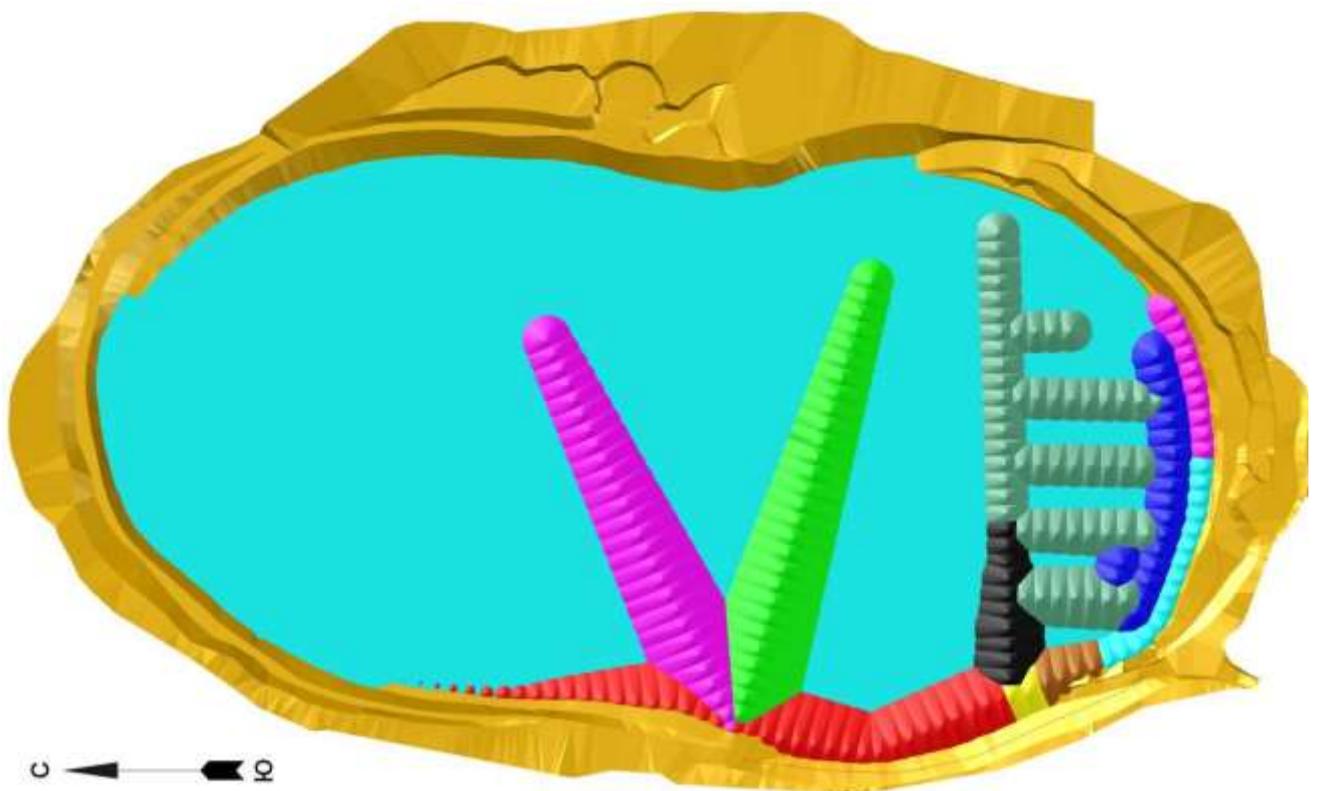


Рисунок 1.9 – План-схема карьера на момент окончания второго этапа

Этап 3. Заполнение выработанного пространства карьера хвостами (сгущенными или обычной пульпой) с западного борта карьера при действующей плавучей насосной станции до полного исчерпания приемной емкости карьера, исчерпание которой до абсолютной отметки 506 м составит около 2,2 лет, до отметки 520 м – около 4,5 лет (рисунок 1.10).

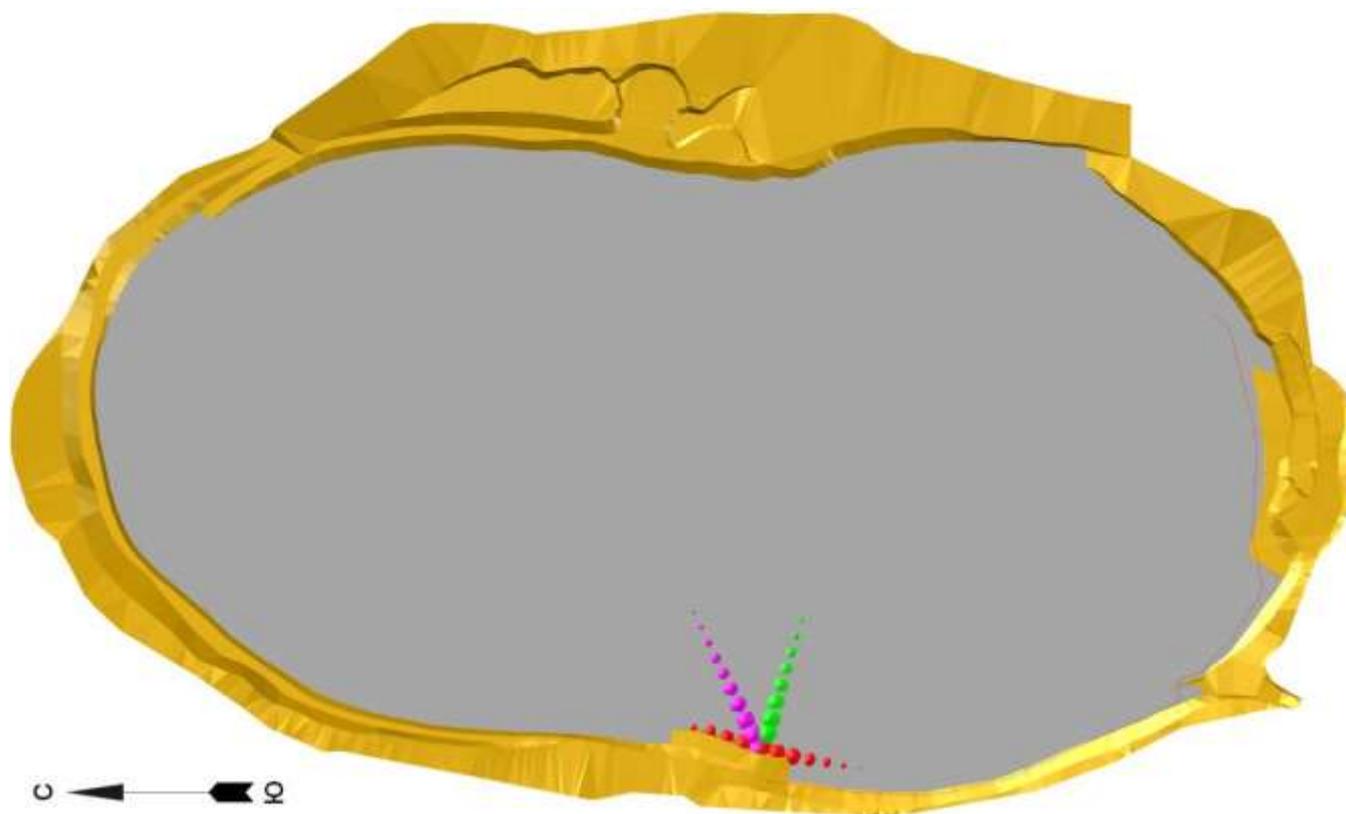


Рисунок 1.10 – План-схема карьера на момент окончания третьего этапа

В соответствии с предложенными условными этапами был разработан календарный план размещения сгущенных хвостов в выработанное пространство карьера «Учалинский», в соответствии с которым за 33,5 года в карьере будет размещено 137,35 млн м³ сгущенных хвостов. Угол естественного откоса формируемого массива составит 8 град. Положение уложенных сгущенных хвостов в течение первых 24 лет представлены на продольном разрезе (рисунок 1.11).

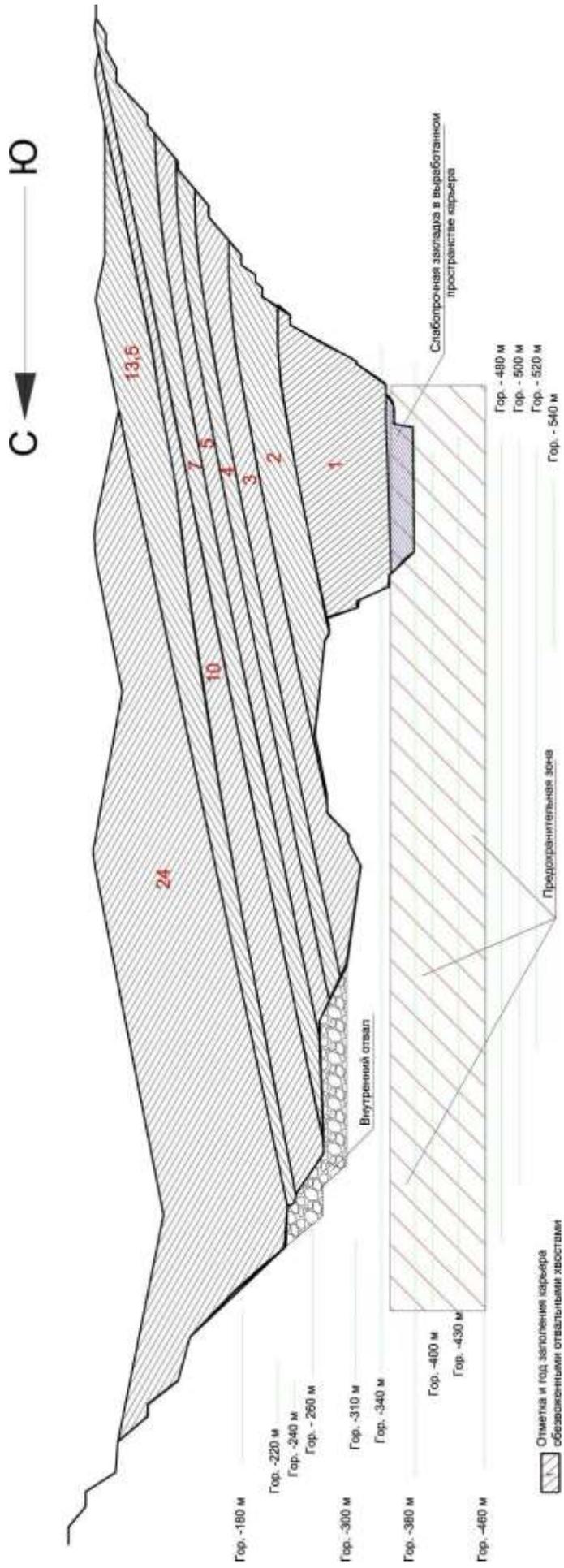


Рисунок 1.11 –Разрез карьера «Учалинский» с контурами поверхности ступенчатых хвостов по годам их складирования

Отработка запасов месторождения открытым и подземным способами накладывает дополнительные ограничения на возможность дальнейшего использования выработанного пространства карьера для размещения в нем отходов собственного и сторонних производств. Однако комбинированный способ добычи твердых полезных ископаемых в последнее время становится все более распространенным в силу отработки запасов, приходящихся на открытый способ добычи, и перехода на подземный способ добычи. Сегодня накоплен значительный опыт ведения горных работ на границах карьеров при комбинированной разработке месторождений с целью освоения запасов в охранных целиках, а также использования имеющихся транспортных коммуникаций карьеров для производства горно-подготовительных работ по отработке запасов подземным способом. Наиболее характерными примерами использования выработанного пространства карьера в качестве вскрывающей выемки являются следующие:

- Карьер «Сибайский». Проектная глубина составляет 469 м, разрабатывались запасы медно-цинкового колчеданного месторождения. Форма карьера в плане близка к круговой. Угол наклона бортов 38-42 град. На северо-восточном борту карьера расположена штольня, обеспечивающая связь подземного рудника с дневной поверхностью по транспортной берме карьера. В настоящее время добычные работы полностью прекращены, рудник затоплен в рамках мероприятий по борьбе с самовозгоранием сульфидных запасов.
- Карьер «Коркинский». Проектная глубина 495 м. Шахта «Корскинская» связана с выработанным пространством посредством 2 штолен, грузо-людских уклонов, расположенных на горизонтах +30 м и +80 м, которые предназначены для подачи угля по наклонному конвейеру на обогатительную фабрику.
- Карьер «Джусинский». Проектная глубина 265 м. В соответствии с проектом, вскрытие законтурных запасов месторождения должно быть выполнено с основных промплощадок подземного рудника, расположенных на горизонтах действующего карьера, с учетом постановки участков, намеченных под строительство, в предельное положение. Расположение промплощадок относительно залегания рудных тел месторождения предопределяет центральную схему вскрытия (рисунок 1.12). Основной вскрывающей выработкой является штоль-

ня на отм. +90 м длиной 65 м и сечением в свету $14,9 \text{ м}^2$. Транспортный уклон, вскрывающий запасы рудных тел на горизонтах, проходится из штольни +90 м сечением в свету $15,6 \text{ м}^2$, общей длиной до последнего эксплуатационного горизонта 2685 м. Для ввода рудника в эксплуатацию на проектную мощность длина уклона составляет 880 м. Уклон служит для спуска-подъема людей, материалов, оборудования, выдачи горной массы и подачи свежей струи воздуха.

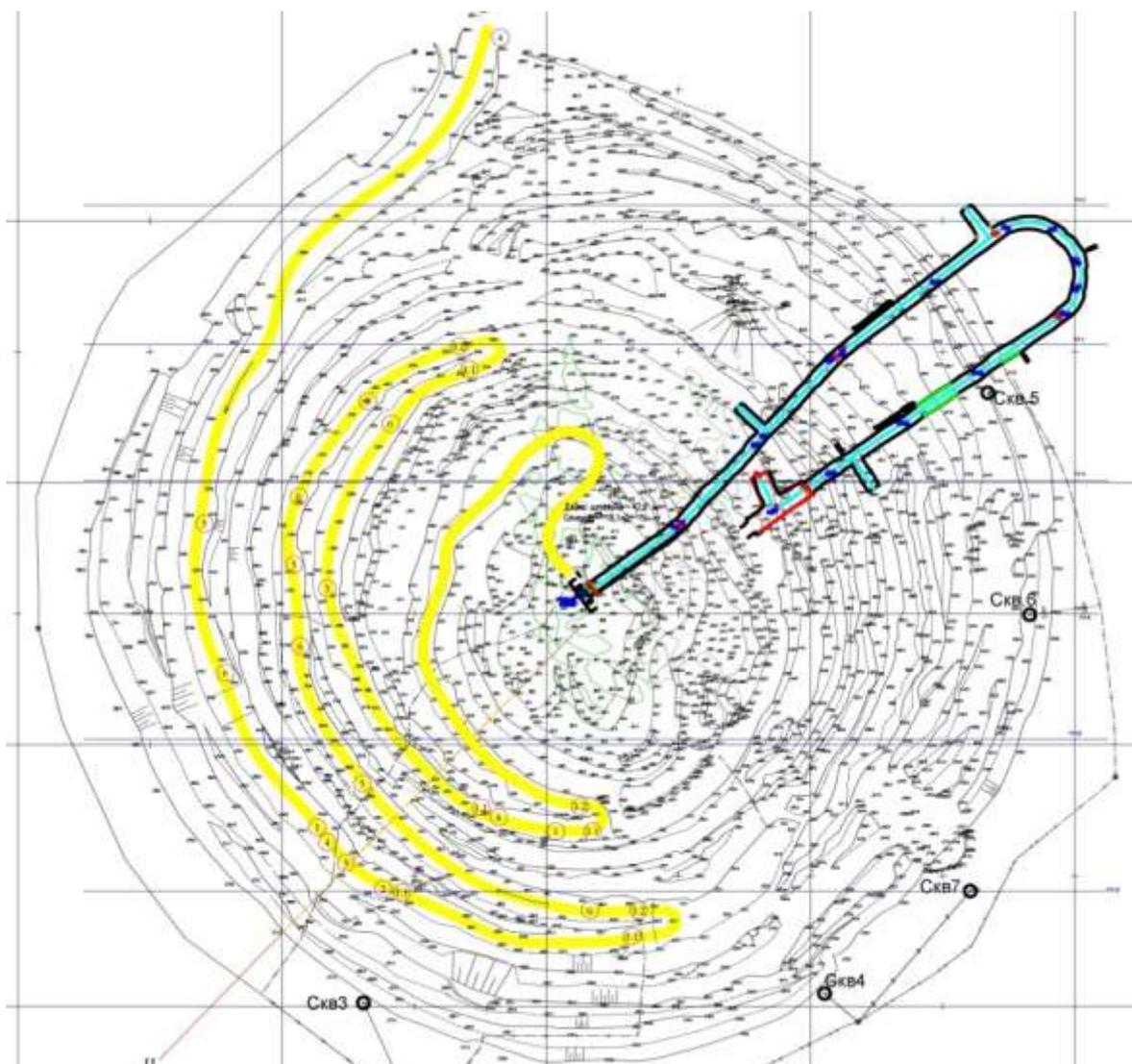


Рисунок 1.12 – Схема совмещения карьерных коммуникаций с подземными горными выработками на карьере «Джусинский»

- Карьер «Учалинский». Фактическая глубина южной части карьера 376 м. Угол откоса карьера составляет $33-37^\circ$. На западном борту карьера расположена въездная капитальная траншея с петлевой формой трассы, связывающая промышленную площадку Учалинского ГОКа с горизонтом, имеющим абсолютную отметку 350 м, где расположена вентиляционная штольня и наклонный съезд. В северной части карьера на его дне с абсолютной отметкой 216 м имеется рудо-

спуск и штольня №6. Данные штольни и рудоспуск используются при отработке запасов месторождения комбинированным способом. Кроме того, в северной части карьера организован внутренний отвал, куда размещаются вскрышные породы при доработке запасов открытым и отработке подземным способом.

- Карьеры №1, 2 и 3 Гайского ГОКа. Фактическая глубина карьеров соответственно составляет 283, 270 и 120 м. Гайское месторождение вытянуто в северо-северо-западном направлении на 8 км и имеет ширину 3-4 км. В северном борту карьера №2 имеется выход штольни, в настоящее время в ней сооружена глухая бетонная перемычка для предотвращения поступления воды в подземный рудник от сбрасываемых в карьер текущих хвостов обогащения. В западном борту карьера №1 на наклонной берме с абсолютной отметкой 343 м расположена штольня №2.
- Карьер «Молодежный» Фактическая глубина 248 м. Углы откосов бортов восточного – 43° , южного – 44° . Балансовые запасы за предельным контуром и рекомендуемые для подземной разработки составляют около 7 млн т, распределяется в соотношении: выше уровня дна карьера - 41,8%, ниже- 58,2%. Запасы ниже дна карьера вскрыты штольнями, через которые осуществляется выдача руды с перезагрузкой в автосамосвалы в районе штольни №4.
- Карьер «Вишневский». Проектная глубина карьера 74 м. Проходка опытно-промышленного карьера по Западному рудопроявлению Вишневского месторождения медьсодержащих руд осуществлялась с целью установления морфологии и внутреннего строения рудных тел, проведения сопоставления результатов подсчета запасов и количества добытой руды для оптимизации разведочной сети на последующих стадиях геологических работ, отбора полупромышленной пробы для получения оптимальной схемы обогащения медноколчеданных руд с целью выработки решения по строительству современной обогатительной фабрики по переработке руд Вишневского месторождения или наработки технологии в соответствии с минералогическими особенностями руд Вишневского месторождения и современными требованиями на Сибайской обогатительной фабрике, а также обоснования варианта проходки наклонного съезда из карьера с целью обеспечения эффективного вскрытия и разработки

Вишневого месторождения. Основными условиями в техническом задании на проектировании карьера «Вишневский» являлись минимальный объем горной массы в проектном контуре карьера и глубина карьера не менее 70 м (рисунок 1.13). Срок эксплуатации карьера составил 15 мес. Объем руды в контуре карьера - 86 тыс. т, объем горной массы – 1,7 млн м³ [20].

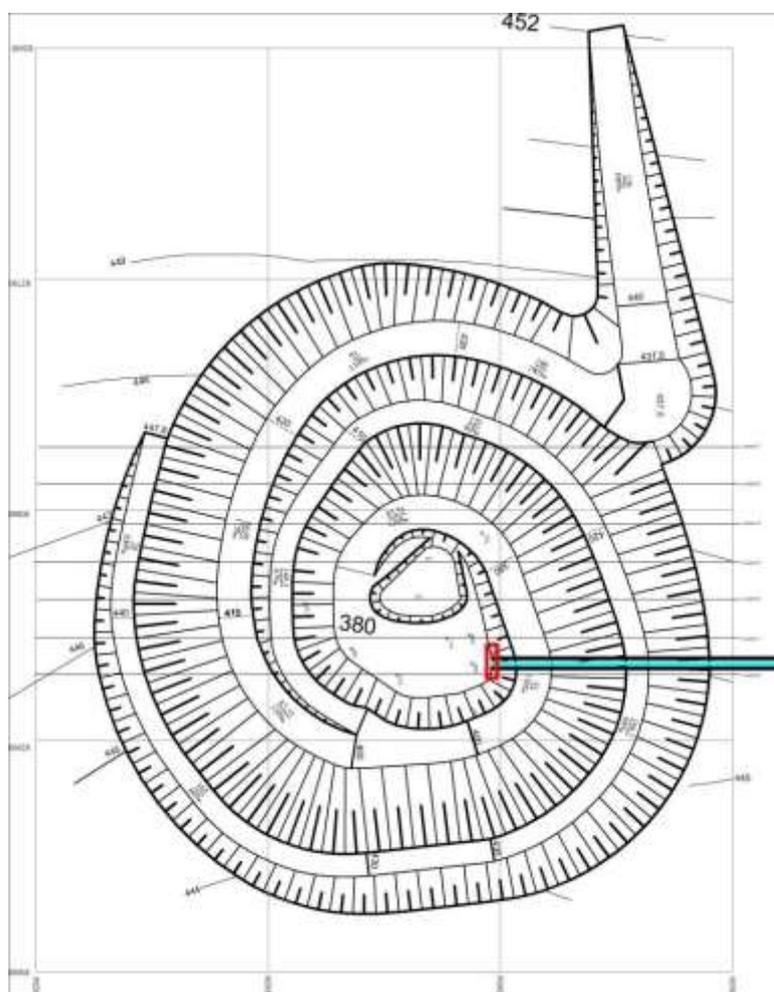


Рисунок 1.13 – План карьера «Вишневский» на конец отработки с совмещением наклонного съезда

Рассмотренные примеры использования выработанных пространств карьера для совмещения работ по отработке приконтурных природных запасов на границе карьеров при комбинированной разработке месторождений и целенаправленной отработке запасов месторождений открытым способом с целью последующего перехода на подземный способ добычи подтверждают актуальность и необходимость выработки и обоснования концепции устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии, позволяющей компенсировать влияние негативных факторов, возникающих на всех этапах ведения добычных работ.

Для этого необходимо изменение подхода к проектированию структуры горно-технической системы и целенаправленному формированию техногенных георесурсов с заданными потребительскими свойствами. Тем самым возможно обеспечить повышение полноты освоения запасов крутопадающих месторождения при реализации подхода комплексного освоения участка недр Земли.

Положительным опытом использования техногенных ландшафтов как разновидности пространственных техногенных георесурсов является преобразование внешних отвалов после окончания ведения добычных работ на месторождениях с целью восстановления земель, нарушенных горными работами. Так, с целью экономического и экологического преобразования промышленного региона в привлекательное для жизни людей и хозяйственной деятельности место были проведены работы на разрезе «Гойче», расположенном к востоку от г. Биттерфельда. Угольный разрез принадлежит к Биттерфельдскому бассейну, который охватывает значительную часть Саксонско-Ангальтинской равнины, Северосаксонской пустоши и низменности р. Эльбы [78]. Горнодобывающая деятельность в данном регионе велась до 1991 г., было добыто в общей сложности 315 млн т рядового угля при объеме вскрыши 850 млн м³. При этом ведение горных работ сопровождалось существенным нарушением ландшафта, поселки Нимегк, Деберн, Паупицш и Зеельхаузен были снесены, вырублен лесной массив Гойче (около 760 га), а русла р. Мульде и небольших потоков Лобер и Ляйне неоднократно переносились.

Остановка горнодобывающей деятельности в регионе Биттерфельд, закрытие брикетных фабрик и почти всех электростанций и химических комбинатов сопровождалось потерей многочисленных рабочих мест. Это послужило причиной разработки плана создания посредством санации угольных разрезов, промышленных предприятий и сохранения тем самым жизни региона.

В соответствии с проектом в районе «Гойче» на площади около 6000 га были созданы все необходимые планово-организационные предпосылки. При планировании была принята во внимание и стратегическая связь друг с другом следующих аспектов:

- структурное преобразование экономики региона;

- исследование биологических процессов (почва, вода, флора, фауна) и процессов при рекультивации больших площадей;
- горное и геотехническое обеспечение устойчивости бортов внезапно закрытых разрезов;
- создание привлекательного и разнообразного ландшафта, который должен сменить техногенный ландшафт;
- снос фабрик;
- демонтаж карьерного оборудования;
- учет и санация загрязненных земель;
- оформление ландшафта с учетом требований общин (включая проживающих здесь людей), хозяйственного развития, охраны природы, сельского и лесного хозяйства, а также рыбного промысла.

В результате объединения девяти карьеров к юго-востоку от г. Биттерфельда был сформирован озерный ландшафт с объемом водоемов 400 млн м³ площадью водной поверхности 22 км², длиной прибрежной полосы 66 км и длиной соединительных каналов 2,4 км.

Результатом проведения работ по рекультивации разреза «Гойче» стало создание новых рабочих мест, изменение ландшафта местности, появление лесных массивов, акватории, улучшение состава почвы. Спрогнозировано, что по мере развития и сохранения разнообразных растительных сообществ будет развиваться также типичная популяция различных животных.

В практике США имеется опыт использования открытых горных выработок в качестве спортивных объектов, таких как скалодромы, поля для гольфа, а также для строительства жилых комплексов. Кроме того, реализован проект по формированию отвалов в виде ограждающих дамб гидроаккумулирующей электростанции Таум Саук (Taum Sauk) в штате Миссури, с целью использования техногенных пространств для воспроизводства возобновляемой энергии на основе разности геодезических отметок начала и конца перемещения движущихся масс (рисунок 1.14).



Рисунок 1.14 – Гидроаккумулирующая электростанция Таум Саук (Taum Sauk)
в штате Миссури

В Великобритании имеется опыт использования затопленного карьера в качестве центра для подводного плавания и воднолыжного спорта, а на месте отработанного карьера строительных горных пород построен тематический ботанический сад «Проект рая», пользующийся среди местных жителей и туристов большой популярностью.

В Канаде успешно реализован проект по созданию ботанического сада на базе отработанного известкового карьера - «Бутчарт-сад» занимает более 22 га земельного участка, общая площадь которого составляет 53 га. В настоящее время количество посетителей, приезжающих в сад, составляет более миллиона человек. В 2004 году «Бутчарт-сад» был признан Национальной исторической достопримечательностью Канады [166].

В отечественной практике формирование объектов культурного, бытового, спортивного и оздоровительного назначения на базе отработанных карьеров следует отметить туристический объект «Горный парк Рускеала», который расположен вблизи деревни Рускеала. Мраморный каньон - памятник культурного наследия России, официально включенный в этот список в 1998 г., является основой

Горного парка. Бывший карьер по добыче облицовочного и кальцитового мрамора ныне представляет собой природное окружение, которое состоит из представителей животного и растительного миров, занесенных в «Красную книгу» Карелии и России. [60]

Следует отметить, что в России затопленные выработанные карьерные пространства часто используют в виде искусственных водоемов, используемых жителями близлежащих населенных пунктов для отдыха. При этом подавляющее большинство таких зон отдыха являются не результатом целенаправленной деятельности горнодобывающего предприятия по рекультивации земель, нарушенных горными работами, а следствием естественного затопления отработанных карьеров и их стихийное превращение в рекреационные зоны.

Несмотря на имеющийся положительный опыт использования выработанных пространств, все примеры представлены в качестве единичных решений, поскольку на современном этапе промышленного развития Российской Федерации горнодобывающая отрасль характеризуется значительными масштабами нарушения земельных площадей. Так, только в угольной отрасли ежегодно нарушается 120 тыс. га при открытой угледобыче [61]. По оценкам Российской академии наук, общая площадь нарушенных земель составляет более 3 млн га, причем на 75 % этих территорий не проводились мероприятия по их восстановлению [3]. Одной из причин отсутствия мероприятий по рекультивации земель является сам подход к рекультивации, который предполагает начало работ после окончания добычи полезных ископаемых (рисунок 1.15).

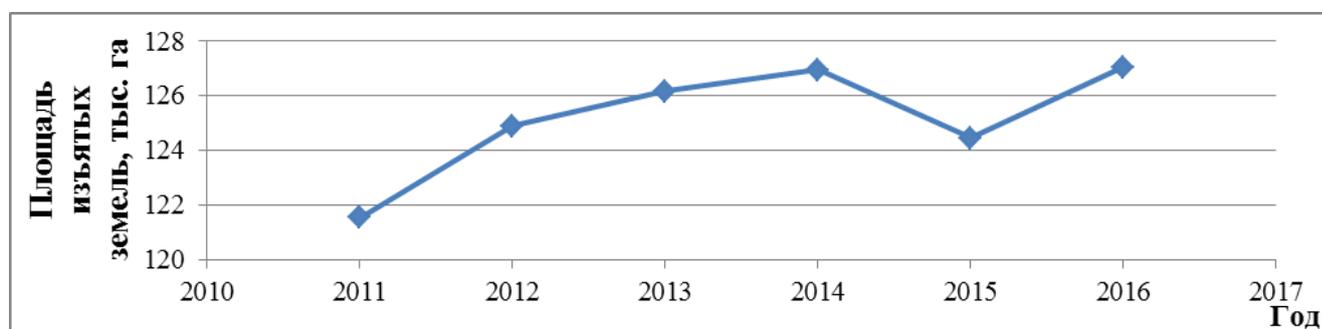


Рисунок 1.15 – Нарушенные земли при разработке крутопадающих и мощных месторождений центральной части России и Урала

Кроме того, при существующем подходе мероприятия по рекультивации в основном направлены на восстановление плодородия нарушенных земель, то есть не предусматривается системный подход к восстановлению участка недр. При этом целостность экосистемы невозможно сохранить при разрушении одной из ее структур, так же как невозможно полноценно восстановить одну из структур вне соответствующей экосистемы [243]. Именно поэтому в конце 1990-х годов сформулирована концепция, согласно которой природные экосистемы являются целостным образованием, основанным на функциональной взаимосвязи и взаимобеспечении базовых компонентов – растительного сообщества, микрофаунистического комплекса и почвы. В качестве практических рекомендаций данной концепции выступают решения, направленные на восстановление посттехногенных территорий как плановое создание и ускоренное формирование на площадях, испытавших воздействие техногенеза, оптимальных культурных ландшафтов с высокой продуктивностью, имеющих значительную социальную и хозяйственную ценность с учетом комплекса факторов, включая медико-социальные, ландшафтно-географические, биоценотические и многие другие характеристики не только нарушенных земель, но и района размещения объекта рекультивации. Однако данные решения носят не предупреждающий, а восстановительный характер, что на практике требует поиска дополнительных средств и временных затрат для достижения поставленной цели в рамках выбранного направления рекультивации.

Исторически сформировавшийся подход к ведению открытых горных работ не позволяет сегодня в полной мере реализовать общие принципы комплексного освоения недр, заключающихся не только в использовании недр с целью добычи полезных ископаемых, но и сохранение недр как видоизменяемого георесурса жизнеобеспечения общества [35]. В связи с чем на сегодняшний день реализация потенциала техногенных георесурсов в основном сводится к поиску предприятиями способов снижения себестоимости добычи за счет сокращения эксплуатационных затрат. В частности, это реализуется в использовании выработанных пространств карьеров для размещения отходов собственного и стороннего производств.

Следует отметить, что не только карьерное пространство эффективно используется в качестве емкостей для размещения промышленных отходов различного агрегатного состояния. Примером отвального захоронения служит центральное хранилище г. Ганновер, которое возвышается на 60-120 м над естественной поверхностью и в конечном итоге образует искусственный холмистый ландшафт с четырьмя вершинами площадью около 140 га. В качестве преимуществ отвальных захоронений следует отметить то, что дренаж и дегазация свалки в них технически проще и легче контролируемы, чем в резервуарных захоронениях. Кроме того, увеличение насыпи отходов значительно снижает коэффициент проницаемости грунта, в результате чего улучшается естественная защитная функция, при этом грунтовые воды большей частью обтекают данный, более плотный участок. Высота отвальных захоронений зависит от топографии и несущей способности грунта [157].

В мировой и отечественной практике имеется положительный опыт рекультивации поверхности накопителей, в частности хвостохранилищ. Так, на канадском предприятии Форт МакМюррей применена технология сооружения органического покрытия на поверхности хвостохранилища. Работы по рекультивации производились в зимний период, на поверхность замерзшего хвостохранилища укладывалась сетка и геотекстиль, на который формировался слой кокса, сверху которого укладывалась еще одна защитная сетка. В летний период сформированный экран удерживался на плаву, поскольку кокс легче воды, при этом он выдерживал вес 60-тонного оборудования и служил основанием для проведения биологического этапа рекультивации поверхности хвостохранилища при формировании растительного покрова. Одновременно с этим дренирующие скважины, расположенные в массиве хвостохранилища, постепенно осушают массив [263].

В России опыт изоляции хвостохранилищ органическими покрытиями представлен положительными результатами анализа данных многолетнего мониторинга состояния биогеобарьера, создаваемого на отвалах отходов рудообогащения предприятий Кольского горнопромышленного комплекса для сохранения техногенного минерального сырья и улучшения состояния природной среды. При этом достигнут существенный эффект в результате снижения уровня загрязнения окружающей среды [188].

Таким образом, за многолетнюю историю развития горного производства на территории Российской Федерации накоплен значительный опыт разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом. По мере развития представлений о ведении добычных работ, их влияния на окружающую среду, разработана нормативно-правовая база, регулирующая мероприятия по рекультивации земель, нарушенных горными работами, с целью снижения их негативного воздействия. Однако она не в полной мере соответствует современной концепции комплексного освоения и сохранения недр Земли. Причиной этого является отсутствие системного подхода к освоению природных ресурсов с целенаправленным формированием пространственных техногенных георесурсов, обеспечивающих их многоцелевое использование. При этом на сегодняшний день в мировой и отечественной практике имеются положительные примеры реализации целевого использования пространственных георесурсов в основном в качестве способов снижения эксплуатационных затрат предприятия за счет размещения промышленных отходов и восстановления земель в соответствии с рекреационным направлением рекультивации. Отсутствие повсеместной рекультивации земель сдерживается в первую очередь тем, что масштабы воздействия хозяйственной деятельности человека при добыче полезных ископаемых на литосферу настолько велики, что на современном этапе происходит формирование техногенного геоландшафта и техногенных геосистем. Однако сегодня в проектных решениях на разработку крутопадающих месторождений отсутствуют мероприятия, обеспечивающие целенаправленное преобразование потоков вещества литосферы с целью эффективного использования недр и их сохранение как видоизменяемого ресурса жизнеобеспечения общества, что является важной задачей при комплексном освоении участка недр. Именно целенаправленное разделение и учет перерабатываемого объема горной массы в процессе ведения добычных работ способно обеспечить формирование техногенных георесурсов и их освоение за счет прогнозируемого использования в следующих, выявленных в результате анализа, наиболее перспективных направления [259, 260, 143]:

- формирование и эксплуатация в выработанных пространствах и на техногенных ландшафтах месторождений из отходов добычи и переработки руд с заданными технологическими свойствами;
- использование техногенных полостей для размещения отходов добычи и переработки полезных ископаемых с последующей рекультивацией территории;
- проходка вскрывающих выработок, при освоении законтурных запасов с комбинированной геотехнологий;
- воспроизводство возобновляемой энергии на основе использования разности геодезических отметок начала и конца перемещения движущихся масс, конфигурации насыпи и иных свойств сооружений;
- формирование объектов культурного, бытового, спортивного и оздоровительного назначения;
- строительство и безопасная эксплуатация производственных объектов с повышенным уровнем риска;
- размещение в формируемых техногенных пространствах научно-исследовательских лабораторий и экспериментальных установок.

Целенаправленное формирование техногенных георесурсов должно определяться перспективными направлениями последующего их использования и обеспечиваться созданием требуемых потребительских свойств в процессе ведения добычных работ. Поэтому для выбора перспективных направлений формирования выработанного пространства карьера и отвалов вскрышных необходимо изучить характеристики и требования, предъявляемые к техногенным георесурсам при их использовании в качестве альтернативной, но попутно создаваемой продукции открытой геотехнологии при комплексном освоении крутопадающих месторождений твердых полезных ископаемых.

1.3 Анализ методик и тенденции развития научно-методических основ определения параметров горнотехнических систем при комплексном использовании природных и техногенных георесурсов

Идея комплексного использования природных и техногенных георесурсов эффективно согласовывается с принципами комплексного освоения недр, поскольку горнотехническая система представляет собой систему взаимодополняющих действий, обеспечивающих полное хозяйственное использование всего извлеченного из литосферы вещества и всего пространственного техногенного георесурса, образованного при этом в неизвлеченном веществе литосферы.

Горнотехнические системы - это совокупность горных конструкций и технологических подсистем во взаимодействии с вмещающими их участками недр. При проектировании данных систем выбор геотехнологических параметров разработки месторождений и соответствующего конструктивного оформления осуществляется с учетом неопределенности исходной информации и длительного срока реализации проектных решений [58]. Именно на стадии проектирования горнотехнических систем и реконструкции действующих горно-перерабатывающих предприятий от обоснованности и точности определения предельных параметров карьеров, отвалов, складов некондиционных руд, хвостохранилищ и иных накопителей техногенного сырья зависит экономическая эффективность, полнота и комплексность освоения запасов месторождения и участка недр Земли в целом, а также экологическая безопасность в регионе. Кроме того, по мере развития науки, техники и экологического сознания общества, формирование и поддержание среды обитания человека становится одним из приоритетных направлений в рамках природоохранной деятельности [84].

Отечественный и зарубежный опыт использования ранее сформированных выработанных пространств для обеспечения технических решений по размещению в них промышленных отходов с целью снижения себестоимости добычи и переработки полезных ископаемых, а также экологической нагрузки со стороны горного предприятия является доказательством необходимости целенаправленного формирования техногенных ресурсов с заданными технологическими свой-

ствами. Однако это требует изменения структуры горнотехнической системы с целью создания в процессе добычи полезных ископаемых горнотехнических объектов с заданными потребительскими характеристиками и сроками их формирования с учетом требований конечных потребителей. Такая концепция обеспечивает устойчивое развитие горнотехнической системы на неопределенно длительный период эффективной эксплуатации участка недр и расширяет область комплексного освоения недр.

Изучение вопроса обоснования параметров открытых горных работ при комплексном освоении месторождений и участка недр Земли показало, что все предложенные идеи, подходы и решения отечественных и зарубежных ученых: академиком М.И. Агошкова, Н.В. Мельникова, К.Н. Трубецкого, чл.-корр. РАН Д.Р. Каплунова, В.Л. Яковлева профессором А.И. Арсентьева, С.Е. Гавришева, В.А. Галкина, О.В. Зотеева, П.Э. Зуркова, А.И. Косолапова, Лель Ю.И., В.В. Мельника, В.В. Истомина, М.В. Рыльниковой, Г.Г. Саканцева, А.Г. Секисова, А.В. Соколовского, В.А. Пикалова, П.И. Томакова, И.В. Шадруновой, С.И. Фомина, Г.А. Холоднякова, В.С. Хохрякова и других ученых, внесших значительный вклад, в результате реализации выдвинутых идей на практике, находятся в постоянной трансформации, одновременном углублении и расширении. В настоящее время в литературе уделено недостаточно внимания научно-методологическим основам обоснования параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов с целью устойчивого развития горнотехнических систем.

Анализ существующей научно-методической базы проектирования горнотехнических систем показал, что в отечественной и мировой проектной деятельности отсутствует единый инструментарий, обеспечивающий определение параметров открытых горных работ при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов. При этом отечественными учеными в полном объеме обеспечена проектная база обособленных направлений функционирования горнодобывающего предприятия и повышения его эффективности (таблица 1.1)

Таблица 1.1 – Существующая научно-методическая база проектирования горно-технических систем

Направление	Авторы	Результаты
Проектирование параметров горнотехнических систем	академики К. Н. Трубецкой, В.В. Ржевский, чл. корр. Д.Р. Каплунов, В.Л. Яковлев, проф., д.т.н. А.И. Арсентьев и др.	Методы определения границ карьеров с учетом технических и экономических показателей, а также фактора времени
Повышение эффективности добычи полезных ископаемых	акад. Н.Н. Мельников, проф., д.т.н. Г.А. Холодняков, В.А. Галкин, С.Е. Гавришев, С.В. Корнилов, Ю.И. Лель, В.С. Хохлаков и др., доц., к.т.н. Д.Н. Радченко, В.С. Федотенко, К.В. Бурмистров, А.А. Гоготин	Закономерности формирования рабочей зоны, организационные и технологические способы интенсификации горных работ
Обоснование устойчивости откосов и бортов карьера	проф., д.т.н. Л.Г. Фисенко, В.Г. Зотеев, О.В. Зотеев, С.И. Попов, А.Б. Макаров и др. доц., к.т.н. Т.С.Кравчук	Закономерности развития деформационных процессов и методики расчета коэффициента запаса устойчивости с учетом объемного напряженно-деформационного состояния массива
Освоение техногенных георесурсов, управление отходами горного производства	акад. К. Н. Трубецкой, чл. корр. Д.Р. Каплунов, проф., д.т.н. С.Е. Гавришев, М.В. Рыльникова, Сафронов В.П. и др. доц., к.т.н. В.Ю. Заляднов, Д.Н. Радченко и др.	Обоснованы принципы экологически сбалансированной геотехнологии, разработаны технологические схемы формирования и использования техногенных георесурсов, заложены основы определения их параметров
Внедрение автоматизированных систем управления на горных предприятиях	акад. К. Н. Трубецкой, проф., д.т.н. Ю.Е. Капутин, А.А. Кулешов, С.Ж. Галиев и др., к.т.н. Д.Я. Владимиров, А.Г. Рыльников	Система управления горнотранспортным комплексом, система диспетчеризации «Карьер»

В настоящее время отсутствуют методические подходы, обеспечивающие обоснование параметров открытой геотехнологии и выбор направления формирования техногенных георесурсов, формируемых с заданными потребительскими характеристиками, при обеспечении длительной и эффективной эксплуатации участка недр. В законе РФ «О недрах» от 21.02.1992 N 2395-1 в п. 6 не определен вид пользования недрами, не связанный непосредственно с добычей полезных ископаемых и позволяющий вести деятельность по формированию техногенных георесурсов в отрыве от добычных работ. Кроме того, в нормах технологического проектирования не предусмотрена возможность создания горнотехнических сооружений, не связанных непосредственно с добычей полезных ископаемых, но обуславливающих значительное занижение затрат на освоение балансовых запа-

сов и участка недр при увеличении срока функционирования горнодобывающего предприятия. Рациональные проектные решения должны основываться на анализе потребности в техногенных объектах с учетом фактора времени, показатели их ценности, технологии формирования и очередности вовлечения в разработку отдельных участков месторождения.

В результате анализа научно-методических основ и принципов определения параметров горнотехнических систем, с момента активного развития горного дела на территории России и стран СНГ, выявлена тенденция их постоянного совершенствования. Так, в момент становления отечественной горной науки основополагающим принципом при определении предельных границ карьеров являлась точка безубыточности, то есть разница между ценой добытого полезного ископаемого и себестоимостью его добычи не должна быть равна нулю [28, 147]. Данный принцип был реализован в условиях применения на карьерах малоэффективных, низкопроизводительных машин и механизмов. С развитием техники и технологии открытых горных работ введен термин граничный коэффициент вскрыши (k_{cp}) [33].

В качестве основных критериев для определения граничного коэффициента вскрыши приняты следующие:

- себестоимость добычи единицы полезного ископаемого подземным способом на данном месторождении;
- себестоимость руды, добытой на аналогичном месторождении, с учетом поправок на горно-геологические условия залегания и топографию местности, а также расстояние транспортирования руды до потребителя;
- цена конечного продукта с учетом стоимости всех видов переработки руды.

Предложенный принцип сравнения контурных коэффициентов вскрыши с граничным является основой определения границ карьеров на последующие десятилетия. Именно в этот период происходит увеличение количества факторов, учитываемых при определении границ открытых горных работ. К ним относится переход от решения плоских задач на поперечных разрезах к решению объемной задачи, при одновременном разделении карьера на составные части с целью учета вскрышных и вмещающих пород и их положения к бортам карьера. Тем самым

были заложены предпосылки к необходимости определения промежуточных контуров карьера, а также учета в расчетах потерь и разубоживания полезного ископаемого. Выявлено влияние угла погашения бортов и глубины карьера на себестоимость добычи руды.

По мере реализации проектных решений, основанных на имеющихся научных разработках, и накопления опыта ведения открытых горных работ по добыче различных твердых полезных ископаемых на всей территории страны отмечается неточность и ненадежность методов определения глубины карьера. Основными причинами этого являются значительная продолжительность ведения горных работ, то есть фактор времени, а также существенное изменение технических характеристик применяемого на карьерах оборудования в сторону увеличения, что сказывается на себестоимости добычи твердых полезных ископаемых. Именно в этот период в трудах академика В.В. Ржевского отмечается необходимость системного подхода, на базе имеющихся знаний, к определению границ открытых горных работ [159]. Предложены принципы горно-геометрического анализа и поэтапного динамического подхода к проектированию параметров карьеров, основой последнего является метод экономической оценки технических решений с учетом фактора времени [171, 220]. Детально проработаны ранее предложенные методы определения глубины карьера, а также обоснованы подходы, предусматривающие учет использования ценных пород вскрыши и суммарную ценность всех извлекаемых компонентов [47, 180, 99]. В современных условиях точность определения объемов горных работ приблизилась практически к 100% за счет использования интегрированных систем проектирования, реализующих алгоритм Лерча-Гроссмана. Так, на этапе проектирования для каждого рассматриваемого варианта горнотехнической системы определяются натуральные показатели объемов вскрышных пород, полезных ископаемых, горно-капитальных работ, величины которых участвуют в экономической оценке с целью установления оптимальной глубины карьера. В последние годы при определении оптимальных параметров горнотехнической системы активно используется показатель чистой приведенной стоимости (NPV) и внутренняя норма доходности (IRR) [79]. При этом немаловажным фактором при установлении опти-

мальной глубины карьера в современных условиях является выбор инструмента учета стоимости и приведения разновременных затрат, понесенных предприятием на момент оценки проектных решений. Наиболее прогрессивным инструментом повышения финансовой эффективности реализации проекта является использование метода проектного финансирования [89, 179].

Следует отметить, что на всем протяжении рассматриваемого периода времени параметры горнотехнических сооружений, формируемых на поверхности Земли, определялись исходя из максимального годового объема складироваемых пород с учетом их физико-механических свойств, экономических показателей выполняемых работ, размера и характеристик участка, отведенного для их складирования. Таким образом, техногенные пространства формировались исключительно с целью обеспечения полноты отработки запасов месторождения при минимальных затратах с соблюдением требований промышленной и экологической безопасности.

В общем виде для определения площади основания отвала и вместимости хвостохранилищ предложены следующие формулы [103, 194]:

$$S = \frac{V_n k_p}{h_1 + \eta \cdot h_2}, \quad (1.1)$$

где V_n – объем вскрышных пород при горно-капитальных и эксплуатационных работах за часть или весь период разработки месторождения, м³;
 k_p – коэффициент разрыхления пород в отвале ($k_p = 1,15 \div 1,4$);
 h_1 и h_2 – высота соответственно первого и второго (при наличии) яруса отвала;
 η – коэффициент заполнения площади вторым ярусом ($\eta = 0,4 \div 0,8$).

$$W = \frac{QT}{K\gamma_{ск}}, \quad (1.2)$$

где Q – годовая масса хвостов, т/год;

T – продолжительность эксплуатации, лет;

K – коэффициент заполнения хвостохранилища (приблизительно принимается 0,8 – для небольших хвостохранилищ, 0,9 – для средних и больших хвостохранилищ);

$\gamma_{ск}$ – средняя объемная масса скелета хвостов, т/м³, принимается: $\gamma_{ск} = 1,2$ т/м³ – для мелкозернистых хвостов (содержание класса – 0,074мм \geq 80%), $\gamma_{ск} = 1,4$ т/м³ – для среднезернистых хвостов (содержание класса – 0,074мм $<$ 80%).

В результате совершенствования ранее предложенных и разработанных новых методов определения предельных параметров карьеров и внедрения их в проектные решения, направленные на добычу твердых полезных ископаемых, на территории страны было введено в эксплуатацию значительное количество горнодобывающих предприятий, базовой функцией которых было обеспечение заданной производительности по полезному ископаемому.

После перехода страны к рыночной экономике существенно изменилась структура себестоимости горнодобывающих предприятий, что повлекло за собой необходимость дальнейшего совершенствования методов и разработки новых подходов к определению параметров открытых горных работ. Именно в этот период активно развивается идея освоения техногенных георесурсов, частными примерами реализации которой является использование выработанных пространств карьеров и подземных рудников для различных целей, в том числе не связанных с добычей полезных ископаемых. Предложено понятие «ценность техногенного георесурса» и обоснованы методы ее расчета. В результате поиска решений по снижению себестоимости горных работ и повышению комплексности освоения недр Земли разработаны способы использования выработанного пространства карьера и формирования отвалов вскрышных пород с целью размещения в них техногенного сырья, образующегося в процессе переработки твердых полезных ископаемых. При этом обоснованы и оценены мероприятия по обеспечению экологических требований и безопасности ведения работ. В результате проработки данной идеи были предложены формулы для определения граничного коэффициента вскрыши и глубины карьера [138, 98, 108, 10].

$$k_{зр} = \frac{C_n - C_o + k_{п}u_{п} + k_3 \cdot (C_{к.п} + C_{о.п})}{C_e}, \quad (1.3)$$

где $k_{п}$ – отношение объемов попутно добываемого и основного полезных ископаемых;

$u_{п}$ – оптовая цена 1 м³ попутно добываемого полезного ископаемого, руб.;

$C_{к.п}$ – удельная стоимость емкости карьерного пространства при размещении промышленных отходов, руб./м³;

$C_{0.П}$ – удельная стоимость емкостей отвала, сформированного для размещения промышленных отходов, руб./м³;

k_3 – коэффициент, учитывающий ценность карьера и отвалов, сформированных для размещения техногенного сырья.

$$H \in \max \sum_{t=1}^T B_t - K_t + A_t - Z_t - H_t - K_{хс\ t} - C_{хс\ t} + \mathcal{E}_t, \quad (1.4)$$

где T – период эксплуатации месторождения, лет;

B_t – годовая выручка от реализации продукции в t -м году, руб.;

K_t – капитальные затраты в t -м году, руб.;

A_t – амортизация в t -м году, руб.;

Z_t – эксплуатационные затраты без амортизационных отчислений в t -м году, руб.;

H_t – налоги с деятельности предприятия в t -м году, руб.

В соответствии с приоритетным направлением Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года в области экологизации экономики назрела необходимость разработки подхода к определению параметров открытых горных работ, основанного на принципах экологически сбалансированного цикла комплексного освоения месторождения твердых полезных ископаемых. В одной из современных работ [112] критерий эколого-экономической эффективности оценки формирования и освоения техногенных георесурсов предлагается определять по формуле:

$$K_{\text{ээф}} = \sum_{t=0}^T \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot Q_i + \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{\text{ОПС}} + \mathcal{E}_{\text{зем}} + \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_{\text{рек}} - Z_{\text{эксн.}} - Z_{\text{кап.}}}{(1+d)^t}, \quad (1.5)$$

где C_i – ценность дополнительной товарной продукции, руб./т;

Q_i – количество дополнительной товарной продукции, т;

$\mathcal{E}_{\text{ОПС}}$ – экономия на платежах за негативное воздействие на окружающую природную среду по видам, млн. руб.;

$\mathcal{E}_{\text{зем}}$ – экономия на платежах земельного налога, млн. руб.;

\mathcal{E}_p – экономия ресурсов, млн. руб.;

$\mathcal{E}_{\text{рек}}$ – экономия на затратах по рекультивации, млн. руб.;

$Z_{\text{эксн.}}$ – эксплуатационные затраты по вовлечению в разработку техногенных ге-

ресурсов, млн. руб.;

$Z_{\text{кан}}$ – капитальные затраты на реализацию методов управления техногенными георесурсами, млн. руб.;

d – норма дисконтирования, доли ед.;

$t=0...T$ – горизонт расчета, лет;

$i=1...n$ – количество дополнительной товарной продукции.

Необходимо отметить, что перспективой развития методов определения параметров открытых горных работ является исследование закономерностей формирования и освоения техногенных георесурсов в рамках единой горнотехнической системы с учетом изменения во времени эколого-экономических показателей. Выявленная хронологическая последовательность развития принципов определения параметров карьеров представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Развитие научно-методологических основ определения параметров открытых горных работ при комплексном использовании природных георесурсов

Принцип определения параметров карьера	Характеристика и условия применения
$k_k \leq k_{zp} \geq k_{cp}$	Сравнение предельно допустимой себестоимости со средней себестоимостью добытого полезного ископаемого. В зависимости от типа месторождения
$k_{zp} \geq k_{cp};$ $k_{zp} \geq k_k$	Обоснована необходимость учета таких дополнительных факторов, как потери, разубоживание полезного ископаемого и влияние глубины горных работ на себестоимость добычи. Доказана необходимость совместного определения глубины и углов погашения бортов карьера
$k_{zp} \geq k_{cp};$ $k_{zp} \geq k_k;$ $k_{zp} \geq k_{тек}$ }	Обосновано влияние на границы карьера способов вскрытия, календарного графика и направления развития горных работ. Доказана необходимость применения экономических методов, обеспечивающих принцип эффективности и окупаемости капитальных затрат. Предложен динамический подход к проектированию карьеров, а также необходимость учета реализации пород вскрыши и попутных ценных компонентов, содержащихся в руде

Примечание: k_{zp} , k_k , k_{cp} , $k_{тек}$ – соответственно граничный, контурный, средний и текущий коэффициент вскрыши.

Таким образом, развитие научно-методических основ в области определения параметров горнотехнической системы условно можно разделить на три основных этапа. На протяжении первого этапа разработаны и усовершенствованы методы, в основу которых положено сравнение граничного коэффициента вскрыши с коэффициентами вскрыши, полученных при построении промежуточных и конечных контуров карьера, таких как контурный, текущий, средний и др. Осуществлялось обособленное проектирование горнотехнических сооружений. На втором этапе были предложены и получили развитие методы оценки экономической эффективности и полноты освоения запасов месторождения с учетом фактора времени и организации горных работ. На данных этапах основными критериями для определения параметров отвалов, складов и накопителей были экономичность и безопасность выполнения соответствующих работ при обеспечении годовой производительности горно-перерабатывающего предприятия. На третьем, современном, этапе выдвинута идея определения параметров каждого горнотехнического сооружения в рамках единой горнотехнической системы с учетом ограничений и особенностей разрабатываемого месторождения при обеспечении перспективных направлений использования созданных в процессе добычи техногенных георесурсов. Дальнейшее совершенствование данного подхода позволит обеспечить комплексное освоение участка недр Земли при реализации природоохранной деятельности с целью сокращения рисков для жизнедеятельности человека и окружающей среды и создать научно-методическую основу проектирования горнотехнических систем с учетом целенаправленного формирования и использования выработанных пространств карьера и отвалов в качестве вскрывающих выработок, приемных емкостей и иных техногенных объектов.

1.4 Анализ характеристик техногенных пространств при их целевом формировании и использовании

Характеристики техногенных георесурсов определяются требованиями, предъявляемыми конечными пользователями ликвидных на рынке горнотехнических сооружений (техногенных объектов), целенаправленно сформированных горнодобывающим предприятием в процессе ведения добычных работ. В результате анализа потенциальных потребителей техногенных георесурсов, которые могут быть созданы в строгом соответствии с регламентированными к ним требованиями, выделены следующие:

- тяжелая промышленность;
- транспортный и энергетический сектор экономики;
- легкая промышленность;
- аграрный сектор экономики;
- военно-промышленный комплекс;
- общество.

Следует отметить, что в рамках концепции устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии расширение товарной номенклатуры продукции горнодобывающего предприятия при его хозяйственной деятельности на осваиваемом участке недр должна осуществляться не только, а в некоторых случаях не столько добыча полезных ископаемых, сколько попутное целенаправленное формирование востребованных в соответствующем регионе объектов промышленного, социального и военного назначения. При этом в зависимости от вида, формы и назначения создаваемых техногенных объектов необходимо на этапе проектирования комплексного освоения крутопадающих месторождений открытой геотехнологией учитывать их развитие таким образом, чтобы обеспечить формирование потребительских свойств создаваемых объектов в установленные сроки. С учетом того, что спецификой горных работ является их значительная протяженность во времени и масштабность, реализация данной концепции возможна, в первую очередь, за счет этапного формирования и последовательной

реализации данных сооружений на рынке в качестве объектов строительной геотехнологии.

Таким образом, структура, параметры проектируемой горнотехнической системы при совмещении процесса добычи полезных ископаемых и целевого формирования выработанного пространства карьера и отвалов в качестве ликвидных техногенных георесурсов должны соответствовать требованиям, предъявляемым к объектам, создаваемым традиционным способом по заказу соответствующего потенциального потребителя.

В результате анализа требований к генеральному плану промышленных предприятий, а также к градостроительству, планировке и застройке городских и сельских поселений и иной нормативно-правовой и методической базы [192, 190, 109, 189, 40] нами выявлены и систематизированы основные критерии и факторы, обуславливающие возможность и целесообразность формирования техногенных георесурсов на базе выработанного пространства карьера и отвалов с заданными потребительскими и технологическими свойствами, которые приведены в таблице 1.3. Независимо от отрасли промышленности, в которой будет функционировать или эксплуатироваться созданный техногенный объект, он является объектом капитального строительства и на него распространяются требования градостроительного кодекса РФ, а также требования соответствующих смежных отраслей. С учетом обозначенных критериев приведены основные параметры горнотехнической системы, которые необходимо определять с учетом выбранного перспективного направления формирования техногенных георесурсов.

Следует отметить, что на военные и оборонные объекты, за исключением чрезвычайных ситуаций, препятствующих соблюдению требований в области охраны окружающей среды, распространяются общие требования в области охраны окружающей среды, предъявляемые при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации и выводе из эксплуатации зданий, строений, сооружений и иных объектов, однако законодательством установлены и дополнительные требования.

Таблица 1.3 – Систематизация критериев, обуславливающих параметры горнотехнической системы при целевом формировании карьеров и отвалов

Потенциальный потребитель	Критерий	Параметры горнотехнической системы
Тяжелая промышленность	<ol style="list-style-type: none"> 1. Минимум затрат на инженерную подготовку и защиту территории. 2. Порядок ввода объекта в эксплуатацию. 3. Рациональное районирование территории. 4. Увязка инженерно-транспортной инфраструктуры 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Конструктивные параметры: – площадь и конфигурация горнотехнических сооружений; – высота отвалов, границы и глубина карьера. 2. Технологические параметры: – планирование и регулирование режимом горных работ; – объем горно-капитальных работ; – срок строительства объектов; – система и технология разработки; – производительность карьера по полезному ископаемому и по руде
Транспортный и энергетический сектор экономики	<ol style="list-style-type: none"> 1. Увязка существующей и формируемой инженерно-транспортной инфраструктуры. 2. Географическое положение 	
Легкая промышленность	<ol style="list-style-type: none"> 1. Природно-климатическая характеристика района. 2. Наличие инженерно-транспортной инфраструктуры 	
Аграрный сектор экономики	<ol style="list-style-type: none"> 1. Природно-климатическая характеристика района. 2. Характеристика ландшафта 	
Военно-промышленный комплекс	<ol style="list-style-type: none"> 1. Географическое положение. 2. Характеристика ландшафта 	
Общество	<ol style="list-style-type: none"> 1. Градостроительная ценность участка недр и прилегающей территории. 2. Охрана окружающей среды. 3. Срок ввода в эксплуатацию 	

В общем виде требования относительно охраны окружающей среды, которые предъявляются ко всем формируемым, сооружаемым и эксплуатируемым на территории страны объектам, являются едиными. В связи с этим в процессе добычи полезных ископаемых возможно при организации природоохранных мероприятий учитывать и реализовать комплекс мер по обеспечению экологической безопасности и охраны здоровья населения не зависимо от отраслевой принадлежности формируемого для конечного пользования техногенного объекта. Поскольку в подавляющем большинстве случаев характеристики всей продукции горнодобывающего предприятия должны обеспечить возможность ее использования человеком. Данные характеристики должны соответствовать нормативным требованиям и стандартам, определяющим качество атмосферного воздуха, почв, воды, а также допустимые уровни шума, электромагнитных излучений, вибрации, радиации и других факторов природного и техногенного происхождения.

В соответствии с проведенным анализом опыта использования выработанных карьеров и отвалов вскрышных пород в качестве техногенных георесурсов выделены перспективные направления формирования пространственных георесурсов с заданными потребительскими свойствами, обеспечивающими целевое использование горнотехнических сооружений. В зависимости от степени востребованности в современных условиях и технологической возможности переработки и преобразования вещества литосферы в конечную ликвидную продукцию и техногенные объекты, создаваемые горнодобывающим предприятием, выделены следующие перспективные направления их использования:

- Размещение отходов производств и потребления предприятий и населенных пунктов, расположенных в непосредственной близости от разрабатываемого месторождения.
- Формирование выработок, обеспечивающих взаимосвязанное решение вопросов вскрытия, подготовки шахтного поля, системы разработки и механизации очистных работ, транспорта, подъема, вентиляции, электроснабжения и водоотлива подземного рудника как при отработке запасов, приходящихся на подземный способ добычи, так и законтурных запасов при комбинированной геотехнологии.
- Формирование сооружений и объектов, обеспечивающих воспроизводство возобновляемой энергии, в том числе за счет использования разности геодезических отметок начала и конца перемещения движущихся масс различного фазового состояния.
- Строительство объектов культурного, бытового, спортивного и оздоровительного назначения в процессе ведения открытых горных работ, а также на базе ранее сформированных карьеров и отвалов.
- Формирование и эксплуатация в выработанных пространствах и на техногенных ландшафтах месторождений из отходов добычи и переработки руд с заданными технологическими свойствами.

В обозримом будущем в качестве основных востребованных из указанных направлений следует рассматривать первые два в совокупности с третьим, то есть размещение промышленных отходов и подготовка к комбинированной отработке запасов месторождения с попутным воспроизводством энергии. В зависимости от направления использования карьеров и отвалов, формируемых в качестве техногенных объектов, в работе выделены основные характеристики, определяющие возможность и эффективность их создания в рамках функционирующей горно-

технической системы при разработке крутопадающих месторождений твердых полезных ископаемых (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Характеристики техногенных георесурсов при их использовании

Характеристика	Показатель	Примечание
Технологическая / потребительская	Вместимость приемной емкости, разность геодезических отметок, экологичность	Определяет направление использования пространственного техногенного георесурса
Геометрическая	Длина и ширина в плане, глубина или высота, объем	Является основой обоснования технологических решений по реализации выбранного направления многоцелевого использования и оценки экономической целесообразности
Гидрогеологическая	Уровень грунтовых вод, водоприток, вид полезного ископаемого, физико-механические свойства пород массива, тела и основания пространственного техногенного георесурса	Определяет степень соответствия и технологической возможности формирования заданных потребительских свойств пространственных техногенных георесурсов
Местоположение	Климатическая зона, уровень хозяйственного освоения территории, категория земель, фоновые концентрации загрязняющих веществ	Определяет потенциальных потребителей формируемых пространственных техногенных георесурсов

В работе проанализированы требования к формируемым техногенным георесурсов со стороны потенциальных потребителей и обозначены принципы целевого использования пространственных техногенных объектов, которые предполагают одновременной ввод в эксплуатацию самостоятельных объектов и сооружений, сформированных в процессе добычи полезных ископаемых. Параметры техногенных пространств необходимо определять в соответствии с предложенной принципиальной схемой целевого использования пространственных техногенных георесурсов (рисунок 1.16).

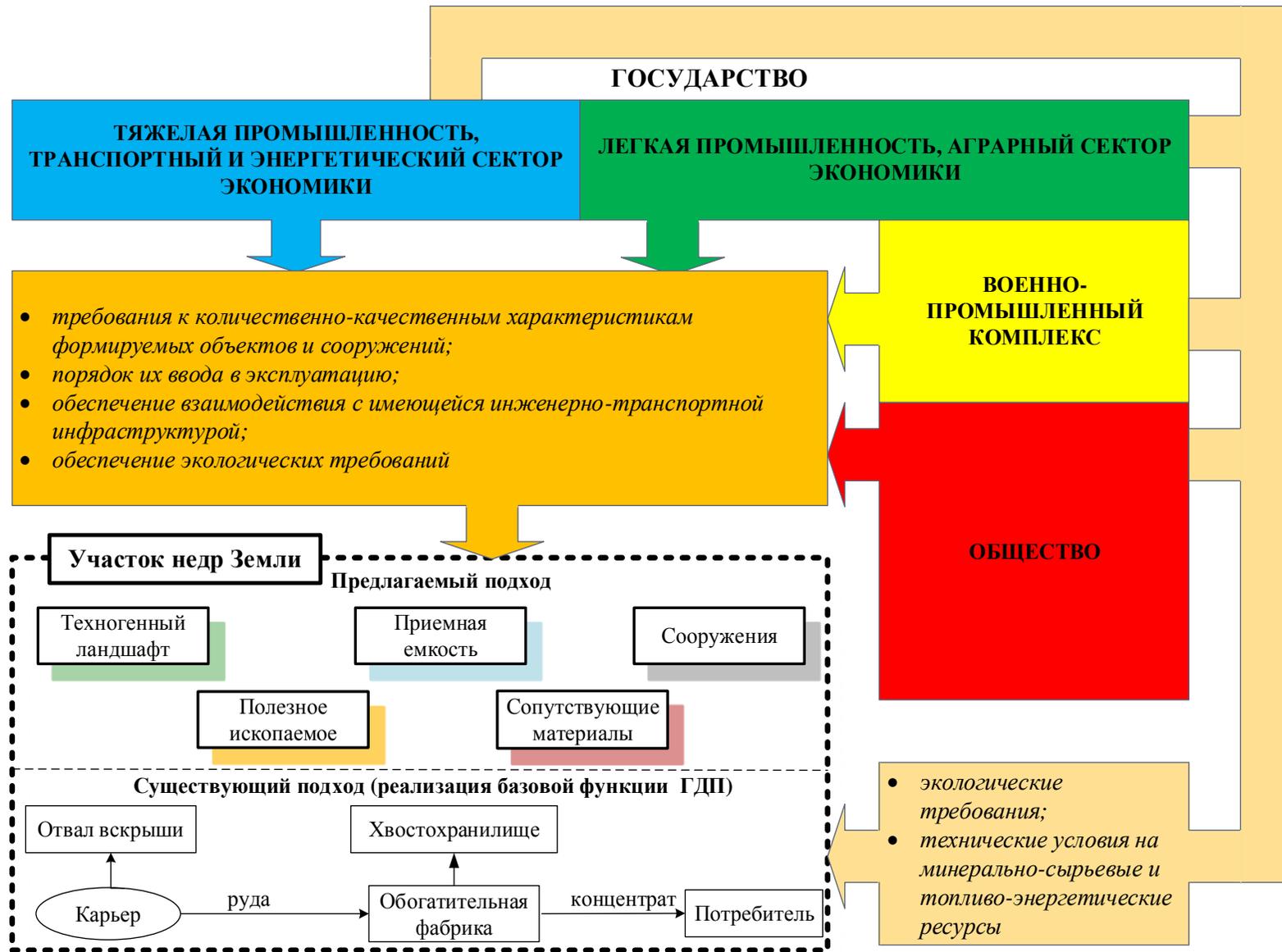


Рисунок 1.16 – Принципиальная схема целевого использования пространственных техногенных георесурсов

В соответствии с обозначенными перспективными направлениями использования техногенных георесурсов следует выделить в качестве основных следующие характеристики горнотехнических сооружений:

1. При формировании в качестве емкостей для размещения отходов собственных или сторонних предприятий, а также отходов потребления:

- геометрические параметры емкости (длина и ширина пространственного техногенного георесурса в плане, а также его глубина или высота ограждающих дамб);
- физико-механические свойства пород, слагающих массив и дамбы техногенной пространства, а также пород основания, на котором размещен данный техногенный объект;
- физико-механические и реологические свойства размещаемых промышленных отходов;
- гидрогеологические условия месторождения и района ведения горных работ.

Следует отметить, что обоснование целесообразности реализации данного направления определяется с учетом следующих факторов:

- географическое местоположение месторождения полезных ископаемых;
- количество балансовых запасов (общее, отработанные и оставшиеся);
- стадия функционирования горнодобывающего предприятия;
- степень развития инфраструктуры района ведения добычных работ.

2. При использовании выработанных пространств карьеров и отдельных его элементов для обеспечения вскрытия карьерного и подготовки шахтного полей с целью осуществления очистных работ при отработке запасов, приходящихся на подземный способ добычи, а также законтурных запасов при комбинированной геотехнологии:

- разность отметок дневной поверхности и устья соответствующей подземной горной выработки;
- ширина предохранительной и транспортной бермы, а также ее продольный уклон;
- наличие и параметры горизонтальных и пологонаклонных участков в районе выхода подземных горных выработок в борт карьера, а также вдоль осей коммуникаций, обеспечивающих транспортную связь рудника с дневной поверхностью.

3. При возведении сооружений и объектов, предназначенных для воспроизводства возобновляемой энергии за счет использования конфигурации и иных свойств формируемой насыпи, а также разности отметок начала и конца перемещения движущихся масс:

- разность геодезических отметок соответствующих площадок, участков, урезов и иных элементов, используемых при преобразовании потенциальной энергии в электрическую или иную энергию;
- геометрические параметры сооружений (длина, ширина и контур в плане, уклон, высота/глубина, вместимость);
- физико-механические свойства пород слагающих данных сооружений и их основания;
- гидрогеологическая характеристика района.

4. При подготовке к строительству объектов культурно-социальной сферы:

- уровень хозяйственного освоения территории;
- категория земель, прилегающих к району формирования пространственных техногенных георесурсов;
- вид добываемого полезного ископаемого;
- геометрические параметры контуров подсчета запасов в плане;
- климатическая и экологическая характеристика района;
- перспективные направления развития региональной политики.

Таким образом, совмещение работ по добыче полезных ископаемых и целенаправленное формирование и ввод в эксплуатацию техногенных объектов различного назначения для соответствующих отраслей народно-хозяйственной деятельности человека позволит обеспечить повышение полноты и комплексности освоения участка недр Земли. При этом технологическая возможность и эффективность каждого направления определяется своевременностью обоснования параметров горнотехнической системы комплексного использования природных и техногенных георесурсов с учетом постоянного совершенствования и развития научно-методических основ определения параметров горнотехнических систем при комплексном освоении участка недр.

1.5 Цель, задачи и методы исследований

Современное состояние открытых горных работ характеризуется, с одной стороны, постоянным усложнением горно-геологических и горнотехнических условий, с другой – внедрением высокотехнологичных решений в области проектирования, планирования и ведения добычных работ, обеспечивающих компенсацию негативных факторов освоения минерально-сырьевых ресурсов. На фоне снижения качества практически по всем видам полезных ископаемых и резкого повышения удельных затрат на разработку крутопадающих месторождений, вызванных увеличением глубины карьеров, высоты и протяженности отвалов, стоимости отчуждаемых земель, обеспечением экологических требований, отечественные горнодобывающие предприятия обладают рентабельностью не менее 30%. Это в первую очередь обусловлено внедрением высокоэффективных решений в области проектирования и ведения горных работ, а также учета и контроля качества их выполнения. Отдельным, применяемым на практике, направлением, является снижение себестоимости добычи и переработки полезных ископаемых за счет использования ранее сформированных техногенных георесурсов, таких как техногенные емкости и ландшафты, вскрывающие выработки, конструкции и сооружения. При этом реализация данного направления позволяет одновременно снизить затраты на добычу и переработку полезных ископаемых при обеспечении мероприятий по восстановлению земель, нарушенных горными работами. Однако данные решения являются единичными для отрасли вследствие технологических ограничений и экономической нецелесообразности использования отработанных карьеров для размещения продуктов переработки полезных ископаемых или отходов сторонних промышленных предприятий без дополнительных капиталоемких мероприятий по созданию технологических площадок и коммуникаций для доступа в требуемую часть выработанного пространства.

При этом главной причиной, препятствующей реализации потенциала выработанного пространства карьера и ландшафтных объектов, является несовершенство существующего подхода к проектированию горнотехнической системы, предусматривающего определенную стадийность в освоении участка недр, в рамках которого

отдельными этапами жизненного цикла горного предприятия выделяются разработка запасов полезных ископаемых и мероприятия по ликвидации горных выработок, а также восстановлению земель, нарушенных горными работами. При этом затраты на ликвидацию горнодобывающего предприятия, ведущего разработку запасов крутопадающего месторождения, составляют до 10% от общей стоимости добываемых полезных ископаемых и до 25 % чистой прибыли, полученной при отработке всех балансовых запасов.

Имеющийся положительный опыт использования сформированных в процессе ведения добычных работ техногенных объектов для снижения себестоимости повышения экологической эффективности горного производства, а также постоянное развитие научно-методической базы проектирования открытой геотехнологии определяют необходимость обоснования концепции устойчивого развития горнотехнических систем, позволяющей компенсировать влияние негативных факторов, возникающих на всех этапах освоения крутопадающих месторождений, основой которой должно стать изменение подхода к проектированию горнотехнической системы и обоснованию ее параметров с учетом комплексного использования природных и техногенных георесурсов.

Цель диссертации – обоснование условий устойчивого развития горнотехнической системы открытой разработки крутопадающего месторождения с совокупным использованием природных и техногенных георесурсов.

Идея работы заключается в том, что обеспечение устойчивого развития горнотехнической системы достигается за счет заблаговременного формирования на определенных этапах развития открытых горных работ техногенных ресурсов для их эффективного использования совместно с природными георесурсами.

Анализ опыта комплексного освоения месторождения и изученности проблемы целенаправленного формирования и использования техногенных георесурсов при разработке крутопадающих месторождений позволил сформулировать первоочередные задачи выполнения исследований, среди которых:

– анализ практического опыта использования природных и техногенных георесурсов при комплексном освоении участка недр Земли;

- обоснование концепции устойчивого развития горнотехнической системы при освоении запасов крутопадающих месторождений;
- систематизация видов и определение параметров техногенных георесурсов, формируемых в процессе добычи полезных ископаемых;
- исследование факторов, влияющих на параметры и эффективность применения технологических схем формирования техногенных георесурсов, а также ценность горнотехнических сооружений, созданных на базе карьеров и отвалов;
- разработка технологических схем, обоснование параметров и режимов открытых горных работ для формирования горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов;
- разработка геоинформационной модели горнотехнической системы, обеспечивающей создание на базе карьеров и отвалов востребованных техногенных объектов;
- разработка методики обоснования параметров открытой геотехнологии, схемы вскрытия и способов управления потоками полезных ископаемых и вскрышных пород при регулировании режима горных работ на основе применения роботизированного горнотранспортного оборудования;
- разработка практических рекомендаций по совершенствованию технологии открытых горных работ на карьерах Уральского региона при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов в рамках устойчивого развития горнотехнических систем с оценкой их экономической эффективности.

В результате реализации работы должны быть сформулированы теоретические основы и разработаны технологические схемы открытой разработки месторождений одновременного освоения минерального сырья и формирования техногенных георесурсов с заданными характеристиками, обеспечивающих устойчивое развитие горнотехнических систем за счет неопределенно долгого освоения участка недр Земли.

2 РАЗВИТИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ УЧАСТКА НЕДР С СОВОКУПНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ

В последние годы в отечественной и мировой практике открытых горных работ четко прослеживается тенденция начала перехода от принципов комплексного освоения месторождения к принципам комплексного освоения участка недр Земли. Это подтверждается извлечением не только все большего количества компонентов из добытой рудной массы, но и использованием выработанного пространства карьеров в качестве техногенных емкостей для размещения отходов производства и потребления, разработке проектов рекультивации земель, нарушенных горными работами в рекреационных и иных целях, снижении экологической нагрузки в регионе в процессе ведения открытых горных работ [5, 213, 35, 56, 74, 229, 57, 116]. Однако данные примеры носят локальный характер и решения являются обособленными по отношению к горнотехнической системе в целом. Поэтому основными приоритетными направлениями повышения эффективности функционирования горнодобывающих предприятий является целенаправленное формирование и использование техногенных георесурсов при снижении экологического воздействия на окружающую среду не только в процессе ведения горных работ, но и в постэксплуатационный период. В связи с этим, формируемые карьеры и отвалы необходимо рассматривать в качестве техногенных объектов, обеспечивающих снижение и предотвращение экологического ущерба от эксплуатации промышленных предприятий в регионе.

Несмотря на положительные успехи в области повышения эффективности горного производства за счет комплексного освоения месторождений и снижение влияния горного производства на окружающую среду, в настоящее время, без изменения сложившейся концепции ведения открытых горных работ невозможно обеспечить существенное увеличение экономической и экологической эффективности добычи полезных ископаемых открытым способом. Для согласования интересов недропользователей и государства в лице региональных органов власти, администраций муниципальных округов, промышленных предприятий и населения, при освоении участка недр Земли необходимо сформировать концепцию устойчивого

развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии, позволяющую компенсировать влияние негативных факторов, возникающих на всех этапах ведения добычных работ. Выработка стратегии совокупного использования природных и техногенных георесурсов при комплексном освоении участка недр в рамках предложенной концепции базируется на достижении тактических задач по выбору и реализации перспективных направлений формирования техногенных георесурсов с заранее заданными характеристиками и потребительскими свойствами.

Несмотря на то, что идея полноты и комплексности освоения недр была обоснована не менее чем 50 лет назад, [26, 25, 221, 222, 214,], воплотить их на практике в полном объеме в настоящее время не удалось, в том числе и по причине отсутствия концепции устойчивого развития горнотехнической системы при формировании техногенных георесурсов с заданными характеристиками и потребительскими свойствами, непосредственно в процессе ведения добычных работ, как для текущего, так и дальнейшего целевого их использования. Современная научная позиция решения комплексного освоения недр состоит в том, что на основе накопленных знаний о глубинных явлениях и закономерностях природы, свойствах природных и техногенных геосистем, технологических процессах горных работ необходимо разрабатывать новые геотехнологии в рамках горнотехнических систем, обеспечивающих повышение эффективности извлечения и переработки полезных ископаемых из недр, что позволит повысить безопасность работ и экономический уровень функционирования предприятий при открытом и комбинированном способах разработки месторождений [211, 55].

Поэтому разрабатываемая концепция устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии, предполагающая формирование и использование техногенных георесурсов и обеспечивающая компенсацию влияния негативных факторов, возникающих на всех этапах ведения добычных работ, должна основываться на изменении подхода к проектированию горнотехнической системы и обоснованию ее структуры и параметров.

2.1. Формирование стратегии совокупного использования природных и техногенных георесурсов при комплексном освоении участка недр

Следует констатировать тот факт, что на сегодняшний день созданы все условия для формирования и реализации стратегии совокупного использования природных и техногенных георесурсов при комплексном освоении участка недр в рамках концепции устойчивого развития горнотехнической системы. Во-первых, это подтверждается наличием практического отечественного и зарубежного опыта производства работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами, использования имеющихся горнотехнических сооружений для удовлетворения потребностей промышленности в техногенных емкостях и общества в объектах социального и культурного назначения. Во-вторых, со стороны государства и общества внедряются и совершенствуются механизмы регулирования отношений недропользователей в части экологического, экономического и социального взаимодействия, направленные на нормативно-правовое обеспечение взаимных интересов. Таким образом, сегодня горное производство, с одной стороны вынуждено искать пути повышения эффективности своего функционирования, как экономической, технологической и экологической, так и социальной, с другой стороны практикой ведения горных работ подтверждается необходимость рассмотрения открытой геотехнологии не как, исключительно, процесса добычи полезных ископаемых с образованием отходов горного производства, а целенаправленного техногенного преобразования верхней части земной коры для создания новых объектов и сооружений, обладающих востребованными потребительскими свойствами.

Несмотря на то, что в начале 1980 г. академиком Агошковым М.И. предложена классификация георесурсов, определяющая перспективные направления повышения эффективности горных работ, за счет использования их потенциала, полномасштабная реализация данной идеи на добывающих предприятиях страны не воплощена в проектах на разработку запасов месторождений открытым способом. Именно поэтому, сегодня горнодобывающее производство является одним из основных источников загрязнения окружающей среды, поскольку используемая на практике тактика при проектировании горнотехнической системы и ведения гор-

ных работ предполагает максимальное освоение запасов при минимальных затратах с соблюдением требований промышленной и экологической безопасности, при этом вся тяжесть экологических последствий накапливается вплоть до этапа рекультивации, выполнить который, зачастую не представляется возможным по экономическим причинам, либо работы по рекультивации носят характер предотвращения экологического ущерба. Сегодня ситуация складывается таким образом, что недропользователь выполняя предъявляемые к нему требования со стороны государственных органов власти в части освоения запасов недр, неизбежно, по завершению добычных работ, формирует техногенные сооружения, которые после рекультивации не обеспечивают их эффективную эксплуатацию с целью получения прибыли. При таком подходе правомерно возникает вопрос об истощении недр.

Академиком К.Н. Трубецким с соавторами [210] в 2003 г. сформулирована главная задача в области решения экологических проблем освоения недр, состоящая не в изучении самого факта техногенного воздействия горного производства на природу, как это было принято в нашей стране до недавнего времени, а полномасштабное сохранение естественной биоты Земли при освоении недр путем целенаправленного создания и применения геотехнологий и методов переработки минерального сырья, позволяющих не превышать порога возмущения биоты, допустимого по условиям ее существования. Кроме того, они убедительно доказали, что принцип нормирования концентраций загрязняющих веществ по ПДК неосостоятелен [210]. При разработке какого-либо показателя ПДК определяется реакция на первичное загрязняющее вещество одного объекта - организма человека без учета его взаимодействия с окружающей средой (точнее - организма подопытного животного с последующим пересчетом). При этом не учитывается, что на тот же организм человека в зоне функционирования горнодобывающих и перерабатывающих предприятий действует совокупность загрязняющих веществ, которые вместе взятые оказывают принципиально иное колоссальное влияние. Их воздействие на состояние окружающей природной среды – среды обитания человека при нормировании не учитывается вовсе. То есть учет и нормирование вторичных загрязняющих веществ, поступающих в организм человека из окружаю-

щей среды (вода, еда, воздух), и ранее поступивших в нее в виде первичных, не являются предметом превентивной экологической политики горных предприятий.

Таким образом, декларируемая охрана окружающей среды в ходе функционирования горнодобывающих и горно-перерабатывающих производств, в настоящее время сводится преимущественно к соблюдению требований промсанитарии. «Даже при самом скрупулезном выполнении всех установленных санитарно-гигиенических нормативов, природная среда в зонах техногенного воздействия все равно неизбежно разрушается [210]».

Общепринятым критерием эффективности комплексного освоения недр сегодня является показатель полноты использования ресурсов недр ($K_{кон}$) и участвующих в процессе их освоения трудовых и материальных ресурсов, в математическом виде который может быть представлен следующей формулой:

$$K_{кон} = \frac{\sum_{i=1}^N V_i^{\text{извлеченный компонент}}}{\sum_{j=1}^M V_j^{\text{ресурс}}}, \quad (2.1)$$

где $V_i^{\text{извлеченный компонент}}$ – объем извлеченных i -х полезных компонентов в денежном эквиваленте;

$V_j^{\text{ресурс}}$ – объем участвующих в процессе освоения запасов полезных ископаемых трудовых и материальных j -х ресурсов в денежном эквиваленте.

Взаимодействие горного производства с окружающей средой при улучшении условий обитания человека в ходе освоения недр может быть достигнуто только одним путем – целенаправленным формированием техногенных георесурсов в процессе добычи полезных ископаемых. Для этого необходимо на этапах проектирования и эксплуатации горнотехнической системы, обеспечить ее устойчивое развитие за счет совокупного использования природных и техногенных георесурсов, представленных отвалами, выработанным пространством карьера и техногенным ландшафтом.

Разрабатываемая стратегия комплексного использования природных и техногенных георесурсов при комплексном освоении участка недр должна базировать-

ся на принципе формирования в процессе ведения открытых горных работ техногенных объектов и ландшафта, с заданными на этапе проектирования или реконструкции потребительскими свойствами, обеспечивающими их использование в качестве самостоятельных объектов по мере сдачи в эксплуатацию. Тем самым предполагается уход от понятия истощения недр и в полной мере возможно говорить о ресурсовоспроизводстве в рамках горнодобывающего предприятия при функционировании горнотехнической системы. Таким образом, при освоении участка недр Земли обеспечивается добыча полезных ископаемых, а сформированные при этом ландшафт и горнотехнические сооружения будут обладать характеристиками и показателями не хуже тех, которыми характеризовался участок недр до начала его промышленного освоения, как с точки зрения хозяйственной деятельности человека, так и экологического состояния окружающей среды.

В результате проведенного в главе 1 анализа разработаны основные показатели, характеризующие участок недр Земля:

1. Ресурсные (определяются назначением земель)

- Лесной фонд;
- Сельскохозяйственный фонд;
- Водный фонд;
- Особо охраняемые территории;
- Земли запаса, поселений и промышленного назначения.

2. Экологические

- Фоновые концентрации загрязняющих веществ;
- Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ.

3. Экономические

- Стоимостная оценка пригодных к реализации ресурсных показателей;
- Расположение участка недр в непосредственной близости к промышленным предприятиям, агломерациям.

4. Геологические

- Запасы полезных ископаемых;
- Объемы и характеристика вмещающих и покрывающих горных пород.

5. Социальные

- Плотность населения;
- Уровень благосостояния.

Таким образом, на момент окончания геологоразведочных работ и постановки запасов на баланс, в отношении всего участка недр Земли должна быть произведена количественно-качественная его оценка, которую необходимо использовать для определения эффективности конечного состояния техногенного преобразованного участка в процессе добычи полезных ископаемых открытым способом.

В общем виде схема устойчивого развития горнотехнической системы открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений представлена на рисунке 2.1. В рамках предложенной модели отсутствуют противоречия в области экономической и природоохранной деятельности между хозяйствующими субъектами, органами государственной власти и общества. Это обеспечивается тем, что на этапе проектирования горнотехнической системы учитывается текущее состояние района ведения горных работ, интересы общества, промышленности и государства не только в процессе функционирования горнодобывающего предприятия, но и в пост-эксплуатационный период. При этом предусматривается достижение обособленной цели каждого обозначенного субъекта.

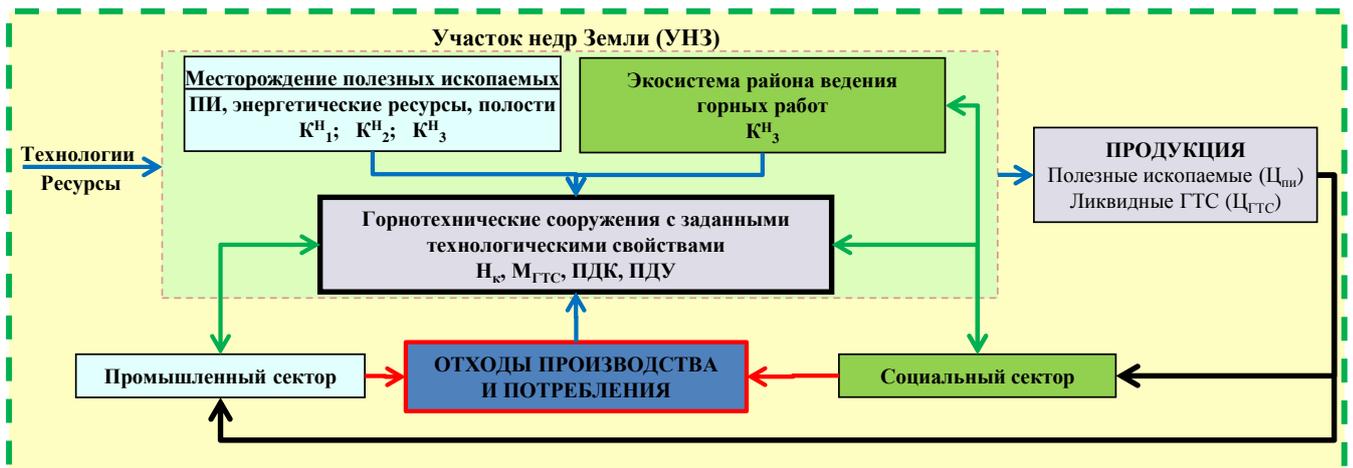


Рисунок 2.1 – Схема модели устойчивого развития горнотехнической системы открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений

Предлагаемая концепция предполагает оценку двух состояний участка недр Земли: начальное и конечное. Под начальным состоянием понимается количественно-качественное выражение всех доступных для использования человеком в

обозримой перспективе ресурсов рассматриваемого участка недр с учетом его географического местоположения, социальных и экологических показателей района ведения добычных работ. Конечное состояние оценивается теми же показателями, только без полезных ископаемых, но с учетом вновь созданных объектов, обладающих востребованными потребительскими и эксплуатационными свойствами, а также характеристиками техногенного ландшафта, обладающими показателями для биоты не хуже начального состояния. При этом, в момент ведения добычных работ, в рамках предлагаемой концепции, необходимо руководствоваться существующими нормативно-правовыми актами и требованиями в области экологической и промышленной безопасности. Математическая запись предлагаемой модели с целевой функцией и системой ограничений имеет следующий вид:

$$J^K = f(J^H; H_k; M_{ГТО}; Z_{ПИ}; Z_{ТГО}) \rightarrow \max, \quad (2.2)$$

$$\begin{cases} J^H = f(V_j, C_{ПИ}); \\ H_k = f(C_{ПИj}; Z_{ПИ}; Z_{ТГО}; k_{вск}; C_{ТГО}); \\ M_{ГТО} = f(C_{ГТО}; Z_{ТГО}); \\ \Phi K^K \leq \Phi K^H, \end{cases}$$

где J^H , J^K – соответственно доход, полученный при комплексном освоении участка недр на начальном и заключительном состояниях рассматриваемого этапа, руб.;

H_k – предельная глубина карьера, м;

$M_{ГТО}$ – морфометрические параметры техногенного ландшафта, м;

$Z_{ПИ}$, $Z_{ТГО}$ – соответственно затраты на добычу полезных ископаемых и формирование техногенных объектов, руб.;

$C_{ПИ}$, $C_{ТГО}$ – соответственно извлекаемая ценность полезных ископаемых и ценность созданных техногенных георесурсов с заданными потребительскими характеристиками, руб.;

V_j – запасы полезных ископаемых, т;

$k_{вск}$ – коэффициент вскрыши, м³/м³;

ΦK^K , ΦK^H – фоновые концентрации соответственно начального и заключительного

тельного состояния осваиваемого участка недр, мг/м³.

В общем виде результат воздействия на горные породы и преобразование потоков ресурсов с целью формирования техногенных объектов в рамках устойчивого развития горнотехнической системы комплексного освоения крутопадающих месторождений может быть представлен следующим образом:

$$J = J_1 + J_2 + J_3 \rightarrow \max, \quad (2.3)$$

$$\begin{cases} J_1 = \sum_{j=1}^Z V_j \cdot C_{\text{ПИ}}; \\ J_2 = \sum_{m=1}^M (M_{\text{ГТО}}; Z_{\text{ГТО}}); \\ J_3 = \sum_{i=1}^N DC_i, \end{cases}$$

где J_1 – доход от реализации полезных ископаемых, руб.;

J_2 – доход от использования целенаправленно сформированных техногенных объектов, руб.;

J_3 – доход от реализации на рынке техногенных объектов в виде новой не профильной продукции горнодобывающего предприятия, руб.;

DC_i – добавленная стоимость техногенного объекта в соответствии с выбранным направлением его использования, руб.

Первое слагаемое в целевой функции является основополагающей, в части предлагаемой концепции освоения участка недр Земли, при этом целевое формирование техногенных георесурсов должно сводиться к обеспечению возможности извлечения максимального количества полезных компонентов, содержащихся в перерабатываемом объеме вещества литосферы.

Количественное значение второго и третьего слагаемых зависит от принятого перспективного направления использования сформированного техногенного объекта и ландшафта или отдельной его части, в соответствии с заранее заданными потребительскими свойствами. В качестве потребителей могут выступать как общество или промышленный сектор экономики, так и непосредственно государство. При этом стоимостная оценка должна осуществляться на основе доходного

подхода оценки бизнеса с учетом дополнительно создаваемых рабочих мест как для формирования горнотехнической системы с заданными потребительскими свойствами, так и ее функционирование в постэксплуатационный период.

В глобальном смысле, общество на протяжении всего своего существования в прямой или косвенной форме осуществляет использование и освоение участка недр Земли. При этом, предлагаемая стратегия целевого формирования и использования техногенных пространств предполагает одновременное участие четырех основных субъектов, осуществляющих освоения участка недр Земли на принципах экономико-экологического и нормативно-правового регулирования. Схема их взаимодействия представлена на рисунке 2.2. Следует отметить, что в настоящее время отсутствует не только закреплённая в правовом плане, но и технико-технологически обоснованная система требований к целенаправленному созданию техногенных георесурсов, обладающих заданными потребительскими свойствами и характеристиками, формирование которых осуществляется непосредственно в процессе техногенного преобразования земной коры при добыче полезных ископаемых. В зависимости от приоритетных направлений целевого использования формируемых техногенных объектов, выбор которых следует осуществлять с учетом предложенных показателей участка недр Земли, со стороны каждого обозначенного субъекта необходимо определить основные требования для эффективного функционирования и жизнедеятельности в рамках единой системы, эксплуатирующей и обслуживающей обозначенный участок недр Земли. При этом, регулирование в области принятия конечных решений по комплексному освоению недр должно быть закреплено за государством.

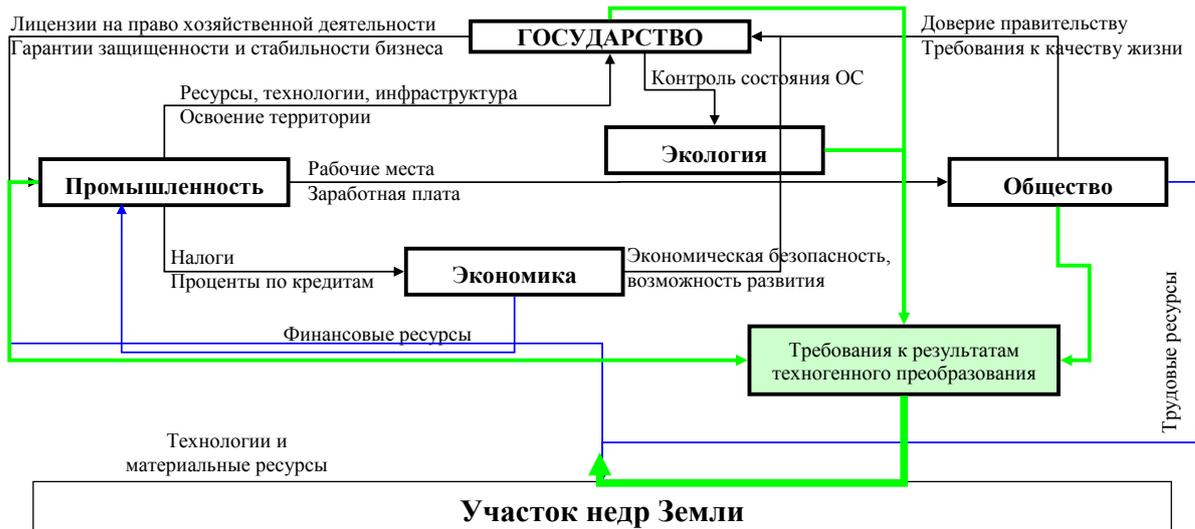


Рисунок 2.2 – Схема взаимодействия субъектов, участвующих в использовании и освоении участка недр Земли

К сожалению, приходится констатировать, что в настоящее время освоение участка недр Земли при добыче балансовых запасов фактически осуществляется с преследованием одностороннего интереса со стороны каждого рассмотренного субъекта. Поэтому назрела необходимость на этапе проектирования горнотехнической системы включение и учет системы требований, предъявляемых обществом и промышленностью при контроле со стороны государственных структур, к формируемым в процессе освоения запасов горнотехническим сооружениям, с целью обеспечения заданных потребительских свойств, что позволит реализовать идею совокупного использования природных и техногенных георесурсов при комплексном освоении участка недр. Преимущества предлагаемой стратегии целевого формирования и использования отвалов вскрышных пород и выработанного пространства карьеров в качестве ликвидных техногенных объектов и техногенного ландшафта с заданными морфометрическими показателями представлены в таблице 2.1. При этом следует понимать, что в соответствии с традиционным подходом открытые горные работы, на рассматриваемом участке недр Земли, имеют временное воздействие на вещество литосферы, ограниченное производительностью карьера по полезному ископаемому и их запасами, с учетом последующего восстановления нарушенных земель. В рамках предлагаемой стратегии ведение горных работ в совокупности с вмещающим участком недр предусматривает преумножение его потенциала.

Таблица 2.1 – Условия (показатели) взаимодействия субъектов освоения недр

Субъекты	Результаты (показатели) освоения недр				Существенные отличия
	Существующий подход		Предлагаемая стратегия		
	«+»	«-»	«+»	«-»	
Промышленность	Добыча ПИ	Отвалы вскрыши, отработанные карьеры, склады техногенного сырья	Добыча ПИ, формирование объектов с потребительскими свойствами.	Незначительное увеличение стоимости горных работ	Постоянное преобразование недр, включающее их истощение. Создание новых объектов, обладающих конечной стоимостью.
Социум	Развитие инфраструктуры, предоставление рабочих мест на период горных работ	Локальное ухудшение среды обитания не только в процессе добычи, но по ее завершению	Качественное изменение среды обитания, предоставление рабочих мест на неограниченный срок	Возможна необходимость неоднократного изменения профиля работы и квалификации	Человек рассматривается, не как трудовой ресурс, используемый с целью получения прибыли при добыче ПИ, а в том числе как конечный пользователь преобразованного участка недр.
Экология	Локальный контроль ПДК и ПДС	Негативное влияние техногенных массивов до завершения рекультивации	Рекультивация земель, нарушенных горными работами производится практически одновременно с добычными работами	Отсутствуют	Отсутствие отходов, соответственно экологических выплат. Воздействие на экологию исключительно в процессе ведения горных работ в пределах ПДК.
Экономика	Доход от продажи лицензии и налог на добычу.	Разовые выплаты и поступление налогов только в период добычи ПИ	Изменение экономики района, вывод на рынок новых коммерческих объектов	Возможность получать налоговые отчисления в течении неограниченного периода времени.	Возможность получения прибыли не только в процессе добычи ПИ, но и после, за счет эксплуатации сформированных горнотехнических сооружений
Государство	Локальное освоение территории, занятость населения на период добычи ПИ	Фактически безвозвратная потеря хозяйственной ценности разрабатываемого участка недр	Возможность реализации новых видов хозяйственной деятельности в районе ведения горных работ с последующей занятостью населения на неограниченный период времени	Разработка нормативно-правовой базы систем взаимоотношений недропользователя, социума и государства	Государство способно осуществлять заказ на техногенное преобразование недр с целью получения необходимых результатов, за счет частных инвесторов, при не ухудшении хозяйственной ценности разрабатываемого участка.

Участок недр Земли с целью его комплексного освоения необходимо рассматривать не только с позиции количественно-качественной оценки, но и местоположения, от которого зависит целевое выполнение работ по обеспечению требований со стороны государства, общества и промышленности. Именно месторасположение месторождения полезных ископаемых является основополагающим фактором при определении конечных характеристик и показателей техногенного преобразования части литосферы в которой оно находится. При этом, подход к целенаправленному преобразованию участка недр Земли с целью перевода его в состояние, обеспечивающее выполнение новых социально-экономических функций или существенное повышение эффективности их выполнения, полностью соответствует положениям межгосударственного стандарта ГОСТ 17.8.1.01-86. «Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения» [36].

С точки зрения общества, требования, которые могут быть предъявлены к горнодобывающему предприятию, ведущему разработку месторождений полезных ископаемых, сводятся к обеспечению социальных и экологических функций в рамках преобразуемого участка недр Земли. Рассматривая социальные функции в контексте формирования и реализации потенциала георесурсов, следует выделить медико-биологические и социально-психологические благоприятности условий жизни людей [36], которые могут быть обеспечены вводом в эксплуатацию объектов культурного, бытового, спортивного и оздоровительного назначения. При этом, удаленность месторождения от населенных пунктов определяет степень потребности общества в объектах культурного, бытового, спортивного и оздоровительного назначения, которые должны быть сформированы в процессе освоения балансовых запасов полезных ископаемых.

Аналогичным образом, наличие промышленных предприятий и уровень развития инфраструктуры в районе разработки месторождения полезных ископаемых оказывает принципиальное влияние на выбор направления формирования горно-технических сооружений в виде объектов, обладающих заранее заданными полезными качествами. Наиболее перспективными объектами, созданными при преобразовании недр Земли, для промышленности являются емкости для размещения

отходов производства или продуктов их переработки. Требования к эксплуатационным показателям и качеству горнотехнических сооружений, созданных под нужды различных производств должны быть сформулированы промышленным сектором с учетом перспективы их реализации не более чем на 10-15 лет. Интервал времени, в течение которого должны быть сформированы и реализованы техногенные пространства горнотехнических сооружений, определяется периодом инвестиционной оценки.

С целью обеспечения контроля и сопоставления достигаемых в процессе ведения открытых горных работ результатов по освоению запасов и формирования техногенных пространств с показателями исходного состояния участка недр Земли необходима разработка независимой системы мониторинга состояния окружающей среды и эффективности функционирования горнодобывающего предприятия.

С целью реализации предложенной концепции устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии, позволяющей компенсировать влияние негативных факторов, возникающих на всех этапах ведения добычных работ, разработаны методологические аспекты, которые необходимо учитывать при проектировании горнотехнической системы, обеспечивающей совокупное использование природных и техногенных георесурсов:

- контроль и учет интересов государства, общества, недропользователя и сторонних хозяйствующих субъектов при комплексном освоении участка недр;
- определение перспективных направлений использования формируемых техногенных объектов и ландшафта в процессе освоения балансовых запасов месторождения;
- системность при определении ценности техногенных георесурсов, формируемых с заранее заданными потребительскими характеристиками, при обеспечении заданной производственной мощности карьера по полезным ископаемым;
- регулирование режима горных работ с учетом заблаговременного развития работ на участках с требуемыми физико-механическими свойствами горных пород и потребительскими характеристиками формируемых техногенных объектов;
- оптимизация и обеспечение качества выполняемых работ по освоению при-

родных и техногенных георесурсов в соответствии с выбранным перспективным направлением их использования при внедрении современных систем позиционирования и роботизированного горнотранспортного оборудования.

Таким образом, предложенная стратегия, предполагающая всесторонний анализ и оценку вовлекаемого в разработку участка недр Земли, формулирование требований к конечному состоянию преобразованного ландшафта с регламентацией конкретных показателей государством, обществом и промышленностью и их достижение в процессе добычи полезных ископаемых, обеспечивает такое состояние окружающей природной среды, которое превосходит по характеристикам исходное состояние. При этом, разработанная стратегия позволяет ликвидировать ряд существующих на сегодняшний день противоречий между:

- увеличением средств на природоохранную деятельность и постоянным ухудшением экологического положения в регионах и в стране в целом;
- увеличением объема отходов добывающего и перерабатывающего производства и снижении объем их использования и обезвреживании при ужесточении экологического законодательства;
- правовым регулированием природоохранной деятельности и природопользованием;
- антропогенным воздействием на литосферу и создания/улучшения состояния экосистемы на рассматриваемой географической оболочке [36];
- внедрения ресурсовоспроизводящих технологий при освоении запасов месторождений полезных ископаемых открытым способом и складированием вскрышных пород и отходов переработки на дневной поверхности.

В основу целевого формирования отвалов и выработанного пространства карьера положены следующие методологические подходы [100, 142, 133, 137, 144, 64, 141, 132, 135, 105, 171, 165]:

- Определение перспективных направлений целевого использования формируемых техногенных пространств и ландшафта в процессе освоения балансовых запасов месторождения;

- Классификация горнотехнических систем при их целевом формировании и использовании с учетом требований со стороны промышленного и социального сектора при контроле и учете интересов государства и недропользователя;
- Системность при определении ценности карьеров и отвалов, формируемых с заданными потребительскими свойствами, а также параметров открытых горных работ для обеспечения целевого использования горнотехнических систем;
- Регулирование режима горных работ с учетом целевого формирования и использования техногенных георесурсов с заданными эксплуатационными и потребительскими свойствами, обеспечивающих повышение потенциала осваиваемого участка недр;
- Обеспечение качества выполняемых работ по формированию горнотехнических систем в соответствии с выбранным целевым направлением их использования с применением современных систем позиционирования горнотранспортного оборудования.

Таким образом, предложенная стратегия комплексного освоения природных и техногенных георесурсов, создаваемых в процессе разработки месторождения, с заданными потребительскими свойствами в соответствии с требованиями, предъявляемыми со стороны взаимодействующих субъектов обуславливает наличие ценности выработанных пространств карьеров и отвалов. Определение и учет ценности техногенных георесурсов на этапе проектирования горнотехнической системы, обеспечивает ее устойчивое развитие в процессе освоения участка недр.

2.2 Развитие методологических подходов и принципов определения ценности техногенных георесурсов при их целенаправленном формировании и комплексном использовании

Следует констатировать, что сегодня освоение участка недр Земли с утвержденными балансовыми запасами осуществляется на определенных компромиссах со стороны недропользователя и государства, которое в том числе, регулирует экологические аспекты рассматриваемого вопроса. Со стороны недропользователя это выражается в том, что на момент отработки запасов и прекращения функцио-

нирования горнодобывающего предприятия, согласно налоговому законодательству Российской Федерации [88], остаточная стоимость производственных фондов карьера отсутствует, что значительно повышает себестоимость его продукции. Это является одной из причин отсутствия заинтересованности недропользователя в инвестировании средств в целенаправленное формирование в процессе непосредственного функционирования горнотехнических систем техногенных георесурсов с заданными потребительскими свойствами, отличными от тех, которые требуются исключительно для рационального природопользования, или их дополняющими. Компромиссные решения со стороны государства направлены на максимально эффективное использование всех имеющихся ресурсов при обеспечении требуемого уровня промышленной, экологической и социальной безопасности. При этом, по причине высокой инерционности законодательных инициатив в области недропользования, вызванной в том числе отсутствием активности и заинтересованности органов региональных властей в частичном или полном использовании горнотехнических систем в развитии градостроительной, социальной и других сферах региона, на этапе проведения аукционов или конкурсов на право пользования недр с целью добычи полезных ископаемых, не предусматривается возможность создания ликвидных техногенных объектов, непосредственно в процессе ведения открытых горных работ.

С другой стороны, государство, выступая гарантом стабильности и безопасности в части социальных и экологических аспектов регулирует деятельность недропользователя в процессе разработки месторождений твердых полезных ископаемых. При этом, нынешняя природоохранная деятельность горнодобывающих предприятий характеризуется низкой эффективностью и позволяет обеспечить необходимую сохранность элементов их экотопа [42]. Наряду с тем, что горно-перерабатывающая промышленность является лидером по показателю земельности по сравнению с другими отраслями народного хозяйства [87], необходимо решение вопросов связанных с определением перспективных направлений формирования и использования техногенных георесурсов, формируемых в рамках горнотехнической системы с заданными потребительскими свойствами. Предла-

гаемая концепция устойчивого развития горнотехнической системы базируется на стратегии совокупного использования природных и техногенных георесурсов с учетом взаимовыгодного сотрудничества всех участвующих субъектов при комплексном освоении участка недр в рамках устойчивого развития горнотехнической системы представлена на рисунке 2.3

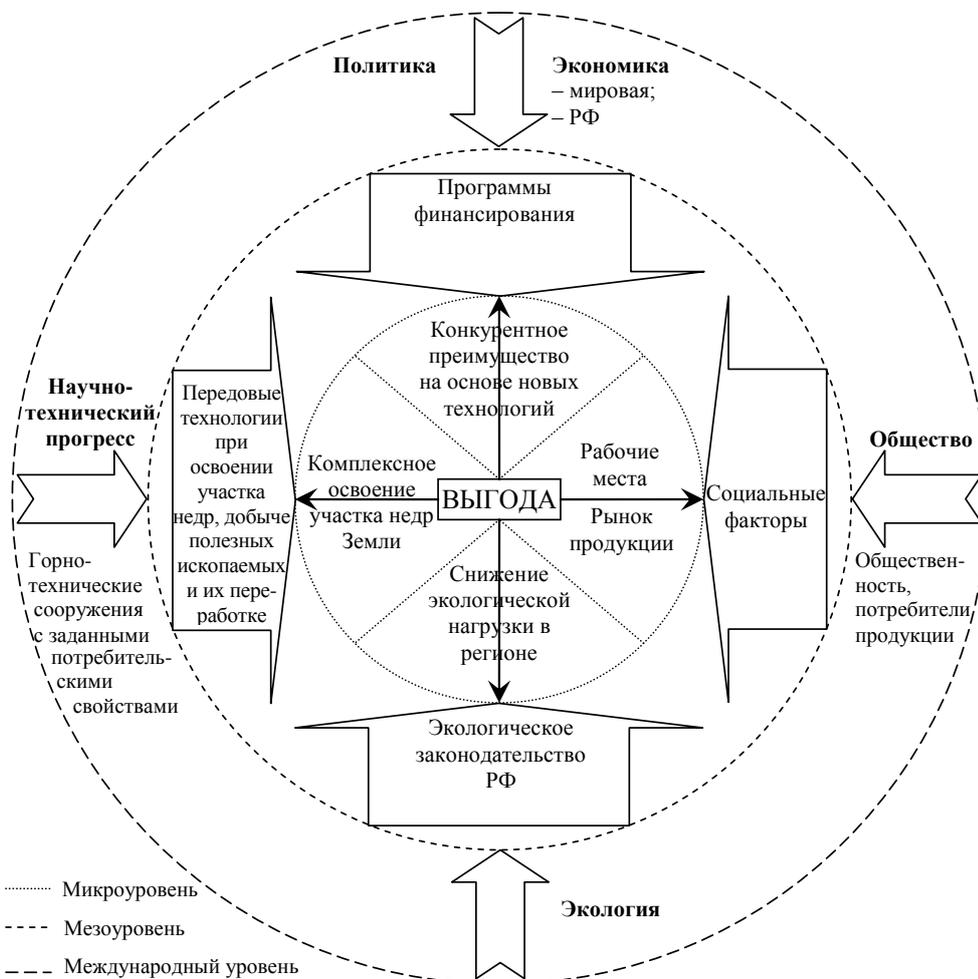


Рисунок 2.3 – Стратегия комплексного освоения участка недр Земли

Разрешить сложившиеся противоречия между интересами бизнеса, государства и общества при разработке крутопадающих месторождений твердых полезных ископаемых представляется возможным только при условии обеспечения устойчивого развития горнотехнической системы с неопределенно длительным периодом освоения недр при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов. Это позволит расширить стратегическую ориентацию на комплексное освоение участка недр Земли и дополнить цели открытых горных работ, относительно максимального количества извлекаемых компонентов минерально-

го сырья, поиском и внедрением решений по повышению эффективности формирования и использования техногенных георесурсов.

На основе анализа накопленного отечественного и зарубежного опыта использования выработанного пространства карьеров и отвалов для повышения эффективности горнодобывающих предприятий [244, 252, 254, 255, 67, 68, 128, 22, 48, 107, 96, 140] систематизированы перспективные направления совокупного использования природных и техногенных георесурсов на этапе разработки месторождений твердых полезных ископаемых (таблица 2.2).

Все представленные перспективные направления использования техногенных георесурсов характеризуются как конкретные, локализованные и направленные на получение реальных выгод как предприятиям, так и государству. Для предприятия реальные выгоды представлены в виде экономического эффекта, который образуется по двум критериям: минимум затрат и максимум прибыли. Для государства реальные выгоды представлены в виде экологического и природоохранного эффектов.

Системная же эффективность функционирования горнотехнической системы при реализации направлений по комплексному использованию природных и техногенных георесурсов должна дополнительно предусматривать и социальную и бюджетную эффективность. Что в настоящее время не осуществляется и не предусматривается.

Таблица 2.2 – Перспективные направления комплексного использования техногенных георесурсов

Направление использования техногенных георесурсов	Практическая реализация	Эффективность направлений использования
Формирование горнотехнических сооружений с заданными потребительскими свойствами	1. Создание на базе горнодобывающего предприятия ликвидных объектов, например, полигона для размещения отходов производств и потребления. 2. Применение технологии возврата в недра части отходов ГОКов	1. Обеспечение технического этапа рекультивации в процессе добычных работ. Строительство и ввод в эксплуатацию самостоятельных коммерческих объектов на базе карьеров и отвалов. 2. Использование в качестве критерия минимума землеемкости при выборе параметров и конструкции склада отходов позволяет снижать экологический ущерб на 4-8 % [41]

Окончание таблицы 2.2

Переработка накопленных техногенных отходов (Производственный рециклинг)	Применение рециклинга (от англ. recycling — повторный цикл). В случаях, когда характер отходов позволяет их утилизировать в том же производстве, где они образуются, применение производственного рециклинга [31]	Эффект снижения стоимости вторичного сырья (отходы производства) при использовании его в производстве новых видов продукции (например, доменные и сталеплавильные шлаки, потребляемые в качестве сырья, основных материалов в строительной отрасли)
Формирование техногенных месторождений, возможность разработки которых появится в будущем при совершенствовании соответствующих технологий	Проектирование складов (а не отвалов) горных пород при разработке рудных месторождений с целью формирования техногенных месторождений	Перспективное повышение эколого-экономической эффективности последующей разработки техногенных месторождений на 5-9 % [77, 32]

Социальная эффективность коррелирует с *эффектом добавленной стоимости* и формируется за счет создания дополнительных рабочих мест для жителей тех регионов, в которых созданы значительные объемы отвалов вскрышных пород, хвостохранилищ и других техногенных накопителей.

Показатель «добавленная стоимость» относится к одному из терминов и базовых критериев, используемых как в мировой, так и в отечественной практике. Добавленная стоимость формируется следующим образом: если из стоимости произведенной продукции за определенный период времени (включая увеличение запасов готовой продукции и незавершенное производство), вычесть стоимость потребленных материальных средств производства (сырья, материалов, энергии и других затрат, приравненных к материальным), то получится стоимость, которую действительно добавили к стоимости потребленных материалов [13, 247, 238].

Структура затрат, формируемая по четырем элементам затрат в соответствии с налоговым кодексом РФ (25 глава), включает: расходы на оплату труда (с учетом социальных взносов во внебюджетные фонды), материальные затраты, амортизацию и прочие расходы. Исключение материальных расходов из их общей суммы формирует добавленную стоимость. Это означает, что все работы по целенаправленному формированию карьеров и отвалов в качестве ликвидной продукции, а также при переработке отвалов вскрышных пород, хвостохранилищ и других отходов горно-перерабатывающего предприятия добавляют стоимость продукции. Величина до-

бавленной стоимости свидетельствует о масштабах деятельности как самого предприятия, так и региона, в котором оно функционирует. Масштаб деятельности (эффект масштаба) предприятия учитывает и вклад в национальное богатство [4].

Особую значимость имеют добавленные расходы на оплату труда персонала, вовлеченного в работы по подготовке к размещению и переработке промышленных отходов, а также формированию и эксплуатации сооружений, созданных на базе горнодобывающего предприятия в процессе добычи полезных ископаемых. Эффект проявляется в создании дополнительных рабочих мест и формировании заработной платы на этих вновь созданных дополнительных рабочих местах. При этом частично, в зависимости от региона и полностью решаются проблемы безработицы на территории разработки месторождения. Повышается платежеспособность населения данной территории и соответственно повышается деловая активность региона. Дополнительно к перечисленным преимуществам добавляется и бюджетная эффективность:

- пополняются бюджеты за счет увеличения налога на прибыль при увеличении объемов выпускаемой продукции и оказываемых услуг;

- пополняются внебюджетные фонды за счет увеличения социальных взносов на начисленную добавленную заработную плату;

- пополняются бюджеты за счет увеличения налога на доходы физических лиц (НДФЛ) на добавленную заработную плату (рисунок 2.4).

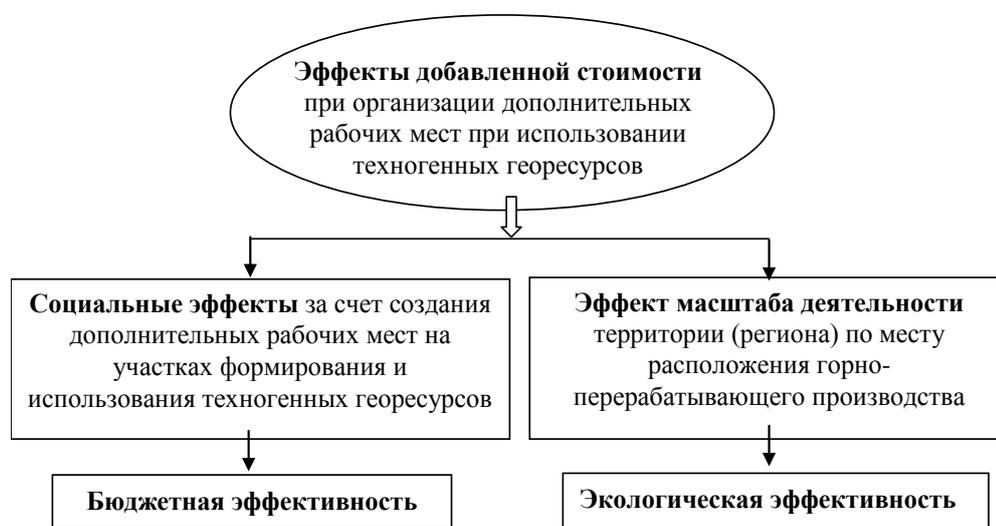


Рисунок 2.4 – Системное представление эффективности добавленной стоимости при использовании техногенных георесурсов

Особенный интерес представляют направления по производственному рециклингу с подготовкой и вовлечением в разработку техногенных месторождений не только с целью извлечения ценных компонентов, а последующим использованием переработанных пород, в том числе для формирования техногенного ландшафта и иных целей [31].

Следует отметить, что термин «рециклинг», как повторный цикл (более точный перевод с лат. – противоположное действие), не соответствует процессному подходу к формированию добавленной стоимости. На повторном цикле производства (переработка отходов) формируются все затраты, учтенные в составе себестоимости этих работ, по принципу: «новый процесс–новая продукция–новые затраты» (рисунок 2.5).

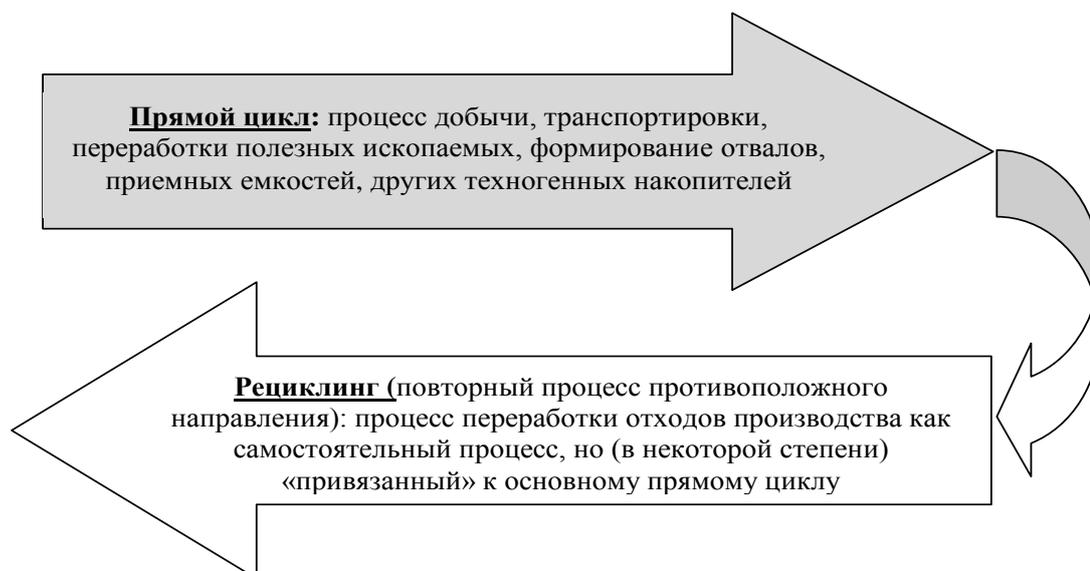


Рисунок 2.5 – Существующая система взглядов на комплексное использование минеральных ресурсов

Добавленная же стоимость, по своей сути, не может формироваться на повторном цикле. Она формируется в *последовательном продолжении основного производственного процесса* по добыче, транспортировке, переработке продуктов добычи и полном использовании всех пород горного производства, а не против хода этого процесса. Именно при таких «законченных производственных процессах» реализуется концепция устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии, позволяющая компенсировать влияние негативных факторов, возникающих на всех этапах ведения добычных работ (рисунок 2.6).

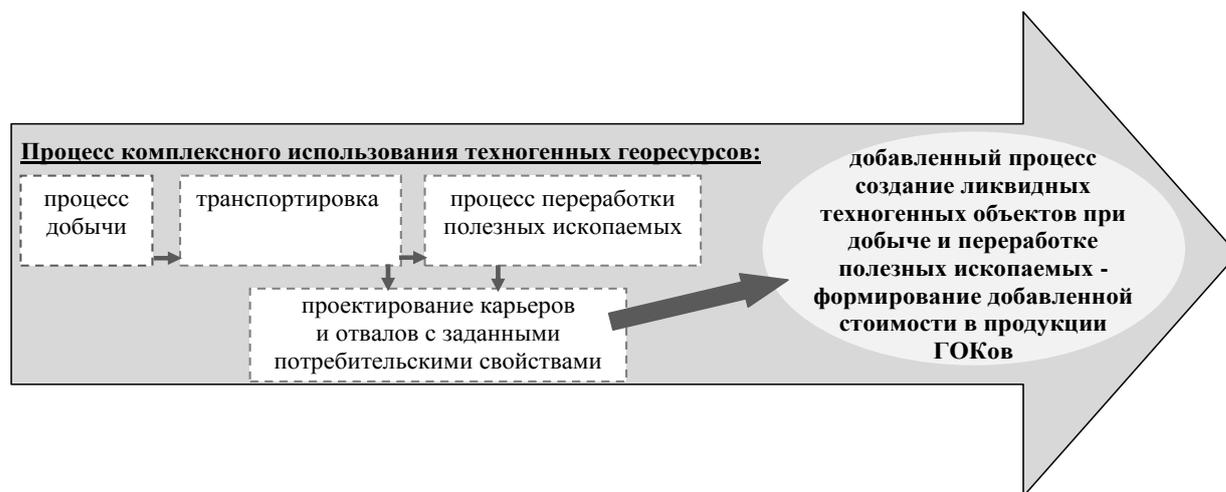


Рисунок 2.6 – Предлагаемый вариант процессного подхода к системе взглядов на комплексное использование техногенных георесурсов

При проектировании и строительстве ликвидных техногенных объектов на базе отвалов и выработанных пространств карьеров, в процессе разработки крутопадающих месторождений, формируемые затраты на добавленном процессе будут характеризоваться как материалоемкие, так как в этот период возникнет потребление вскрышных пород, определенных фракций продуктов переработки руды на обогатительных фабриках и т.д. В этом случае, материальные затраты будут относиться к затратам *прошлого труда*, а не расходы на оплату труда и это следует считать положительным фактором при формировании структуры затрат. Созданные в прошлом времени на предшествующих технологических процессах отходы естественно должны быть переработаны в новую продукцию, которая дополнительно войдет в товарный ассортимент ГОКов. Расширение товарного ассортимента увеличит выручку от реализации товарной продукции и, в свою очередь, увеличит чистую прибыль - конечный финансовый результат.

При условии оснащения участков работы на добавленных технологиях формирования техногенных объектов, в том числе емкостей для размещения промышленных отходов и их переработки соответствующей техникой, автоматизацией и электронизацией технологических операций они могут рассматриваться как аналоги логистических складов. Накапливаемый опыт у персонала, работающего на производстве такого высокого организационно-технического уровня будет способствовать формированию аутстаффингового и аутсорсингового потенциала

ГОКов и способствовать получению дополнительных доходов горнодобывающему предприятию, а также решать более масштабно проблемы с утилизацией отходов производств и потребления.

В этом случае возможны варианты привлечения иностранных инвесторов на такие участки (а не к сырьевым добычным технологиям) с целью передачи технологического опыта комплексной глубокой переработки техногенного сырья. Одним из способов привлечения иностранных инвесторов на подобное производство предлагается рассматривать франчайзинговые схемы организации бизнеса. Они представляет собой особый формат коммерческих отношений, тип организации бизнеса, предполагающий создание широкой сети однородных предприятий с долгосрочными договорными отношениями создающимися для сбыта, в данном случае продуктов переработки отходов.

Вовлечение всех перерабатываемых горных пород в хозяйственный оборот в качестве вторичных минеральных ресурсов, а также самостоятельных ликвидных техногенных объектов является важным инновационным фактором недропользования, значительным резервом ресурсосбережения, а также природоохранным мероприятием [12].

Одним из ключевых приоритетов для технологической платформы разработки крутопадающих месторождений твердых полезных ископаемых является глубокая переработка с последующим перевооружением отечественных перерабатывающих производств наукоемкими технологиями. Нацеленность таких ориентиров – создание энерго-эффективных и ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих реализацию всего вещества литосферы, затронутого при добыче полезных ископаемых в качестве ликвидных продуктов и повышение добавленной стоимости продукции горнодобывающего предприятия. Программные задачи, решаемые для достижения таких целей, должны включать:

1. Внедрение инновационных технологий и организация производства продукции горно-перерабатывающих предприятий, обладающей высокой добавленной стоимостью;
2. Разработка и внедрение современных систем мониторинга процессов до-

бычи, переработки и комплексного использования твердых полезных ископаемых и техногенных георесурсов;

3. Разработка и внедрение эффективных управленческих механизмов для внедрения инновационных технологий на предприятиях, занимающихся освоением месторождений твердых полезных ископаемых и их глубокой переработкой.

4. Повышение энергетической эффективности добычи, обогащения, переработки и комплексного использования твердых полезных ископаемых, текущих и ранее складированных отходов горно-металлургической промышленности на основе внедрения прорывных технологий в области комплексного освоения участка недр Земли;

5. Тиражирование инновационных технологий разработки месторождений твердых полезных ископаемых и глубокой их переработки, а также формирования и использования техногенных георесурсов.

Реализацию данных задач предлагается осуществлять на основе разработанной схемы, представленной на рисунок 2.8.

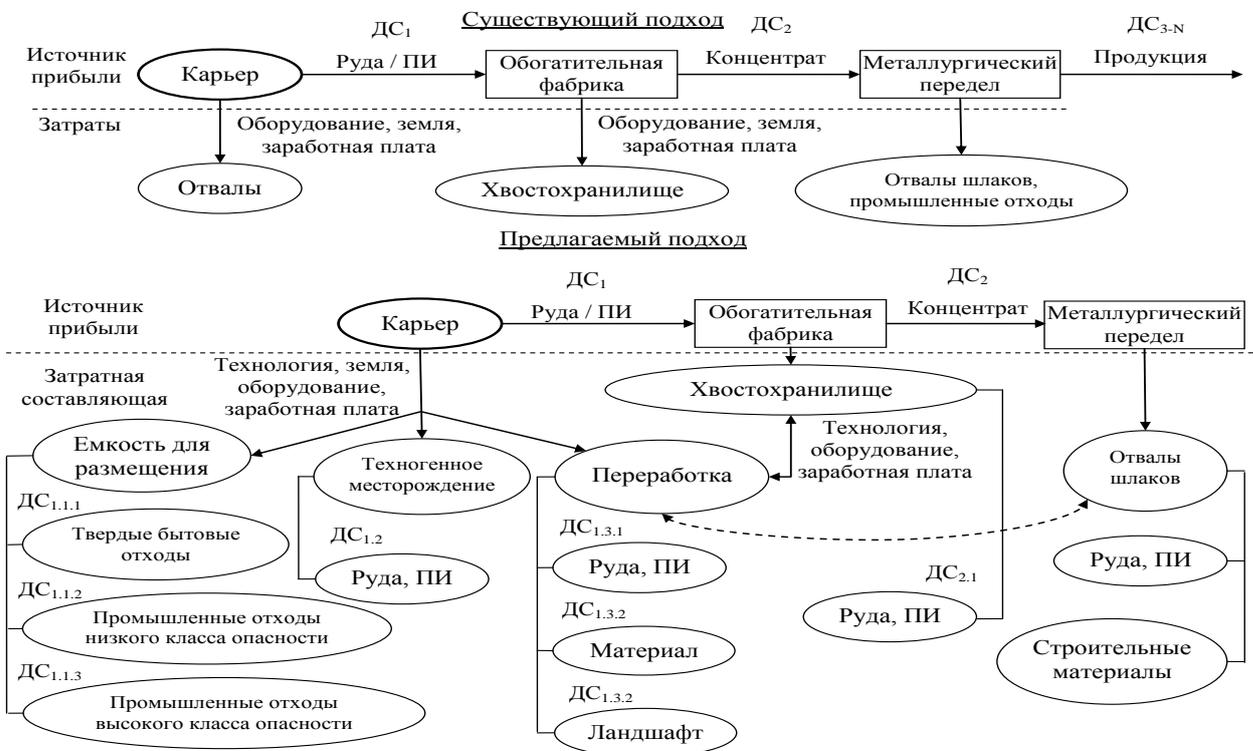


Рисунок 2.8 – Схематическое изображение способов формирования добавленной стоимости на горно-перерабатывающем предприятии

В соответствии с указанными приоритетными направлениями использования

техногенных георесурсов, а также разработанной схемой формирования добавленной стоимости определение суммарного эффекта комплексного освоения участка недр Земли предлагается определять по формуле:

$$ДС = \sum_{i=1}^N (J_i^{реализ} + J_{Ди} - З_{iТГО}^э), \quad (2.3)$$

где i – направление использования техногенного объекта;

$J_i^{реализ}$ – доход от реализации продукции, созданной в соответствии с выбранным направлением использования техногенного объекта, руб.;

$J_{Ди}$ – прочие доходы, в том числе от эксплуатации объектов, созданных при освоении техногенных георесурсов, руб.;

$З_{iТГО}^э$ – затраты на формирование и эксплуатацию техногенного объекта, руб.

Расчет добавленной стоимости обособленно эксплуатируемого техногенного объекта, созданного в процессе основной деятельности горнодобывающего предприятия – добычи полезных ископаемых предлагается осуществлять по следующей формуле:

$$ДС = \frac{ФОТ}{1 - НП}, \quad (2.4)$$

где $ДС$ – добавленная стоимость объекта созданного в результате хозяйственной деятельности горнодобывающего предприятия;

$ФОТ$ – фонд оплаты труда персонала, задействованного при функционировании созданного объекта;

$НП$ – норма прибыли.

Эффективность функционирования горно-перерабатывающего комплекса следует определять с учетом количества направлений формирования и использования природных и техногенных георесурсов непосредственно в процессе основной деятельности горного предприятия - добычи полезных ископаемых, и стоимости создаваемых объектов или дохода, получаемого от их эксплуатации.

Таким образом, добавленная стоимость техногенных объектов при их формировании на всех этапах эксплуатации горнотехнических систем при целенаправленном создании отвалов и выработанных пространств карьеров с заданными потребительскими свойствами, к цене используемых материальных ресурсов на дан-

ном предприятии, состоит из платежей государству, фонда оплаты труда, отчислений во внебюджетные фонды, процентов за кредиты, платы различным инвесторам и, наконец, из прибыли на собственный капитал.

При этом, добавленная стоимость позволяет в рыночных условиях определить ценность техногенных георесурсов, понятие которой предложено в работе [45] и под которым понимается стоимость всех полезных свойств, качеств или компонентов, содержащихся в техногенных объектах, сформированных в результате горных работ, с учетом затрат на использование георесурсов или извлечение из них полезных компонентов. В работе в соответствии с предложенными в параграфе 1.3 вариантами целевого формирования и использования выработанного пространства и отвалов вскрышных пород, непосредственно определены полезные качества техногенных объектов, сгруппированы по реализуемой цели (таблица 2.3). Указанные полезные свойства являются основой при удовлетворении требований со стороны промышленности и общества к формируемым ликвидным техногенным георесурсам.

Таблица 2.3 – Полезные свойства целенаправленно формируемых техногенных георесурсов и затраты на создание

Цели использования	Полезные свойства (качества)	Затраты
Воспроизводство возобновляемой энергии	Разность геодезических отметок начала и конца перемещения движущихся масс, конфигурация насыпи	На обеспечение заданных параметров горнотехнических сооружений
Сооружения (выработки, площадки, ландшафт)	Обеспечение функциональности самостоятельного объекта. Выполнение функций альтернативного сооружения или объекта	На строительство сооружений и ввод их в эксплуатацию
Техногенные полости для размещения отходов добычи и переработки полезных ископаемых	Вместимость данных емкостей, а также их способность принимать к размещению отходы различных классов опасности и агрегатного состояния	На формирование приемных емкостей, транспортирование отходов и их размещение

Таким образом, реализуемые на рынке полезные свойства целенаправленно сформированных на базе карьеров, отвалов и техногенных георесурсов и ландшафтов, в рамках устойчивого развития горнотехнической системы определяют выручку, учитываемую в добавленной стоимости ликвидного техногенного объекта созданного в результате хозяйственной деятельности горнодобывающего предприятия, в том числе для эксплуатации в постэксплуатационный период.

Определение ценности целенаправленно формируемых отвалов и выработанного пространства карьера в качестве ликвидной продукции открытой геотехнологии учтенную в экономической среде и бюджетах разных уровней через добавленную стоимость предлагается осуществлять в соответствии со следующим алгоритмом:

1. Определить потенциальных потребителей объектов и сооружений, формируемых в процессе добычи полезных ископаемых в районе разработки месторождения.
2. Оценить географическое положение месторождения, его гидрогеологические особенности, физико-механические свойства массива и вмещающих пород с целью определения перечня ликвидных техногенных объектов и сооружений, в том числе для собственных нужд горного предприятия, которые возможно создать при целевом формировании отвалов и выработанного пространства карьера.
3. Наметить очередность ввода в эксплуатацию вновь создаваемых ликвидных объектов с учетом спроса на них и производственных мощностей горного предприятия.
4. Определить объемы добычи и обеспечить регулирование режима горных работ в соответствии с потребительскими характеристиками создаваемых объектов, сооружений и техногенного ландшафта при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов.
5. Оценить стоимость каждого нового техногенного объекта с заданными потребительскими свойствами и затраты на его создание.
6. Определить ценность сформированных техногенных георесурсов при целевом использовании карьеров и отвалов вскрышных пород.

Таким образом, методологический подход к определению ценности техногенных георесурсов при их целенаправленном формировании и комплексном использовании предусматривает оценку стоимости ликвидных объектов формируемых в процессе добычи полезных ископаемых при обеспечении заданных потребительских свойств и требований со стороны их конечного пользователя. При этом совокупное использование природных и техногенных георесурсов предусматривает задействование всего объема перерабатываемых горных пород в рамках технологических процессов открытых горных работ. В связи с этим, одним из путей обеспечения эффективности функционирования горнотехнической системы в рамках ее устойчивого развития является обоснование логистической схемы движения потоков горных пород.

2.3 Систематизация и методологические основы обоснования параметров логистической схемы горнотехнической системы с совокупным использованием природных и техногенных георесурсов

В соответствии с современным представлением о горных науках, под горнотехнической системой понимается совокупность горных и инженерно-технических конструкций, технологических процессов, оборудования и технологических подсистем во взаимодействии с вмещающими их участками недр, предназначенных для получения в ходе добычи и переработки полезных ископаемых различных видов товарной продукции [59]. Опираясь терминологией в рамках теории систем – горнотехническая система, обеспечивающая освоение участка недр Земли – это сложная система последовательных действий, состоящая из конечного числа подсистем и элементов, находящихся в постоянном взаимодействии и изменении. Следует отметить, что в горнотехнической системе и слагающих ее подсистемах осуществляются действия, направленные на техногенное преобразование недр и вещества литосферы, при обязательном обеспечении условий промышленной и экологической безопасности, а также надежного выполнения этих действий, причем, не обязательно в недрах Земли, но и на ее поверхности. Это достигается благодаря тому, что каждая из подсистем горнотехнической системы делится на конечное множество более мелких подсистем и ограничивается либо невозможностью дальнейшего деления, либо определенной договоренностью, такие элементарные единицы принято считать исходными элементами или подсистемами первого уровня. В связи с этим, каждая рассматриваемая система с одной стороны представляется сложной системой, с другой стороны выступает подсистемой для систем более высокого уровня, совокупность которых и образует горнотехническую систему [15].

Учитывая результаты работ [216, 215], сегодня комплексное освоение недр Земли необходимо рассматривать как систему взаимодействующих действий, которые направлены на обеспечение полного хозяйственного использования всего извлеченного объема горных пород и сформированных техногенных георесурсов,

в том числе, в неизвлеченном веществе литосферы. При разработке месторождений твердых полезных ископаемых можно выделить материальные потоки, представленные твердыми, жидкими и газообразными веществами [53]:

- поток вскрышных и вмещающих пород, который зарождается в забое и погашается в местах их временного или постоянного складирования;
- поток полезного ископаемого (рудной массы), зарождающийся, также в забое, и погашается в пункте передачи его конечному потребителю, при этом, он в процессе перемещения подвергается переработке с целью изменения количественно-качественных характеристик;
- поток некондиционного полезного ископаемого, переработка которого, имеющимися технологиями, экономически нецелесообразна;
- поток техногенного сырья в твердой и жидкой фазе, зарождающийся в местах складирования и накопления техногенных образований и погашаемый в местах их переработки или нейтрализации;
- поток продуктивных растворов, зарождающийся в местах реализации физико-химической геотехнологии (участки шахтного, скважинного и кучного выщелачивания) и погашаемый в пункте их переработки;
- поток газов, высвобождающихся при разработке запасов твердых полезных ископаемых.

Кроме обозначенных основных потоков, эффективное функционирование и устойчивое развитие горнотехнической системы обеспечивается переработкой вспомогательных потоков материальных и информационных ресурсов, направленных на эксплуатационную разведку, подготовку пород к выемке, изучение массива, осуществление подготовительно-заключительных и иных работ.

В рамках концепции устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии, позволяющей компенсировать влияние негативных факторов, возникающих на всех этапах ведения добычных работ необходимо дополнительно рассматривать следующие потоки:

- поток переработанного вещества литосферы, не представляющий интерес с экономической точки зрения в настоящий момент времени и обозримой перспективе,

при производстве какого-либо продукта на его основе или с его использованием (цель использования – формирование техногенного ландшафта, месторождения, что является развитием технологий активной утилизации отходов);

– поток сырья, полученный в результате переработки извлеченного из недр объема горных пород, в том числе, содержащий балансовые запасы полезных ископаемых (цели: подготовка запасов к переработке; формирование горнотехнических сооружений и коммуникаций с конструкцией и параметрами, соответствующими требованиям конечных потребителей).

– поток вещества литосферы, обеспечивающий не повышение производственных показателей работы горнодобывающего предприятия, а направленный на повышение эффективности комплексного освоения недр Земли (цель использования – формирование приемных емкостей в пределах разрабатываемого участка недр для реализации различных способов добычи полезных ископаемых).

Все указанные потоки предназначены для обеспечения эффективного функционирования и устойчивого развития горнотехнической системы, которая включает ряд технологических подсистем, начиная с ее проектирования и заканчивая получением первой традиционной товарной продукции и не характерных для горнодобывающего предприятия ликвидных техногенных объектов. Следует отметить, что по мере развития технологий, наряду с истощением сырьевой базы, внедряются решения, направленные на разработку «Техногенных минеральных образований», которые преимущественно представлены отходами горного, обогательного и металлургического производств и накоплены на поверхности Земли или в природных или техногенных полостях ее недр, в гидросфере или атмосфере газообразных, жидких либо твердых веществ, созданных в результате производственной деятельности человека в сфере недропользования. Кроме того, в работе [151] систематизации георесурсов, которые разделены на три категории: природные (геогенные), техногенные и природно-техногенные. При этом, сегодня, данные георесурсы рассматриваются как условно статичные объекты, причем на первых осуществляется воздействие с целью вовлечения в народное хозяйство определенных минерально-сырьевых ресурсов, а вторая и третья категория возникают

в результате этого воздействия, а их морфометрические и количественно-качественные показатели определяются исходя из минимизации затрат на формирование и обеспечение промышленной и экологической безопасности. Это позволяет говорить, о том, что сформулированные принципы и подходы в концепции устойчивого развития горнотехнической системы, направленные на повышение эффективности ее функционирования жизнеспособны не только в пределах определенного диапазона параметров как самой системы, так и отдельных ее параметров и весьма легко реализуется масштабируемость технологий, а тем более их перенос на другой объект.

По мнению автора, реализация на практике отдельных направлений по повышению полноты и комплексности освоения недр Земли при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов, несмотря на широкое внедрение системного подхода применительно к горнодобывающим предприятиям, сдерживается сложностью учета влияния взаимосвязей между отдельными ее элементами и подсистемами, которые характеризуются самостоятельными целями, в рамках сложной системы, функционирующей на основе постоянного взаимодействия и переработке материальных и иных потоков. В связи с этим, для обеспечения концепции устойчивого развития горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов за счет взаимодействия различных потоков, предлагается ее рассматривать как логистическую систему. Поскольку логистика – это наука об управлении материальными потоками (запасами), потоками услуг и связанными с ними информационными и финансовыми потоками с целью сокращения суммарных затрат на продвижение этих потоков, проектирование и функционирование горнотехнической системы на основе логистических принципов позволит с минимальными затратами достичь одну или несколько заранее поставленных целей. Объектом исследования логистики как науки и объектом управления логистики как сферы хозяйственной деятельности является система потоков [102].

Следует отметить, что основным условием в логистической системе является то, что потоки не генерируются, не продвигаются, не перерабатываются и не по-

глощаются сами по себе. Для них, также как и для всех известных потоков различной природы, должны существовать, как минимум, источник и среда передачи потока, которая зачастую является и его приемником-поглотителем.

Поскольку логистика как наука находится на стадии развития и сегодня используется несколько толкований понятия логистическая система, в настоящей работе под ней понимается – сложная структурированная технико-экономическая система, которая состоит из элементов-звеньев, взаимосвязанных в едином процессе управления материальными и сопутствующими им потоками в рамках поставленных целей. При этом, элемент логистической системы - некоторый технический, экономически или функционально обособленный объект, не подлежащий дальнейшей декомпозиции в рамках поставленной задачи анализа или построения логистической системы, выполняющий свою локальную цель, связанную с определенными логистическими операциями или функциями.

Следует обратить внимание, что в отличие от традиционного подхода к проектированию горнотехнической системы, когда основными объектами выступают участок недр Земли, как источник минерально-сырьевого потока, потребитель и проводник материальных ресурсов, логистический подход определяет поток как множество объектов разнообразной природы, функционирующих как единое целое в рамках рассматриваемой системы.

В работе предлагается рассматривать горнотехническую систему с позиции логистической системы, в связи с этим выделены и даны разъяснения основных элементов и их функции (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Элементы и основные функции горнотехнической системы, основанной на логистических принципах

Наименование элемента	Основные функции	Объекты	Цели	
			Основная	Промежуточная
1. Входной элемент	Обеспечивает поступление материального потока, представленного объема горной массы и потока услуг по изменению его качества и потока услуг в систему	Участок недр Земли; геологическая и блочная модель месторождения, включающая вмещающие породы; цифровая модель местности; вещество литосферы	Максимизация качества потока вещества литосферы в соответствии с требованиями других элементов системы, в пределах установленного уровня затрат	Минимизация затрат на ввод в систему потоков с заданным уровнем качества

Окончание таблицы 2.4

2. Перерабатывающий элемент	Обеспечивает изменение свойств материального потока с целью удовле-	Оборудование задействованное на добычных и вспомогательных ра-	Максимальное обеспечение требований к качеству матери-	Минимизация затрат на переработку материального потока
-----------------------------	---	--	--	--

	творения требований конечных потребителей в рамках подготовительных, вспомогательных, добычных формирующих функций	ботах, а также при переработке потоков руды и вскрыши и формировании горнотехнических сооружений в виде ликвидных объектов	ального потока и объема всех других систем	при обеспечении качества со стороны других элементов системы
3. Накопительный элемент	Накопление и хранение материальных потоков, регулирование потока услуг по времени, управление запасами	Усреднительные склады, отвалы, хвостохранилища, техногенные месторождения и ландшафт	Максимизация качества и уровня соблюдения требований к структуре потоков в рамках установленного уровня	Минимизация затрат на накопление материального потока и соблюдение заданного качества и уровня надежности при обеспечении требуемой структуры потоков
4. Транспортный элемент	Обеспечивает перемещение вещества литосферы между элементами в системе	Горнотранспортное оборудование	Максимизация качества услуг по перемещению материального потока в пространстве в пределах установленного уровня затрат	Минимизация затрат на перемещение вещества литосферы при обеспечении требуемого уровня качества выполняемых работ
5. Выходной элемент	Осуществляет выбытие материального потока и потока услуг из системы	Оговоренная участниками договора точка передачи прав собственности на полезное ископаемое, сырье или ликвидный объект	Максимизация прибыли системы за счет постоянного повышения качества выходного потока, при соблюдении установленного уровня затрат на реализацию выходного потока	Минимизация затрат на обеспечение выбытия из системы потока, при соблюдении заданного качества продукции
6. Управляющий элемент	Обеспечивает координацию действия всех элементов системы по продвижению и переработке материального потока и потока услуг с учетом постоянного изменения свойств информационных и финансовых потоков	Автоматизированная система управления горнодобывающим предприятием	Выработка управляющего воздействия на элементы, основанного на системе критериев эффективности всей системы	Сбор и обработка информации о каждом элементе для корректировки действий всех элементов системы по продвижению и переработке материального потока

В рамках горнотехнической системы при логистическом подходе под материальным потоком понимается вещество литосферы, отделенное от массива недр Земли, рассматриваемое в процессе применения к нему различных логистических операций и отнесенное к определенному временному интервалу. В отличие от классического представления материального потока в логистической системе, который представлен поступающими извне системы потоками материалов, сырья и полуфабрикатов, горнотехническая система сама является источником этих потоков, а внешние потоки лишь призваны обеспечить выполнение логистических операций с ними.

Под потоком услуг – в рамках горнодобывающего предприятия, функционирующем на основе логистических принципов, следует понимать инновационные

решения и технологии, которые при взаимодействии и комбинации с материальным потоком обеспечивают повышение качества выполняемых работ и конечной продукции на всех процессах открытых горных работ при целевом формировании и использовании отвалов и выработанных пространств карьера. Примерами таких решений и технологий являются системы позиционирования горнотранспортного оборудования и его рабочих органов, технологии безлюдной выемки, передовые системы производства маркшейдерских и других работ.

Эффективное управление потоками в горнотехнической системе, основанной на логистических принципах, невозможно без своевременного сбора и анализа информации об их состоянии, а также состоянии элементов системы, а также без передачи логистическим элементам управляющих команд. По мере усложнения системы за счет целевого формирования и использования пространственных и техногенных георесурсов и соответственно увеличения операций и функций в рамках элементов системы увеличивается потребность в координации их действий, а, следовательно, значительно возрастают объемы, сложность и требования к скорости передачи и обработки информационных потоков, циркулирующих между элементами системы. Поэтому использование информационных технологий и информационных систем, основанных на применении современных методов сбора, передачи, накопления и хранения, обработки и анализа, а также отображения информации, является важнейшим условием функционирования горнотехнической системы на базе логистической концепции. Совершенствование аппаратного и программного обеспечения информационных систем, автоматизированных систем управления горным предприятием, в частности, позволяет учитывать максимальное количество элементов, объединенных логистической системой и функционирующих согласованно.

Под финансовым потоком в рамках горнотехнической системы, функционирующей на логистических принципах, в отличие от традиционного подхода понимается направленное движение финансовых ресурсов для обеспечения каждого материального потока при взаимодействии с ним и внешней средой. При этом целенаправленное формирование техногенных объектов с заданными потребительскими свойствами способствует зарождению дополнительных, не свойственных тра-

диционными горнотехническими системам, финансовых потоков по объему и структуре. Это является способом повышения эффективности циркулирования материальных потоков что, в свою очередь, способствует устранению финансовых преград, влияющих на ухудшение параметров материальных потоков и их замедлению, а также снижению степени их управляемости. При этом следует отметить, что финансовые потоки циркулируют как внутри горнотехнической системы, так и между ней и внешней средой и именно согласованностью между материальными и финансовыми потоками определяется эффективность работы горнодобывающего предприятия.

Учитывая ключевую специфику горнотехнической систем – зарождение материального потока происходит непосредственно в рамках системы и все последующие операции по его переработке и продвижению направлены на повышение показателей качества готовой продукции, подготавливаемой к реализации на рынке, необходимо отметить, что схема функционирования и структура такой системы исключает наличие поставщика сырья, в его традиционном понимании. С одной стороны, в теории это позволяет значительно повысить качество всей широкой номенклатуре готовой продукции горного производства, при реализации концепции целевого формирования и использования отвалов и выработанного пространства карьера, за счет возможности воздействия на вещество литосферы с момента его вхождения в систему и до выхода из нее в виде продукции. С другой стороны, необходимость выработки и принятия управляющих решений для каждого элемента при согласовании основных и промежуточных целей с генеральной целью, требует наличие на производстве мощного и надежного технического и программного обеспечения для обработки информационных потоков. Структура и схема горнотехнической системы, функционирующей на основе логистических принципов представлена на рисунке 2.9.

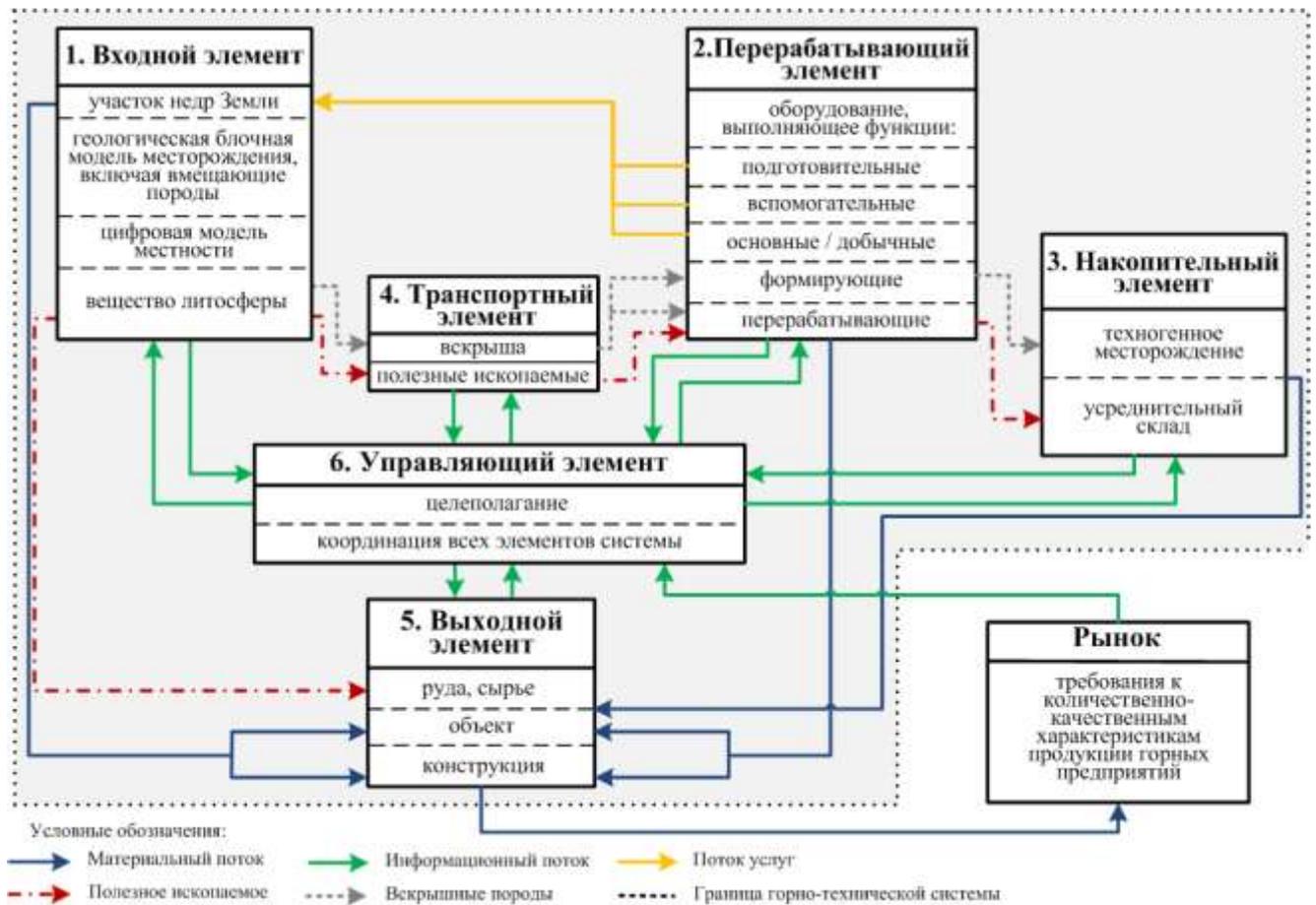


Рисунок 2.9 – Схема горнотехнической системы, функционирующей на основе логистических принципов

Следует констатировать тот факт, что проектирование горнотехнической системы, результатами функционирования которой являются не только полезные ископаемые, но и техногенные объекты, в том числе приемные емкости и технологические площадки и коммуникации, должно осуществляться с учетом требований со стороны потенциальных потребителей к конструкциям, параметрам и потребительским свойствам каждого объекта, созданного в процессе добычи. В связи с этим, для обоснования целей и выбора перспективных направлений использования техногенных георесурсов, необходим инструмент объективной оценки целесообразности их формирования в зависимости от входных и выходных параметров элементов и подсистем.

Схема горнотехнической системы при формировании техногенных объектов, создаваемых в рамках устойчивого развития горнотехнических систем, функционирующих на основе логистических принципов и обеспечивающих целенаправ-

ленное формирование отвалов и выработанного пространства карьера, по мере накопления практического опыта в части совокупного освоения природных и техногенных георесурсов и удовлетворения требований со стороны внешних потребителей, а также анализа эффективности принятия решений по координации элементов, перерабатывающих материальный поток, будет уточняться при одновременном повышении ее значения. Развитие предложенной систематизации позволит оптимизировать параметры, как самой горнотехнической системы, так и отдельных ее элементов и скорректировать перспективные направления совокупного использования природных и техногенных георесурсов. Для этого необходима разработка геоинформационной модели горнотехнической системы, реализуемой на принципе блочного представления не только полезных ископаемых и вмещающих горных пород, но и формируемых в процессе их разработки техногенных георесурсов.

2.4 Разработка геоинформационной модели определения параметров открытых горных работ при целенаправленном формировании отвалов и выработанных пространств карьеров для последующего их использования

В работе определение параметров открытой геотехнологии при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов полностью основано на повсеместно применяемых принципах определения параметров горнотехнической системы, рассматриваемых обособленные горнотехнические сооружения горнодобывающего комплекса. Предлагаемый подход позволяет в значительной степени раскрыть, заложенный отечественной горной наукой, потенциал техногенных георесурсов при их реализации на рынке в качестве ликвидных объектов. Ключевой особенностью предлагаемого подхода к определению параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений является необходимость одновременного проектирования всей совокупности горных конструкций и технологических подсистем в рамках интерактивно пополняемой динамической геоинформационной модели горнотехнической системы освоения место-

- рождения. Что полностью соответствует базисным характеристикам карьера [223]:
- Производственная мощность предприятия, под которой понимается максимальный объем горных пород, использование которых возможно для создания горнодобывающим предприятием всех видов продукции заданной номенклатуры в результате комплексного освоения участка недр Земли. В рамках концепции устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии, номенклатурный список предприятия значительно шире, по отношению к традиционному подходу, однако он имеет ограничения со стороны рынка – спрос на каждый вид продукции, а со стороны горного производства – гидрогеологическими, горнотехническими условиями и физико-механическими характеристиками горных пород, применяемых оборудованием, технологией и режимом работ.
 - Проектная производительность карьера по полезному ископаемому, являющаяся объемом добычи балансовых запасов, установленной номенклатуры соответствующего качества, который определяется проектом на постоянный или фиксированный период времени. При этом в традиционном подходе, объем реализации полезных ископаемых должен обеспечить экономическую эффективность разработки месторождения и работу предприятия, что является обеспечивающим создание техногенных георесурсов в предлагаемом подходе, поскольку расширение номенклатуры техногенных объектов позволяет получать дополнительный финансовый поток от их реализации. Следует отметить, что необходимо стремиться к случаю, когда прибыль от реализации и эксплуатации созданных при разработке месторождения техногенных объектов окажется выше суммарной прибыли от реализации балансовых запасов.
 - Производительность карьера по вскрыше характеризует объем вскрышных пород, который необходимо удалить за определенный период времени для обеспечения производительности карьера по полезному ископаемому и созданию техногенных объектов. Относительно предлагаемого подхода, дополнительно необходимо учитывать потребность в объемах горных пород, которые по физико-механическим, вещественным и иным характеристикам подходят и могут ис-

пользоваться для формирования приемной емкости, технологических площадок и коммуникаций совместно с процессом добычи полезных ископаемых.

– Производительность карьера по горной массе характеризует не только влияние объемов вскрышных работ, но и качества полезных ископаемых в связи с чем, является более общим, в сравнении с повсеместно применяемом коэффициентом вскрыши, и с большей полнотой характеризует эффективность определения глубины и границ карьера. В рамках предлагаемой концепции целевого формирования и использования отвалов и выработанного пространства карьера коэффициент горной массы или расход горной массы на единицу извлекаемой из участка недр вещества литосферы, преобразованного в готовую продукцию в пересчете на 1 рубль прибыли определяет эффективность функционирования горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов.

В рамках традиционно применяемого подхода к определению параметров открытых горных работ, увеличение глубины карьера приводит к росту объема горной массы, вынимаемой в пределах рассматриваемого проектного контура. При этом по мере понижения добычных работ объем полезных ископаемых возрастает медленнее объемов вскрыши и только на предельной глубине карьер имеет максимум объемов полезных ископаемых, при котором обеспечивается экономическая эффективность разработки данного месторождения. В связи с этим, основным критерием эффективности открытых горных работ при обосновании предельной глубины карьера, является использование граничного коэффициента добычи полезных ископаемых комплексного месторождения, приведенных к основному компоненту [231, 232]. Однако при учете экономического эффекта только от добываемых полезных компонентов, фактически невозможно обеспечить реализацию концепции устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии и вовлечь в полномасштабное использование для различных нужд народного хозяйства того объема вещества литосферы, воздействие на которое и преобразование происходит в процессе ведения открытых горных работ.

В работе предлагается дополнительно учитывать затраты на технические ре-

шения и мероприятия по подготовке, формированию и использованию техногенных георесурсов, создаваемые с заранее заданными потребительскими характеристиками при использовании дополненные общепринятые коэффициент горной массы (M^K) и доход от реализации полезных ископаемых и использования техногенных объектов (J) [6, 235]:

$$M^K \rightarrow \min, \quad (2.5)$$

$$S^K \rightarrow \min, \quad (2.6)$$

$$J \rightarrow \max, \quad (2.7)$$

где M^K – коэффициент горной массы, представляющий собой количество горной массы на сумму единицы полезного компонента и единицы вскрыши, использованной в народном хозяйстве; S^K – коэффициент, определяющий отношение абсолютных затрат на разработку месторождения с начала строительства $З^K$ к абсолютной стоимости получаемой за это время продукции $Ц^K$.

Определение параметров горнотехнической системы с совокупным использованием природных и техногенных георесурсов должно осуществляться согласно системе целевых функций с учетом эффекта от техногенного преобразования потоков ресурсов, дополнительных затрат на подготовку, формирование и использование в течение времени t техногенных георесурсов, создаваемых с заранее заданными потребительскими характеристиками в соответствии с конструктивными и технологическими особенностями горнотехнической системы

$$\begin{cases} J = \sum_{t=1}^T Ц_{tnp} - \sum_{t=1}^T З_{tnp} + \sum_{t=1}^T О_{tnp} + \sum_{t=1}^T ДС_i \rightarrow \max, \\ M^K = \frac{Q^K}{P + V^K} = \frac{1 + k_{вск}}{P \cdot U + V^K} \rightarrow \min, \\ S^K = \frac{З^K}{Ц^K} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (2.8)$$

где J – доход от реализации полезных ископаемых и использования созданных техногенных объектов, руб.; $Ц_{tnp}$ – приведенная к моменту сдачи карьера в эксплуатацию ценность полезных ископаемых и техногенных объектов, руб.;

Z_{mp} – приведенные к моменту сдачи в эксплуатацию карьера затраты на разработку месторождения и формирование техногенных объектов, руб.; O_{mp} – остаточная реализуемая стоимость основных фондов на момент времени t , руб.; $ДС_i$ – добавленная стоимость техногенного объекта в соответствии с выбранным направлением его использования, руб.; m^k – коэффициент горной массы, m^3/m^3 ; Q^k – объем горной массы, m^3 ; P – объем добычи полезных ископаемых за рассматриваемый период t , т; V^k – объем вскрыши, использованной при создании техногенных георесурсов на базе карьера и отвалов, m^3 ; U – среднее содержание полезных в руде, д.е.; s^k – коэффициент, определяющий отношение затрат на разработку месторождения с начала освоения участка недр Z^k к стоимости получаемой за это время продукции $Ц^k$, руб./руб.; T – срок освоения участка недр, лет.

В отличие от применяемой сегодня практики оптимизации параметров открытых горных работ, которая, по сути, сводится к минимизации коэффициента расхода горной массы на единицу извлекаемой из недр ценности полезных компонентов R^k [72, 234, 101] в рамках предлагаемой концепции целевого формирования и использовании отвалов и выработанного пространства карьеров необходимо рассматривать систему целевых функций:

$$\begin{cases} M^k = \frac{V + P}{P + V^k} \rightarrow \min; \\ (V - V^k) \rightarrow \min, \end{cases} \quad (2.9)$$

где V – объем вскрыши в контуре карьера, m^3 .

Совокупное использование природных и техногенных георесурсов предусматривает расширение функций отдельных элементов горнотехнической системы на всех стадиях ее функционирования. В силу масштабности и сложности горнотехнической системы, а также необходимостью учета значительного количества факторов на этапе ее проектирования и еще большего – на этапе функционирования, в работе предлагается совершенствование существующих методов определения параметров открытой геотехнологии с учетом использования мировых достижений в области автоматизированного проектирования сложных систем.

С момента активного развития систем автоматизированного проектирования

прошло почти 30 лет. За этот период пройден путь от простых чертежных приложений до интегрированных программных комплексов, применяемых, в том числе в горнодобывающей промышленности. Системы автоматизированного проектирования в масштабах предприятия свое первоначальное развитие получили за рубежом, где их принято определять как CAD/CAE/CAM – системы [80, 230, 16].

В работе предлагается в соответствии с международной классификацией систем автоматизированного проектирования интегрировать отдельные модули, применяемые при проектировании и эксплуатации горнодобывающих предприятий, создать интерактивную динамически пополняемую геоинформационную модель горнотехнической системы на основе концепции полного электронного описания объекта (EPD). Это означает, что применение технологии (EPD) обеспечит разработку и поддержку электронной геоинформационной модели горнотехнической системы на протяжении всего ее жизненного цикла, включая концептуальное и рабочее проектирование открытой геотехнологии, технологическую подготовку элементов формирования техногенных георесурсов при освоении запасов полезных ископаемых, непосредственное формирование техногенных объектов и их эксплуатацию, как при применении механизированного, так и роботизированного горнотранспортного оборудования. Таким образом, применение EPD-концепции на горных предприятиях обеспечит устойчивое развитие горнотехнической системы при замещении компонентно-центрического последовательного ее проектирования на система-центрический процесс. Что позволит реализовать концепцию устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии при компенсации влияния негативных факторов, возникающих на всех этапах ведения добычных работ, за счет объединения эффективно зарекомендовавших и широко применяемых автономных CAD-, CAE, CAM -систем в интегрированные CAD/ CAE/CAM-системы.

Таким образом, применение существующих CAD-систем предназначенных для решения конструкторских задач и геометрического моделирования позволяет создавать трехмерные объемные конструкции горнотехнических сооружений и оформления чертежей и текстовой документации.

Смоделированные конструкции карьера, отвалов и иные горнотехнические сооружения в рамках сквозного проектирования передаются в САЕ-системы, представляющие собой обширный класс систем инженерного анализа, с целью расчета на прочность конструкций и массива, аэродинамических характеристик создаваемых объектов, пропускной и провозной способности транспортных коммуникаций. В соответствии с результатами расчета предусматривается возможность осуществить оптимизацию конструктивных параметров в совокупности всех элементов проектируемой горнотехнической системы. Таким образом, применение САД/САЕ –систем обеспечивает выполнения работ по проектированию горнотехнической системы в пределах существующего подхода к проектированию, поскольку на этой стадии действующий подход и заканчивается. Предлагаемая геоинформационная модель предусматривает постоянное интерактивное пополнения данными о состоянии каждого входящего в горнотехническую систему элемента и контроль выполнения работ по его формированию и использованию. Для этого на горнодобывающем предприятии необходимо применение САМ-систем предназначенных для технологической подготовки производства, что обеспечивает возможность организации производства всего комплекса горных работ от подготовки горных пород к выемке до их складирования с учетом их физико-механических свойств и доступа к ним в конкретный промежуток времени исходя из очередности отработки участка недр в соответствии с выбранным перспективным направлением формирования техногенных объектов.

С целью определения параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений в зависимости от перспективного направления формирования и использования техногенных объектов разработана геоинформационная модель горнотехнической системы освоения месторождения, базирующаяся на интеграции геологической, блочной и геомеханической моделях месторождения и автоматизированных системах управления горнодобывающего предприятия.

Предложенная интерактивно пополняемая динамическая модель реализуется на принципе блочного представления не только природных, но и формируемых

техногенных георесурсов с учетом интеграции данных геологической и геомеханической информации осваиваемого участка недр и создаваемых техногенных объектов (рисунок 2.3).

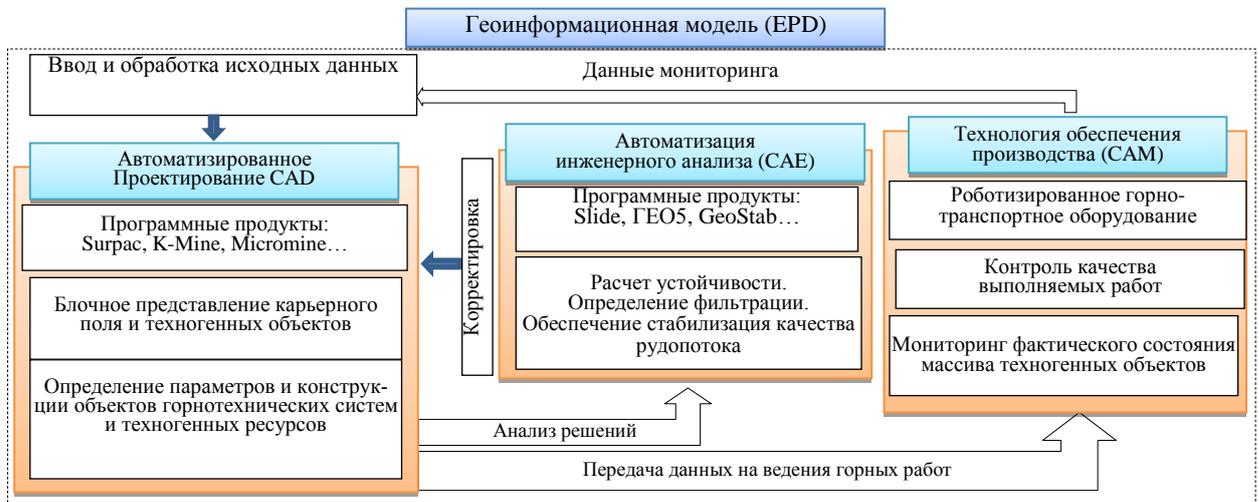


Рисунок 2.3 – Структура геоинформационной модели горнотехнической системы освоения месторождения при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов

В общем виде принцип предлагаемого подхода следующий - разработанная интерактивно пополняемая динамическая геоинформационная модель горнотехнической системы освоения месторождения, реализуется на принципе блочного представления не только природных, но и формируемых техногенных георесурсов. Все вещество литосферы в пределах карьерного поля на этапе проектирования представляется в виде блочной геологической модели с полным детальным описанием не только полезных ископаемых, а всех горных пород. Далее на основе экономических критериев определяются конструктивные параметры карьера и отвалов, которые проверяются на условия обеспечения устойчивости. Определяется объем и характеристики вмещающих пород, который будет переработан в результате освоения запасов месторождения. В зависимости от наличия потенциальных потребителей техногенных объектов определяются перспективные направления их использования. Устанавливается перечень потребительских свойств, предъявляемых со стороны потребителей к данным объектам и определяются их параметры, строятся каркасные модели. Каркасные модели техногенных объектов преобразовываются в блочную структуру с назначением соответствующих свойств, которые должны обеспечиваться горными породами в процессе формирования объектов. Исходя из

производственной мощности по полезному ископаемому, сроков ввода в эксплуатацию техногенных объектов и требуемого количества и качества горных пород для их формирования и последующего использования определяются очередность отработки участков карьерного поля, система вскрытия карьера и выбирается режим горных работ. При этом в процессе ведения горных работ происходит постоянный мониторинг фактического состояния карьера, качества полезных ископаемых и характеристик горных пород, а также формируемых из них техногенных объектов. В случае отклонения фактических данных от проектных, разработанная геоинформационная модель горнотехнической системы в автономном и автоматическом режиме имеет возможность оптимизировать и скорректировать технологические параметры, а в случае значительного расхождения, в результате не подтверждения геологических данных, адаптировать конструктивные параметры с проведением полного цикла проверок и оптимизации всех параметров системы.

Одними из основополагающих факторов, влияющих на выбор перспективного направления формирования использования техногенных георесурсов являются морфология рудных тел и количество участков их включающих, вид и характеристика вмещающих пород. В совокупности данные факторы с учетом условий разработки определяют минимальное количество горной массы, вовлеченной в преобразование при освоении участка недр Земли.

В связи с многообразием существующих классификационных признаков месторождений твердых полезных ископаемых в работе они рассмотрены с учетом деления на горючие, рудные (магматические) и нерудные, которые в свою очередь, подразделены по углу падения на горизонтальные и пологопадающие (угол падения от 0 - 20°); наклонные (угол падения от 20 - 50°) и крутопадающие (угол падения более 50°). С точки зрения перспективности формирования техногенных объектов на базе выработанного пространства карьера при наличии потребности со стороны «Общества» наибольший интерес представляют пологие и наклонные месторождения. Однако с учетом плотности населения и обширности территории страны, вероятность реализации данных направлений в обозримой перспективе в работе оценивается как низкая и не рассматривается в дальнейших исследовани-

ях. В свою очередь, при наличии внешнего спроса со стороны сторонних промышленных предприятий, а также внутреннего спроса на техногенные объекты наибольший интерес представляют крутопадающие месторождения.

В рамках предложенной концепции устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии при формировании и использовании техногенных георесурсов, осваиваемый участок недр Земли необходимо рассматривать как совокупность горных конструкций, технических и технологических подсистем открытых, подземных, комбинированных и физико-химических методов добычи, формируемых при согласованном взаимодействии всего комплекса горно-транспортного оборудования, задействованного в преобразовании вещества литосферы. В данной постановке несколько трансформируются цели и задачи освоения участка недр Земли которыми являются не максимальный объем добываемого полезного ископаемого с минимальными затратами при обеспечении требований промышленной и экологической безопасности, а создание максимально возможного количества ликвидных техногенных объектов с заданными потребительскими свойствами в установленные сроки.

При этом в качестве целевой функции комплексного освоения участка недр Земли следует считать минимизацию затрат на отработку балансовых запасов месторождения всеми способами добычи, а также воздействия на окружающую среду. Математическая запись целевой функции имеет следующий вид.

$$Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_{ТГР} + Z_{Эко} \rightarrow \min \quad (2.11)$$

где Z_1 – затраты на добычу полезных ископаемых открытым способом, млн. руб.;

Z_2 – затраты на добычу полезных ископаемых подземным способом, млн. руб.;

Z_3 – затраты на добычу полезных ископаемых физико-химическим способом, млн. руб.;

$Z_{ТГР}$ – затраты на формирование техногенных георесурсов, млн. руб.;

$Z_{Эко}$ – экологические платежи, млн. руб.

Геоинформационная модель горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов базируется на блочном представлении и индексации всего объема вещества литосферы в пределах карьерного

поля. Это имеет принципиальное отличие от применяемого сегодня подхода в двух аспектах:

1. Сегодня блочная геологическая модель рассматривается и используется исключительно с позиции балансовых запасов полезных ископаемых, при этом вмещающие породы также учитываются в блочном виде с целью определения затрат на их выемку, транспортировку и складирование. Предлагаемая концепция предусматривает полную идентификацию вмещающих пород по таким атрибутам как прочностные, фильтрационные и иные в зависимости от формируемых потребительских свойств формируемых техногенных объектов.

2. Область применения блочной геологической модели ограничивается моментом окончания проектирования горнотехнической системы и началом выемки горной массы в забое. Дальнейшее использование данных сводится исключительно к обеспечению требуемого качества полезных ископаемых и контролю объема выполненных работ. Создаваемые техногенные объекты также представляются в блочном виде, и их формирование происходит в соответствии с установленной очередностью укладки вмещающих пород. Предлагаемая концепция предусматривает использование геоинформационной модели на протяжении всего периода формирования техногенного объекта. При этом данные геоинформационной модели являются одновременно источником исходной информации о фактическом состоянии горных работ, инструментом анализа и сопоставления фактических и проектных данных, а также корректировки конструктивных и технологических параметров, в случае необходимости, вызванных недопустимым отклонением свойств горных пород от допустимых или заданных значений.

Таким образом, при комплексном освоении участка недр необходима инициализация всех возможных потребителей как непосредственно полезного ископаемого, так и вмещающих пород с целью их использования для формирования в процессе разработки месторождения техногенных объектов. Для каждого потребителя определяются потребительские требования к объему, качеству, сроку ввода в эксплуатацию и иным характеристикам и параметрам создаваемого техногенного георесурса. На основе инициализированных исходных данных в соответ-

ствии с текущим состоянием горных работ осуществляется определение порядка выемки блоков (вещества литосферы) с учетом производственной мощности карьера и потребности в объемах горной массы. Приоритет разработки участков месторождения определяется на основе экономических критериев при обеспечении требований потребителей без колебаний производительности карьера по полезному ископаемому. Принципиальная схема формирования потоков вещества литосферы в рамках горнотехнической системы освоения месторождения при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов с использованием геоинформационной модели представлена на рисунке 2.4.

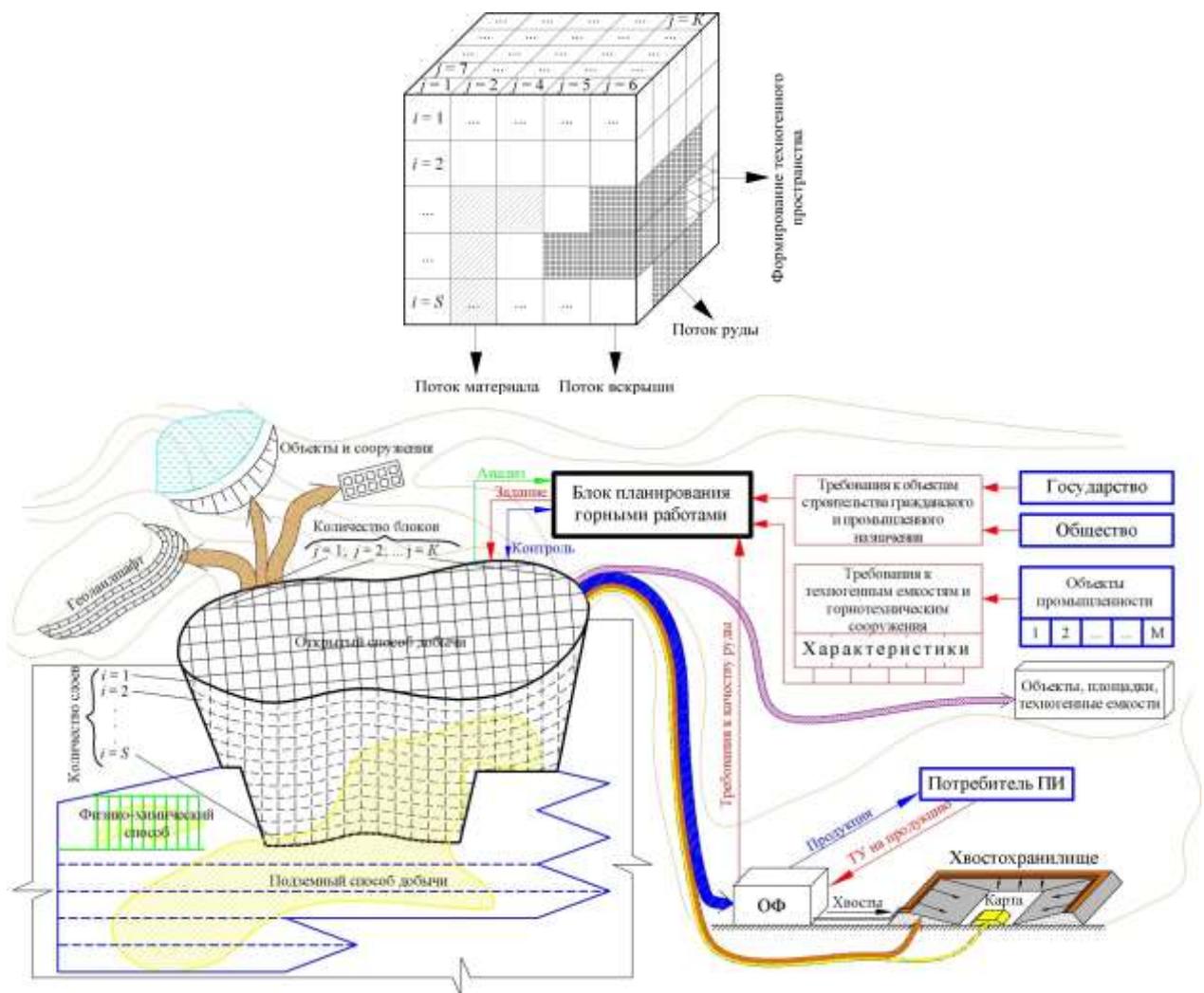


Рисунок 2.4 – Схема геоинформационной модели горнотехнической системы освоения месторождения при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов реализуемая на основе блочного принципа Согласно разработанной геоинформационной модели горнотехнической си-

стемы освоения месторождения с целью преобразования потоков вещества литосферы при комплексном использовании природных и техногенных георесурсов с возможностью перераспределения объемов между открытой подземной и физико-химической геотехнологиями, затраты при освоении балансовых запасов открытым способом определяются совокупностью затрат на выемку и транспортировку элементарного выемочного объема [164, 113] до потребителя (места погашения потока) и вычисляются по формуле

$$Z_1 = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^K c_{nij} V_{nij} \quad (2.12)$$

где n – индекс потребителя;

N – количество потребителей;

i – индекс слоя блоков (элементарных выемочных объемов);

S – количество слоев;

j – индекс блока (элементарного выемочного объема);

K – количество слоев;

c_{nij} – затраты на подготовку, выемку, транспортировку и укладку 1 м^3 вещества литосферы слоя i , блока j для n -го объема;

V_{nij} – объем вещества литосферы слоя i , блока j .

Затраты на добычу полезных ископаемых подземным способом с учетом срока ввода в эксплуатацию подземного рудника и наличия целенаправленно подготовленных в процессе работы карьера транспортных коммуникаций определяются по формуле

$$Z_2 = \sum_{a=1}^A c_a Q_a \quad (2.13)$$

где A – количество подземных горных выработок, обеспечивающих вскрытие запасов;

a – индекс подземной горной выработки;

c_a – затраты на добычу 1 м^3 вещества литосферы подземным способом по выработке a ;

Q_a – объем вещества литосферы, добываемый подземным способом по выработке a , м^3 .

Затраты на добычу полезных ископаемых физико-химическим способом с учетом места расположения разрабатываемого участка и наличия целенаправленно подготовленных в процессе работы карьера техногенных пространств и транспортных коммуникаций определяются по формуле

$$Z_3 = \sum_{b=1}^B c_b Q_b \quad (2.14)$$

где B – количество участков для отработки запасов физико-химическим способом;

b – индекс участка отработки запасов физико-химическим способом;

c_b – затраты на добычу единицу балансовых запасов физико-химическим способом на участке b .

Q_b – объем балансовых запасов, добываемых физико-химическим способом на участке b , м³.

Затраты на формирование техногенных георесурсов определяются объемом горных пород необходимых для их создания, приростом стоимости работ по их выемке, транспортировке и складированию, а также дополнительными затратами на вспомогательные материалы и мероприятия, определяются

$$Z_{ГГР} = V^K \cdot \Delta c^K + A^{DM} \quad (2.15)$$

где V^K – объем вмещающих пород, используемый при создании техногенных объектов, м³;

Δc^K – прирост стоимости работ по выемке, транспортировке и складированию вмещающих пород при формировании техногенного объекта, руб.

A^{DM} – дополнительные затраты на вспомогательные материалы и мероприятия, руб.

Ограничения, накладываемые на целевую функцию комплексного освоения участка недр Земли при устойчивом развитии горнотехнической системы с совокупным использованием природных и техногенных георесурсов представлены в виде следующей системы

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{ПИ} = Q_{Б.З}; \\ Q_{ВЛ} = Q_o + Q_a + Q_b; \\ Q_{ПИ} = V_{nij}^{ПИ-O} + V_{nij}^{ПИ-П} + Q_b; \\ Q_o = \sum V_{nij}; \\ V_{nij} = V_{nij}^{ПИ-O} + V_{nij}^{СМ} + V_{nij}^{ТП} + V_{nij}^{ГЛ}; \\ Q_a = V_{nij}^{ПИ-П} + V_{nij}^{ПИ-П-ГКР}; \\ c_{nij} = c_{\text{выемка}} + c_{\text{тр}} + c_{\text{формир}}, \end{array} \right. \quad (2.16)$$

- где $Q_{ПИ}$ – объем полезного ископаемого в пределах осваиваемого участка недр, м^3 ;
- $Q_{Б.З}$ – объем балансовых запасов с учетом потерь и разубоживания, м^3 ;
- $Q_{ВЛ}$ – объем вещества литосферы, подверженный преобразованию при комплексном освоении участка недр Земли, м^3 ;
- $V_{nij}^{ПИ-O}$ – объем полезного ископаемого, добываемый открытым способом, м^3 ;
- $V_{nij}^{ПИ-П}$ – объем полезного ископаемого, добываемый подземным способом, м^3 ;
- $V_{nij}^{ПИ-П-ГКР}$ – объем горно-капитальных работ при добыче полезного ископаемого подземным способом слоя i , блока j , м^3 ;
- Q_o – объем вещества литосферы, добываемый открытым способом, м^3 ;
- $V_{nij}^{ГЛ}$ – объем руды слоя i , блока j , м^3 ;
- $V_{nij}^{СМ}$ – объем вещества литосферы слоя i , блока j , используемого в качестве материала для строительства техногенного объекта, м^3 ;
- $V_{nij}^{ТП}$ – объем вещества литосферы слоя i , блока j , используемого при формировании технологических площадок, м^3 ;
- $V_{nij}^{ГЛ}$ – объем вещества литосферы слоя i , блока j , используемого при целенаправленном формировании коммуникации и техногенного ландшафта, м^3 .

Геоинформационная модель позволяет на этапе проектирования определить на основе имеющегося массива данных об участке недр оптимальные параметры открытой геотехнологии с учетом той части запасов, которая приходится на открытую разработку. В качестве критериев оптимальности наряду с экономическими показателями используются технологические показатели формируемых техногенных ге-

оресурсов и сроки их ввода в эксплуатацию. После обоснования параметров открытой геотехнологии, обеспечивающих устойчивое развитие горнотехнической системы при комплексном использовании природных и техногенных георесурсов, данная модель эксплуатируется на протяжении всего периода освоения участка недр. Что обеспечивается постоянным сбором и сопоставлением фактических данных, получаемых в ходе ведения горных работ и их сопоставлением с проектными значениями. При этом модель выступает в качестве инструмента управления всем комплексом горнотранспортного оборудования при функционировании горнотехнической системы (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Схема реализации геоинформационной модели на этапе проектирования и функционирования горнотехнической системы

Выбор направления формирования техногенных объектов, определение последовательности обработки карьерного поля и многофункциональной системы вскрытия, обоснование конструктивных параметров карьеров и отвалов при комплексном освоении крутопадающих месторождений должны осуществлять на ос-

нове коэффициента эффективности использования техногенных георесурсов, рассчитываемом как отношение суммарного эффекта полученного от их реализации к суммарным затратам на его формирование

$$\mathcal{E}_{ГР} = \frac{J}{Z_{ГО}} \rightarrow \max. \quad (2.16)$$

Выбор перспективного направления использования техногенных георесурсов, предопределяет порядок отработки участков месторождения и очередность выемки горных пород с целью заблаговременного формирования техногенных объектов с заданными потребительскими характеристиками, что обеспечивает устойчивое развитие горнотехнических систем при освоении участка недр с положительным экономическим эффектом на неопределенно длительном промежутке времени.

Таким образом, предлагаемая концепция устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии предполагает использование динамического подхода. Основой его реализации является логистические принципы выемки и распределения вещества литосферы в соответствии с обоснованной очередностью отработки участков карьерного поля. При этом необходимо рассматривать единичные объемы вещества литосферы с уникальным набором количественно-качественных характеристик и стоимости, учет которых при целевом использовании через коэффициент расхода горной массы позволяет в стоимостных единицах определить ценность как всех извлекаемых полезных компонентов, так и вскрышных пород. По сути, предлагаемая концепция базируется на решении горно-геометрических задач, только в динамической их постановке с использованием передовых информационных технологий и учетом помимо объемов и качества полезных ископаемых, дополнительных объемов вскрышных и вмещающих пород, используемых в качестве материалов для формирования техногенных георесурсов. Только в динамической постановке решение указанных задач позволяет учесть специфику горнодобывающих предприятий, вызванную высокой степенью неопределенности условий, сложными, зачастую не имеющими количественное выражение зависимостями между определяющими факторами, а также труд-

ностями согласования решений и результатов на отдельных этапах, поскольку промежуточные результаты решения одних задач, являются исходными данными для других, и в то же время находятся в сложной взаимосвязи. В связи с этим, необходимы комплексные исследования геотехнологических процессов при формировании техногенных георесурсов на эффективность разработки месторождения полезных ископаемых.

Выводы по главе 2

1. Обоснована стратегия комплексного использования природных и техногенных георесурсов, обеспечивающая формирование в процессе ведения добычных работ техногенных объектов с заданными потребительскими свойствами с целью дальнейшего их использования в соответствии с выбранным перспективным направлением. Показано, что устойчивое развитие горнотехнической системы позволяет не только компенсировать влияние негативных факторов, возникающих на всех этапах ведения добычных работ, но и исключить конфликт интересов субъектов, взаимодействующих при освоении участка недр. Обоснованы потенциальные направления создания техногенных объектов, реализация которых позволяет расширить номенклатуру продукции открытой геотехнологии.

2. Определены принципы формирования ценности техногенных георесурсов при их целенаправленном формировании и комплексном использовании, базирующиеся на создании требуемых потребительских свойств, учет которых обеспечивает выбор перспективных направлений создания техногенных объектов.

3. Доказано, что реализовывать потенциальную ценность формируемых техногенных георесурсов при комплексном освоении участка недр необходимо через добавленную стоимость не только полезных ископаемых, но и созданных техногенных объектов с заданными потребительскими свойствами.

4. Обоснована логистическая схема горнотехнической системы с совокупным использованием природных и техногенных георесурсов, учитывающая на

5. ряду с движением потоком минерально-сырьевых ресурсов, в качестве основных источников прибыли горнодобывающего предприятия, поток вскрышных и

вмещающих пород, используемых для формирования техногенных георесурсов с заданными потребительскими свойствами. Реализация логистической схемы на различных этапах функционирования обеспечивает устойчивое развитие горнотехнической системы при открытой геотехнологии.

б. Разработана динамическая интерактивно пополняемая геоинформационная модель горнотехнической системы, базирующаяся на блочном принципе представления не только всего вещества литосферы, но и формируемых техногенных объектов, обеспечивающая в автономном и автоматическом режиме определение и корректировку параметров открытых горных работ при целенаправленном формировании отвалов и выработанных пространств карьеров для последующего их использования.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОВОКУПНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

3.1 Влияние стадии функционирования горнодобывающего предприятия на выбор приоритетного направления использования техногенных георесурсов

Выбор перспективных направлений формирования и использования техногенных георесурсов при добыче твердых полезных ископаемых в соответствии с обоснованной в параграфе 2.1 стратегией совокупного их использования необходимо осуществлять с учетом стадии функционирования горнодобывающего предприятия. Основопологающим фактором, обеспечивающим повышение степени комплексного освоения участка недр Земли является наличие спроса на создаваемые техногенные объекты различного назначения, в том числе сформированные в недрах и на дневной поверхности техногенные емкости. При этом принципиально следует разделять спрос на внешний и внутренний. Согласно общепринятому толкованию *«спрос»* – это количество товара, которое хотят и могут приобрести покупатели за определенный период времени при всех возможных ценах на этот товар. В работе под спросом понимается количество товара, оцениваемое весовыми и объемными единицами, получаемого непосредственно из вещества литосферы или при его использовании в период разработки месторождения твердых полезных ископаемых, обеспечивающее потребность рынка в минеральном сырье и техногенных объектах в период освоения участка недр. Относительно балансовых запасов, единицей товарной продукции, в рамках горно-перерабатывающего комплекса является масса полезного ископаемого с соответствующим содержанием основного и попутных компонентов или объемные показатели для общераспространенных полезных ископаемых. При этом изменение потребителей, их количества и предъявляемых требований к потребляемой продукции, в рамках предлагаемой концепции рассматривается на протяжении всего периода разработки балансовых запасов. Для полезных ископаемых характерен исключительно внешний спрос. Аналогичным образом складывается ситуация с вскрышными и вмещающими породами, которые

получены в результате разработки месторождения, но на момент проектирования горнотехнической системы не числились на балансе в качестве запасов. Поэтому в части балансовых запасов и пород вскрыши, добываемых попутно в процессе разработки месторождения с возможностью постановки их на баланс и реализации в качестве дополнительной продукции горнодобывающего предприятия, предложенная стратегия совокупного использования природных и техногенных георесурсов предусматривает дополнение и корректировку разработанной геоинформационной модели горнотехнической системы. С этой целью предусматривается постоянный мониторинг и анализ рынка на предмет потребности в материалах и техногенных объектах, формирование и использование которых возможно осуществить при освоении участка недр Земли.

Под внутренним спросом в работе понимается потребность горноперерабатывающего предприятия в приемных емкостях, технологических площадках и коммуникациях, использование которых обеспечивает устойчивое развитие горнотехнической системы и повышение эффективности ее функционирования на всех стадиях за счет совокупного использования природных и техногенных георесурсов.

Очередность выемки горных пород, при обеспечении конструктивных, прочностных, фильтрационных и иных характеристик техногенного объекта при обеспечении его потребительских свойств является основой совокупного использования природных и техногенных георесурсов при комплексном освоении участка недр. При этом положительными эффектами от использования техногенных георесурсов должны компенсироваться затраты на их формирование с учетом одновременности ввода в эксплуатацию создаваемых сооружений и поставляемых потребителю полезных ископаемых.

Под внешним спросом в работе рассматривается потребность сторонних промышленных предприятий и общества в определенных объемах материалов и готовой продукции на их основе, которые могут быть использованы для создания техногенных георесурсов различного назначения при ведении добычных работ. Схема внешнего и внутреннего спроса представлена на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Схема внутреннего и внешнего спроса на техногенные георесурсы

Возможность и степень удовлетворения как внешнего, так и внутреннего спроса на соответствующие материалы и техногенные объекты определяются стадией функционирования добывающего предприятия. В работе с учетом предлагаемой концепции устойчивого развития горнотехнической системы рассматриваются следующие стадии функционирования горно-перерабатывающего предприятия:

1. Строительство, ввод в эксплуатацию.
2. Эксплуатация с установленной проектной мощностью по объему вещества литосферы и техногенных пространств.
3. Доработка балансовых запасов при сочетании различных способов добычи.

Стадия строительства характеризуется наличием потенциального объема вскрышных и вмещающих пород со значительным разнообразием и показателями физико-механических свойств, а также практически отсутствием ограничений по пространственному положению мест ведения добычных работ в плане в пределах

осваиваемого участка недр Земли. Что позволяет, при наличии соответствующих потребителей, обеспечивать выемку и преобразование вещества литосферы, а также формирование при этом техногенных объектов с заданными потребительскими свойствами. Конечная стоимость создаваемого объекта и ожидаемый эффект от его использования является основным критерием определения порядка и очередности выемки вещества литосферы при обеспечении минимального срока строительства карьера. В связи с этим, в рамках предлагаемой концепции вещество литосферы, не являющееся полезным ископаемым, рассматривается в качестве материала с ненулевой стоимостью, реализация которого в виде самостоятельной продукции или созданного с его использованием техногенного объекта, предусматривается при обеспечении требований, предъявляемых со стороны конечного потребителя. Применительно к рудным месторождениям Уральского региона, для которых характерно наличие мощных четвертичных отложений, одним из основных перспективных направлений использования техногенных объектов, формируемых при разработке вновь вводимых в эксплуатацию и реконструируемых карьеров является использование вещества литосферы для формирования техногенных емкостей, как в недрах Земли, так и на ее поверхности. В качестве потенциальных потребителей при этом, следует рассматривать действующие и строящиеся промышленные предприятия, а также агломерации. Что обеспечивает удовлетворение как внутреннего, так и внешнего спроса. На стадии строительства целенаправленное использование вскрышных и вмещающих пород при формировании техногенных георесурсов обеспечивает наибольшее количество направлений, возможных к реализации в рамках осуществления перспективного, текущего и оперативного планирования горных работ при проектировании и формировании горнотехнической системы с целью обеспечения ее устойчивого развития при комплексном освоении природных и техногенных георесурсов.

На стадии эксплуатации с установленной проектной мощностью по объему полезного ископаемого и вскрыше, необходимой для формирования техногенных георесурсов, перспективные направления их использования ограничены фактическим состоянием горных работ горнотехнических сооружений с определенными

конструктивными параметрами. Наиболее востребованными направлениями при этом являются повышение эффективности функционирования горно-перерабатывающего предприятия за счет удовлетворения внутреннего спроса на техногенные объекты. Разнообразие пород для их формирования определяется геологическим строением месторождения и пространственным положением добычных горизонтов на момент планирования добычных работ. При этом созданные техногенные объекты, технологические площадки и коммуникации, в процессе добычи полезных ископаемых могут быть в более короткие сроки приведены в соответствии с требованиями дополнительных потребителей в случае их появления. Для удовлетворения внешнего спроса на техногенные объекты необходимо рассматривать возможность использования ранее сформированных на осваиваемом участке недр Земли горнотехнических сооружений при постоянном сопоставлении затрат на их переформирование и доходов от реализации, в том числе и в отдаленной перспективе в качестве объектов горнотехнической системы генерирующего подтипа.

На стадии доработки балансовых запасов наибольшую ценность представляют сформированные в процессе добычи выработанное пространство карьера и коммуникации, которые при возможности позволяют с минимальными затратами реконструировать горнотехническую систему и реализовать сочетание различных способов добычи с целью совокупного использования природных и техногенных георесурсов при освоении участка недр Земли. Перспективным при этом, является использование техногенных объектов для размещения промышленных объектов и возможности воспроизводства возобновляемой энергии на основе непосредственного преобразования потоков за счет использования разности геодезических отметок начала и конца перемещения движущихся масс. Поскольку на данной стадии грузооборот характеризуется минимальным значением и наибольшими затратами на транспортировку горной массы до объектов на поверхности, использование вскрышных и вмещающих пород возможен только в случае если она обладают требуемыми или уникальными свойствами, а также при дефиците пород, ранее складированных в отвалы. Поэтому в большинстве случаев на данной стадии функционирования горно-перерабатывающего комплекса возможно формирование и ис-

пользование техногенных объектов для удовлетворения внутреннего и внешнего спроса при обеспечении устойчивого развития горнотехнической системы.

Систематизация возможных направлений целенаправленного формирования и использования техногенных георесурсов с учетом стадии функционирования горнодобывающего предприятия представлена в таблице 3.1.

Исследования распределения объемов горных пород на различных стадиях функционирования горнодобывающего предприятия на предмет возможности и целесообразности реализации концепции устойчивого развития горнотехнических систем при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов, в частности при создании техногенных пространств для размещения промышленных отходов, а также формирование технологических площадок и коммуникаций, показали:

- на стадии строительства выбор перспективного направления формирования техногенных объектов определяется потенциальным потребителем и не имеет ограничений по реализации в ходе ведения добычных работ;
- на стадии эксплуатации, при частичном приближении горнотехнической системы к проектным контурам, выбор направления формирования георесурсов ограничен перечнем горных пород, остающихся в проектном контуре карьера, а также сформированными карьером и отвалами;
- на стадии доработки помимо ограничений по видам и объему горных пород, доступных для создания техногенного объекта, преобразование практически сформированного карьера и отвалов не представляется экономически целесообразным для обеспечения требуемых потребительских характеристик не только технологических площадок и коммуникаций, но и техногенного пространства для размещения промышленных отходов.

Таблица 3.1 – Систематизация перспективных направлений формирования и использования техногенных георесурсов на различных стадиях функционирования горного предприятия

Направление использования			Спрос	Стадия функционирования горнодобывающего предприятия*		
Назначение	Подтип	Назначение/ Объект		Строительство	Эксплуатация	Доработка
Внутреннее	Стандартный	Вскрывающая выработка	Внеш.	—	—	—
			Внутр.	—	С/С	В/Н
		Использование общей схемы вскрытия	Внеш.	—	—	—
			Внутр.	Н/В	С/С	В/Н
	Регенеративный	Техногенный ландшафт	Внеш.	В/В	В/С	Н/Н
			Внутр.	В/В	В/С	В/С
		Техногенное месторождение	Внеш.	—	—	—
			Внутр.	В/В	В/С	Н/Н
Внешнее	Специальный	Объекты культурного, бытового, спортивного и оздоровительного назначения	Внеш.	В/В	В/С	В/Н
			Внутр.	—	—	—
		Техногенные полости для размещения отходов производств и потребления	Внеш.	В/В	В/С	В/Н
			Внутр.	В/В	В/В	В/С
		Строительство и эксплуатация объектов с повышенным уровнем риска	Внеш.	С/Н	С/В	С/С
			Внутр.	—	—	—
		Техногенные пространства для научно-исследовательских лабораторий и экспериментальных установок	Внеш.	В/С	В/В	В/Н
			Внутр.	Н/В	В/В	В/Н
	Генерирующий	Использование разности геодезических отметок начала и конца перемещения движущихся масс при получении возобновляемой энергии	Внеш.	В/Н	В/С	В/В
			Внутр.	В/Н	В/С	В/В
		Использование морфометрических параметров горнотехнических сооружений при получении возобновляемой энергии	Внутр.	В/С	В/В	В/Н
			Внеш.	В/С	В/В	В/Н

* Примечание:

1. «степень использования» / «возможность регулирования параметров»
2. Н – низкое; С – среднее; В – высокая.

Характеристика стадий функционирования горнодобывающего предприятия при комплексном использовании природных и техногенных георесурсов представлена в таблице 3.2. При этом удовлетворение потребности внутреннего и внешнего спроса обеспечивается наличием и возможностью создания минимально необходимых условий для организации перемещения вещества литосферы в

пространстве в соответствующий период времени.

Таблица 3.2 – Характеристика элементов горнотехнической системы на различных стадиях функционирования карьера при комплексном использовании природных и техногенных георесурсов

Характеристика горнотехнической системы	Стадия функционирования горнодобывающего предприятия		
	Строительство	Эксплуатация	Доработка
Вещество литосферы	Породы с ограниченным набором свойств и характеристик	Породы с максимальным набором свойств и характеристик	Породы с минимальным набором свойств и характеристик
Грузооборот	Без ограничения по направлению и возможности регулирования объемов перевозок	Без ограничения по объему перевозок, но с ограничениями по направлению и регулированию	С ограничениями по направлению и возможности регулирования
Техногенные пространства	Минимальные объемы ниже дневной поверхности при отсутствии ограничений по обеспечению конструктивных параметров, а также максимальной возможности их создания на дневной поверхности	Наличие объемов ниже дневной поверхности при ограниченной возможности изменения их конструктивных, а также морфометрических параметров	Основной объем ниже дневной поверхности при минимальной возможности изменения их конструктивных параметров, а также создания на дневной поверхности
Транспортные коммуникации	Отсутствие капитальных съездов и ограничений на их формирование	Наличие сформированных капитальных съездов и ограничений по изменению их количества и параметров	Сформированная транспортная сеть и отсутствие возможности изменения параметров системы вскрытия
Пространственное положение мест ведения горных работ	Без ограничений в плане и по глубине	Практически без ограничений в плане и с незначительными ограничениями по глубине	С ограничениями в плане и по глубине
Горнотехнические сооружения	Минимальное количество с максимальной возможностью их формирования без ограничений по морфометрическим параметрам	Наличие с неоптимальными параметрами для целевого использования при высокой возможности их использования и изменения	Наличие с нерациональными параметрами и отсутствием возможности переформирования их использования

В течение всего периода комплексного освоения крутопадающего месторождения при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов предусматривается изменение годовых затрат и доходов, вследствие колебания объемов добычи как полезного ископаемого, так и вскрышных пород по причинам колебания их качественных показателей. Стадия строительства с экономической стороны характеризуется максимальным значением затрат, а с технологической –

значительным количеством вскрышных рыхлых пород, в том числе глины, обладающей низким коэффициентом фильтрации, пригодных для использования в качестве гидроизоляционного материала при строительстве техногенных объектов с целью размещения в них промышленных отходов высоких классов опасности. На этапе эксплуатации карьера преобладают первичные породы, в том числе и при целенаправленном создании технологических площадок и коммуникаций, использование которых позволяет формировать ограждающие дамбы и техногенный ландшафт на поверхности Земли в пределах осваиваемого участка недр. На данном этапе возможно размещение отходов II-IV классов опасности. Этап доработки характеризуется практически отсутствием материалов для строительства техногенных объектов на поверхности, кроме того ограничены возможности по развитию горных работ в плане и по глубине. При этом, сформированный техногенный георесурс на базе выработанного пространства карьера может быть использован в качестве вскрывающей выработки или для размещения промышленных отходов III-V классов опасности (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Формирование техногенных георесурсов на различных стадиях

Породы и объекты	Стадии функционирования горнодобывающего предприятия		
	Строительство	Эксплуатация	Доработка
Материалы и объемы горных пород	Преобладание рыхлых пород при незначительном количестве первичных пород	Значительный объем первичных пород	Отсутствие рыхлых пород при незначительном объеме первичных пород
Техногенные объекты	Приемные емкости, коммуникации, ландшафт	Приемные емкости, технологические площадки и коммуникации, ландшафт	Приемные емкости, технологические площадки и коммуникации
Размещаемые отходы	Отходы II-III класса опасности	Отходы II-IV класса опасности	Отходы III-IV класса опасности

Наличие потенциальных техногенных георесурсов при их целенаправленном формировании в процессе ведения добычных работ с целью использования как на этапе освоения балансовых запасов крутопадающих месторождений, так и в последующий период, определяет порядок и последовательность вовлечения в разработку отдельных участков и горных пород для обеспечения требуемых потребительских свойств. При этом в работе не предусматривается принципиальное

изменение подхода к планированию и регулированию режима горных работ, а то, что дополнительно необходимо учитывать количественно-качественные показатели вскрышных пород и их объемы, задействованные при формировании техногенных объектов. Исходя из количественно-качественных показателей каждого блока геоинформационной модели горнотехнической системы и стадии функционирования горнодобывающего предприятия необходимо учитывать пространственное положение и объемы вскрышных пород, как в недрах, так и в техногенных объектах по мере их формирования. Показатели годовой производительности карьера по полезному ископаемому и вскрыше необходимо осуществлять при перспективном, текущем и оперативном планировании. При этом создание техногенных объектов на поверхности Земли для последующего размещения в них промышленных отходов достигается использованием четвертичных пород для обеспечения противодиффузионных свойств, а первичных пород для формирования конструкции и обеспечения ее прочности. В случае, когда перспективным направлением использования техногенного объекта является размещение промышленных отходов в выработанном пространстве карьера, а также создания технологических площадок и коммуникаций, помимо очередности выемки соответствующих горных пород, на определенном участке, необходимо спланировать систему вскрытия карьера. От выбора схемы вскрытия при комплексном освоении природных и техногенных георесурсов зависит не только эффективность отработки балансовых запасов, но и возможность использования созданных техногенных объектов после окончания добычных работ в рамках устойчивого развития горнотехнической системы.

3.2 Влияние схемы вскрытия месторождения на перспективы использования выработанного пространства карьера для размещения промышленных отходов добычи и переработки руд

Устойчивое развитие горнотехнической системы предполагает освоение участка недр неопределенно продолжительный период времени за счет использования техногенных георесурсов, сформированных в процессе добычи твердых полезных ископаемых. В связи с этим, важным условием последующего использования техногенных объектов, в частности выработанного пространства карьера для размещения текучих отходов является обеспечением реализации мероприятий по откачке воды из него по мере эксплуатации приемной емкости. Для этой цели на этапе проектирования при выборе схемы вскрытия карьера необходимо предусмотреть заложение капитальной траншеи таким образом, чтобы на каждом горизонте была возможность монтажа и обслуживания плавучей насосной станции. То есть при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов происходит изменение требований к схеме вскрытия, кроме того, расширяется функциональность вскрывающих трасс. В связи с этим, в работе предложено использование *многофункциональных схем вскрытия*, представленные совокупность трасс всех вскрывающих горных выработок, обеспечивающих не только грузотранспортную связь рабочих горизонтов карьера с сооружениями для приема и переработки горной массы в карьере и на поверхности в период добычных работ, но и технологическую и транспортную доступность в заданную часть выработанного пространства карьера с учетом его использования после отработки балансовых запасов на протяжении всего периода эксплуатации техногенного объекта.

В зависимости от перспективных направлений совокупного использования природных и техногенных георесурсов должен быть обеспечен доступ к отрабатываемым запасам и в сформированное в результате добычи выработанное пространство карьера с целью:

— эксплуатации технологических площадок при размещении промышленных отходов и комбинированном способе разработки месторождения;

- обслуживания и поддержания всех видов коммуникаций, эксплуатируемых после отработки балансовых запасов;
- организации первоначального фронта работ при размещении твердых промышленных отходов;
- монтажа и обслуживания системы оборотного водоснабжения при складировании текучих промышленных отходов;
- проведение мониторинга состояния откосов борта карьера и техногенного массива, формируемого в результате складирования отходов.

При проектировании горнотехнической системы в соответствии с перспективным направлением формирования и использования техногенного объекта для складирования твердых промышленных отходов, необходимо предусматривать многофункциональную систему вскрытия с технологическими площадками, обеспечивающими возможность организации первоначального фронта работ (рисунок 3.2). Порядок проведения работ в этом случае полностью соответствует последовательности ведения работ по формированию внутреннего отвала.

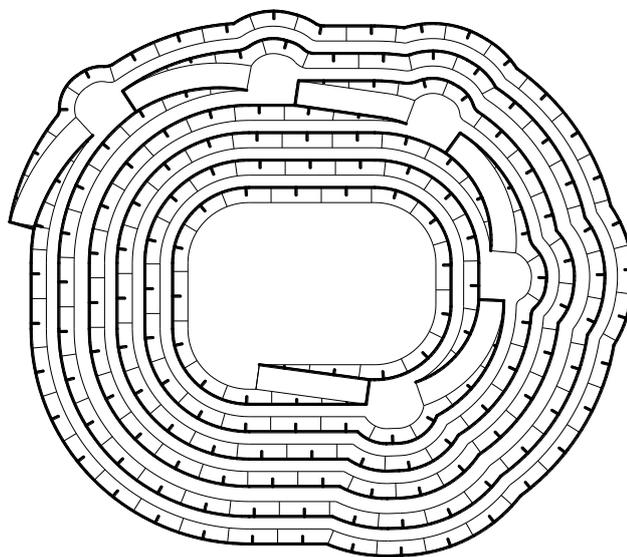


Рисунок 3.2 – Схема вскрытия месторождения при формировании техногенного объекта для размещения твердых промышленных отходов

При обеспечении устойчивого развития горнотехнической системы в рамках комплексного использования природных и техногенных георесурсов, формируемых с целью последующего размещения текучих промышленных отходов многофункциональная схема вскрытия должна обеспечить технологический и транс-

портный доступ на заданный участок борта отработанного карьера в конкретный момент времени с целью осуществления откачки воды и ее подачу в систему оборотного водоснабжения обогатительной фабрики.

Размещение текучих отходов в целенаправленно сформированный техногенный объект на базе выработанного пространства карьера возможно только после полной отработки балансовых запасов и постановки борта карьера в предельное положение [173, 175, 183, 197, 184, 129, 125]. Поскольку откосы борта карьера и поверхность размещаемых текучих отходов представляют собой наклонные поверхности, в ограниченном ими пространстве будет накапливаться вода за счет естественного водопотока и свободной водоотдачи отходов. Максимальная глубина прудка в карьере будет наблюдаться на противоположной стороне от точки выпуска текучих отходов, то есть поперечной крутой траншеи, а минимальная по периферии при приближении к ней (рисунок 3.3). При этом, в зависимости от степени обезвоживания текучих хвостов обогатительной фабрики, которая определяет принципиальную возможность их перекачки, угол растекания текучих отходов варьируется от 1 до 14 градусов [178].

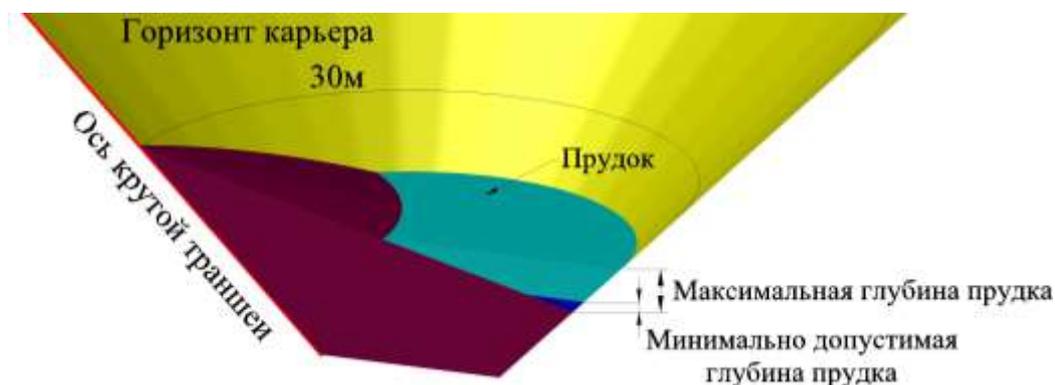


Рисунок 3.3 – Модель выработанного пространства карьера с размещенными текучими отходами и сформированным прудком

Мощность прудка определяется в соответствии со справочным пособием к СНиП 2.04.03-85. Проектирование сооружений для очистки сточных вод [187, 195]. С учетом промежутка времени, необходимого для кондиционирования воды в прудке, составляющего в среднем по обогатительным фабрикам Уральского региона до 200 дней, глубина прудка должна составлять не менее 5м.

Исходя из практического опыта эксплуатации плавучих насосных станций по

откачке воды из карьера №2 Гайского горно-обогатительного комбината, где осуществляется сброс текущих хвостов обогатительной фабрики, минимальная глубина прудка, обеспечивающая непрерывную и надежную работу наносного оборудования составляет 8м. При меньшей глубине прудка вода не успевает осветлиться и помимо снижения ее качества, относительно требований обогатительной фабрики, содержащаяся в воде взвесь твердых частиц негативно сказывается на рабочих колесах насосов плавучей насосной станции. С учетом того, что при обогащении твердых полезных ископаемых задается различная тонина помола, что в совокупности с видом перерабатываемой руды определяет широкий диапазон гранулометрического состава образующихся хвостов, для гарантированного естественного осветления воды, при размещении данных отходов в техногенном пространстве, на этапе проектирования необходимо принимать максимально возможную глубину прудка. Исходя из этого, в работе принято, что минимально допустимая глубина прудка на противоположной стороне от поперечной крутой траншеи должна быть не менее 10м, а на периферии прудка – 8м, разница в 2м обеспечит исключение попадания иловых частиц в насосы при их установке плавучей насосной станции на противоположной стороне от поперечной крутой траншеи (рисунок 3.4). Это объясняется с одной стороны необходимостью поддержания в карьере объема воды, обеспечивающего протекание необходимых реакций по ее подготовке для подачи на обогатительную фабрику, а с другой стороны – обеспечивает резерв для осветления.

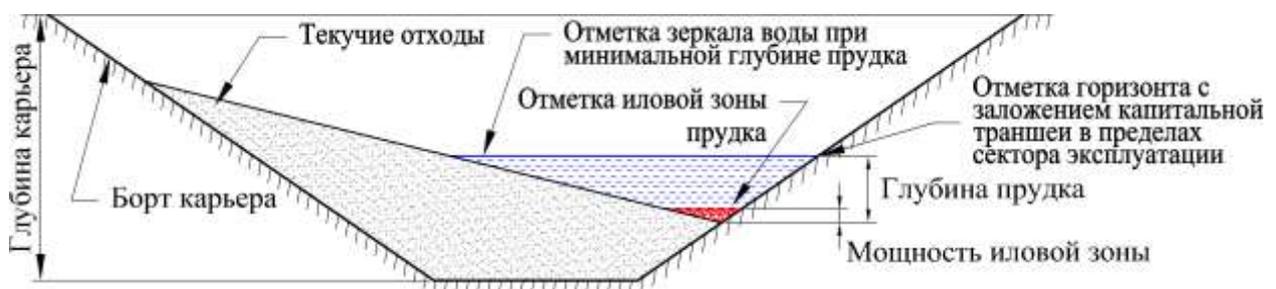


Рисунок 3.4 – Схема к определению отметки горизонта для заложения капитальной траншеи в пределах сектора эксплуатации

Таким образом, с целью обеспечения эксплуатации техногенного георесурса, формируемого в качестве приемной емкости для размещения текущих отходов необходимо на этапе проектирования предусматривать multifunctional си-

системы вскрытия месторождения с целью заложения капитальной траншеи в той части борта карьера, которая находится на противоположной стороне от точки выпуска отходов. Данную часть карьера, предложено называть **сектором эксплуатации (заложения капитальной траншеи)**, а сформированная в нем капитальная траншея обеспечивает не только эксплуатацию плавучей наносной станции, а, следовательно, и техногенного пространства, но и проведение геомеханического мониторинга природного и техногенного массива, а также откосов бортов карьера. С целью обеспечения организованного выпуска текучих отходов и недопущения их попадания в процессе складирования на бермы необходимо предусматривать в районе точки выпуска формирование при ведении добычных работ поперечную крутую траншею.

Место заложение поперечной крутой траншеи определяется рельефом местности, а также наличием коммуникации и естественных преград на дневной поверхности, расположенных в непосредственной близости к верхней бровке карьера. При отсутствии ограничений по месту заложения крутой траншеи, абсолютная отметка ее устья должна иметь максимальную величину по отношению к отметкам верхней бровки. Это обеспечит максимальный срок размещения текучих отходов в выработанное пространство карьера без переноса точки выпуска, как вдоль борта, так и по намытому массиву.

Округлые формы карьера характерны при любой глубине разработки крутопадающих залежей и глубине от 100 м и более при разработке залежей любой формы в плане. Поскольку разнос уступов по периметру карьера такой глубины предопределяет округлую или овальную форму карьера в плане независимо от формы его дна; обычно оно также имеет вытянутую (овальную) форму.

Подразделение карьеров по форме в плане на округлые и вытянутые принимается в зависимости от соотношения объемов карьера в целом $V_{ц}$ и его торцовых частей $V_{торц}$: карьеры относятся к вытянутым, если $V_{торц}$ составляет не более (0,15-0,20) $V_{к}$, а длина карьера поверху соотносится к его ширине поверху более чем 4:1 [153].

Карьеры вытянутой в плане формы

Протяженное в плане на предельном горизонте рудное тело определяет вытянутую форму карьера на конец его отработки. В этом случае, оптимальным заложением крутой и капитальной траншей является их размещение на противоположных бортах, причем на торцевых (коротких) сторонах карьера (рисунок 3.5).

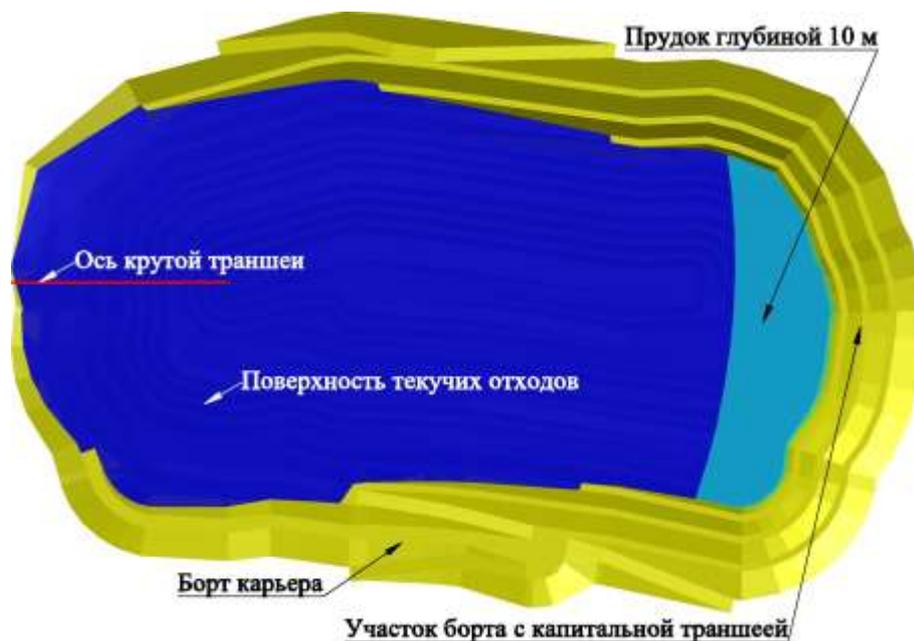


Рисунок 3.5 – Схема оптимального заложения крутой и капитальной траншей для карьеров вытянутой в плане формы

Альтернативные варианты организации точек выпуска текучих отходов и заложения капитального съезда являются неэффективными, поскольку при формировании капитальной траншеи вдоль продольного (вытянутого) борта карьера для обеспечения монтажа и эксплуатации плавучей насосной станции потребует дублирование либо самих капитальных траншей (рисунок 3.6), либо крутых траншей (рисунок 3.7). В первом случае необходимо будет держать в эксплуатации две плавучие насосные станции, расположенные возле торцов каждого борта, а соответственно и капитальные съезды к ним. Во втором случае, выпуск текучих отходов по двум крутым траншеям позволит сформировать прудок в центре продольного (вытянутого) борта карьера, однако форма капитального съезда, в этом случае должны быть петлевой.

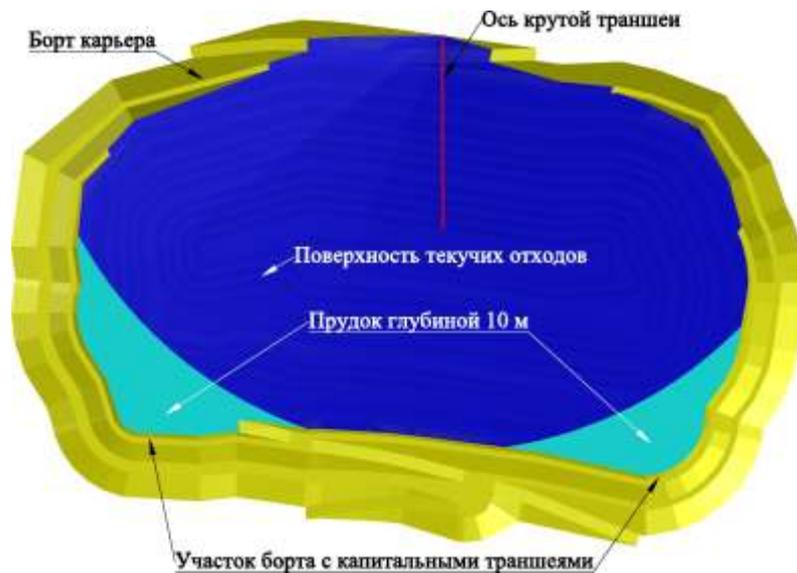


Рисунок 3.6 – Схема заложения крутой и капитальных траншей вдоль продольных (вытянутых) бортов карьера

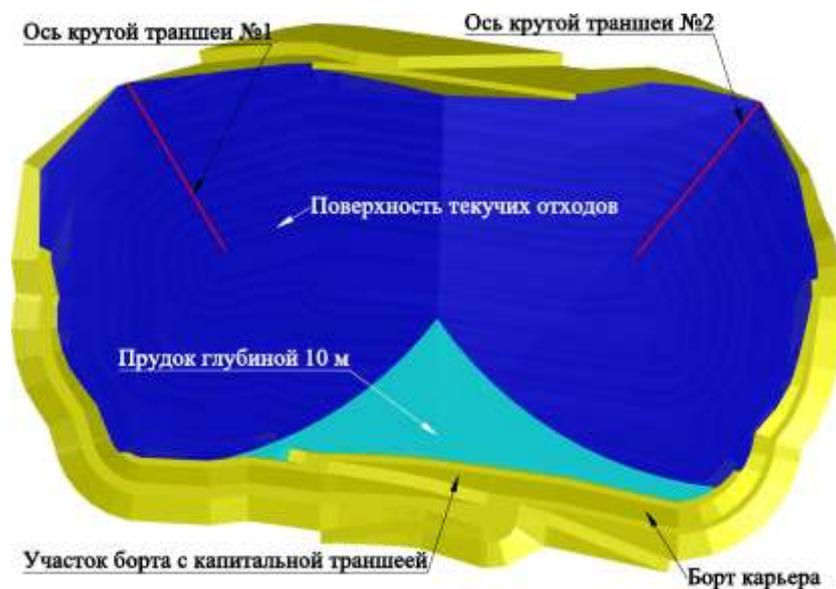
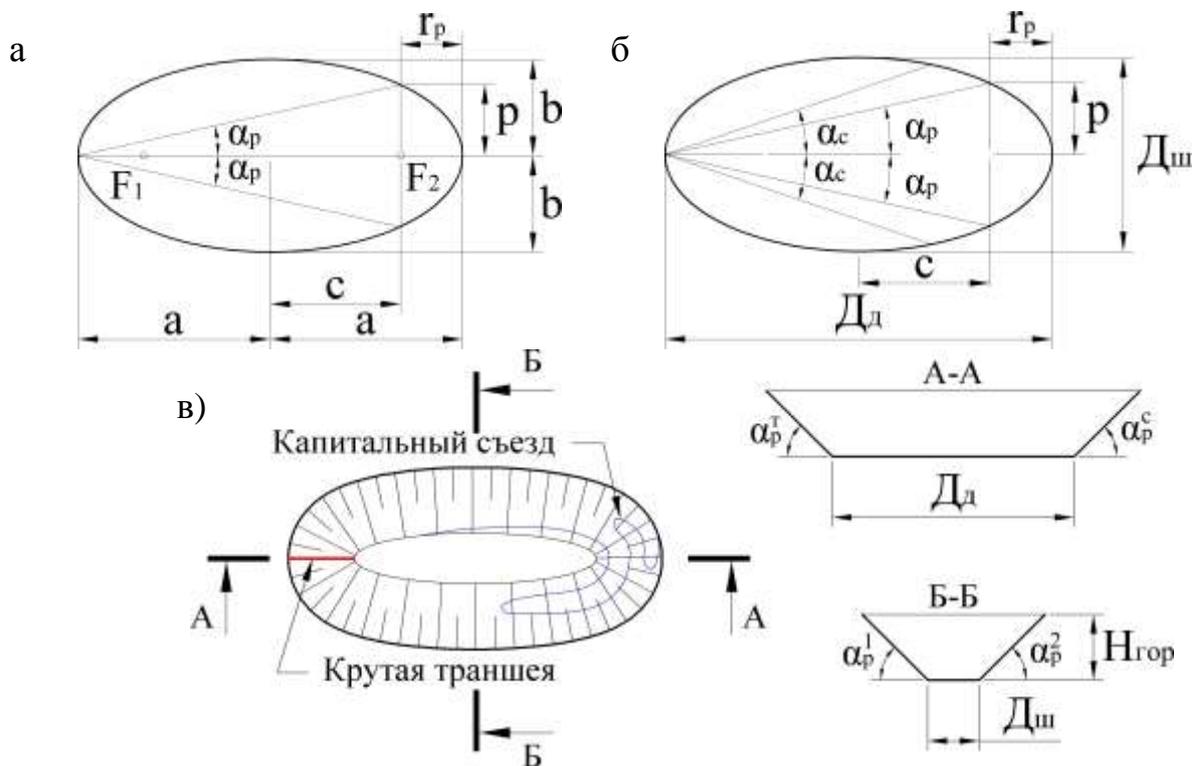


Рисунок 3.7 – Схема заложения капитальной и двух крутых траншей вдоль продольных (вытянутых) бортов карьера

Заложение крутых и капитальных траншей на бортах карьера вытянутого в плане влечет увеличение объемов горных работ в период добычи полезных ископаемых, вызванные необходимостью формирования дополнительных съездов, без повышения эффективности отработки запасов месторождения, а также дополнительного желоба для организации размещения текучих хвостов в выработанном пространстве карьера. При этом, в период эксплуатации техногенного пространства, в силу протяженности вытянутого в плане карьера, эксплуатационные затра-

ты на подачу текучих отходов к точкам выпуска и откачку воды из карьера будут значительно выше варианта с оптимальным заложением капитальной и крутой траншей, по торцевым (коротким) сторонам карьера.

С целью определения угла сектора заложения капитальной и поперечной крутой траншей, для условий их формирования на торцевых (коротких) сторонах карьера разработана соответствующая модель. Модель определения угла сектора заложения капитальной траншеи базируется на том, что форма вытянутого в плане карьера приближена к форме эллипса (рисунок 3.8).



a – большая полуось;
 b – малая полуось;
 F_1, F_2 – фокусы;
 c – фокальное расстояние;
 p – фокальный параметр;

D_d – длина дна карьера, м;
 $D_ш$ – ширина дна карьера, м;
 α_c – угол сектора заложения капитальной траншеи, град.;
 α_p – центральный угол соответствующий фокальному параметру, град.;

r_p – перифокусное расстояние (минимальное расстояние от фокуса до точки на эллипсе)

Рисунок 3.8 – Схема к определению угла заложения капитальной траншеи для карьеров вытянутой формы в плане а) эллипс; б) дно карьера; в) план и разрезы карьера

Установлено, что величина сектора заложения капитальной траншеи в плане определяется как разность угла 45° , соответствующей точки перехода формы карьера от округлой к вытянутой, и угла, соответствующего фокальному параметру, по следующей формуле

$$\alpha_c = 45^0 - \alpha_p,$$

где α_c – угол сектора заложения капитальной траншеи, град.;

α_p – результирующий угол борта карьера, град.

$$\alpha_p = \operatorname{arctg} \cdot \left(\frac{p}{a'+c} \right),$$

где p – фокальный параметр;

a' – большая полуось с учетом глубины карьера, м;

c – фокальное расстояние.

$$p = \left(\frac{b'^2}{a'} \right),$$

где b' – малая полуось с учетом глубины карьера, м;

$$c = a' \cdot e,$$

где e – эксцентриситет;

$$e = \sqrt{1 - \frac{b'^2}{a'^2}},$$

С учетом того, что $D_d=2a$, $D_{ш}=2b$, малая и большая полуоси, соответствующие половине длины и половине ширины дна карьера с учетом горизонта определяется по формуле

$$a' = \frac{D_d}{2} + H_{гор} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_p^c + \operatorname{ctg} \alpha_p^T),$$

$$b' = \frac{D_{ш}}{2} + H_{гор} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_p^1 + \operatorname{ctg} \alpha_p^2),$$

где $H_{гор}$ – глубина горизонта карьера, м;

α_p^T – результирующий угол борта карьера со стороны крутой траншеи, град.;

α_p^c – результирующий угол борта карьера со стороны капитальной траншеи, град.;

α_p^1 – результирующий угол борта карьера первого продольного (вытянутого) борта, град.;

α_p^2 – результирующий угол борта карьера второго продольного (вытянутого) борта, град.

Тогда угол сектора заложения капитальной траншеи для вытянутых в плане карьеров следует определять по формуле

$$\alpha_c = 90^\circ - \arctg \cdot \left(\frac{\left(\frac{D_{ш}}{2} + H_{zop} \cdot (ctg \alpha_p^1 + ctg \alpha_p^2) \right)^2}{\left(\frac{D_{л}}{2} + H_{zop} \cdot (ctg \alpha_p^c + ctg \alpha_p^r) \right) \cdot \left(\frac{D_{л}}{2} + H_{zop} \cdot (ctg \alpha_p^c + ctg \alpha_p^r) \right) + \left(\frac{D_{л}}{2} + H_{zop} \cdot (ctg \alpha_p^c + ctg \alpha_p^r) \right) \cdot \sqrt{1 - \frac{\left(\frac{D_{ш}}{2} + H_{zop} \cdot (ctg \alpha_p^1 + ctg \alpha_p^2) \right)^2}{\left(\frac{D_{л}}{2} + H_{zop} \cdot (ctg \alpha_p^c + ctg \alpha_p^r) \right)^2}}} \right)}$$

На основе разработанной модели установлена зависимость изменения величины угла заложения капитальной траншеи для карьера вытянутой формы в плане при размере его дна 30×150м, представленная на рисунке 3.9.

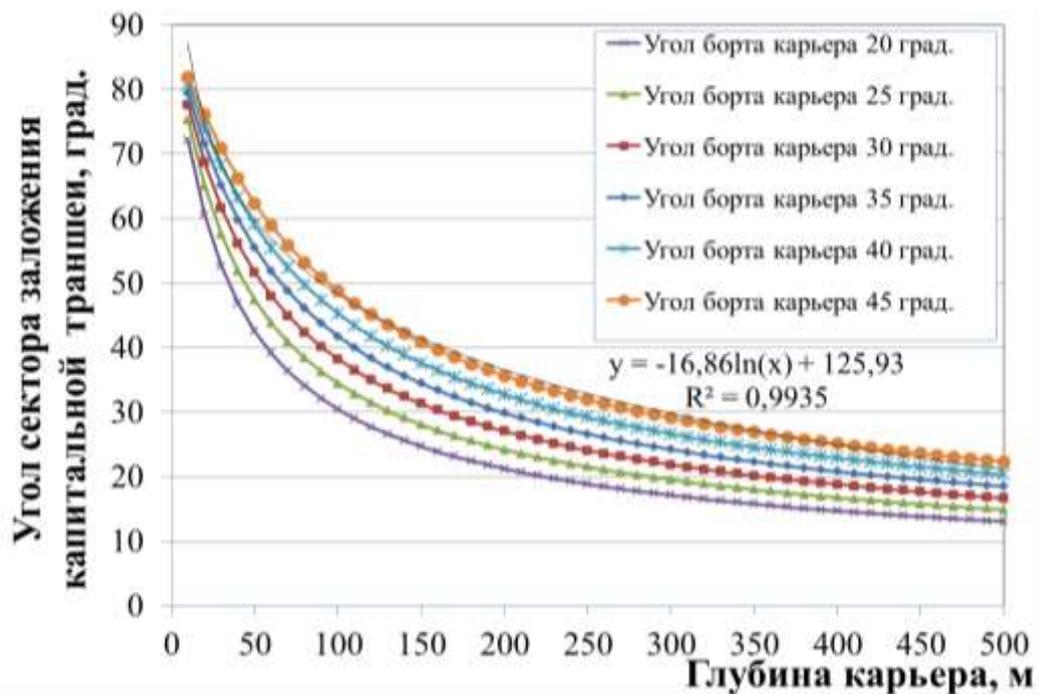


Рисунок 3.9 – Зависимость изменения сектора заложения капитальной траншеи для вытянутой формы карьера в плане при размере дна 30×150м

По мере увеличения глубины карьера вытянутой формы в плане наблюдается уменьшение величины угла заложения капитальной траншеи. Это объясняется необходимостью организации перемещения плавучей насосной станции вдоль торцевой стороны борта карьера и уменьшением протяженности участка заложения с ростом глубины (рисунок 3.10).

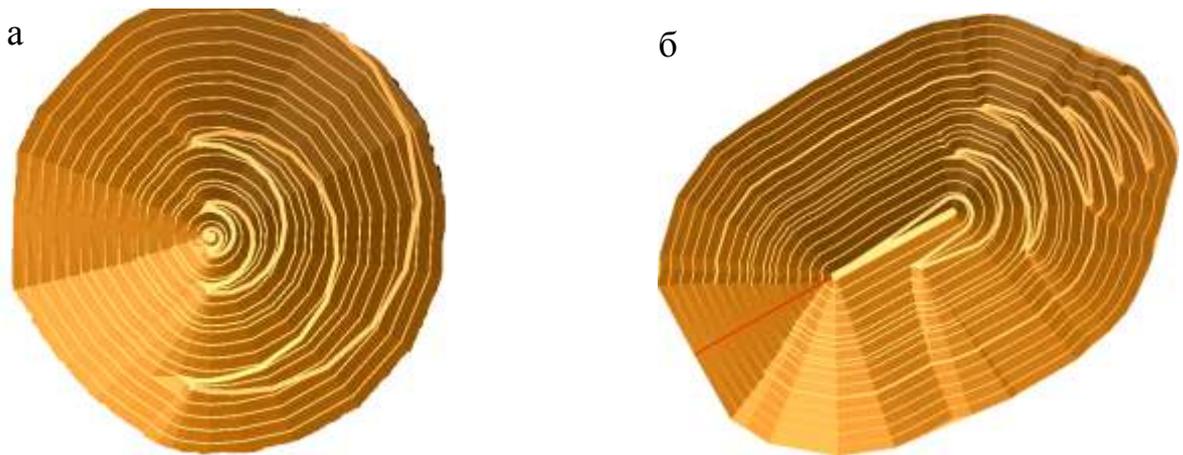


Рисунок 3.10 – Трехмерные модели вытянутых в плане карьеров
 а) дно 30×150м, угол бортов 45°, глубина 390м, уклон траншей: крут. – 43°; кап. – 100‰
 б) дно 30×500м, угол бортов 40°, глубина 450м, уклон траншей: крут. – 38°; кап. – 100‰

Карьеры округлой в плане формы

При разработке ограниченных в плане крутопадающих месторождений, контур карьера приобретает округлую форму. В этом случае, для подготовки выработанного пространства карьера к последующему размещению текучих отходов исключается использование петлевой формы трассы при вскрытии месторождения. Поскольку крутая траншея, обеспечивающая самотечное перемещение текучих отходов, на всю глубину карьера пересечет один из его бортов. Поэтому целенаправленное формирование выработанного пространства карьера и заложение капитальной траншеи должно осуществляться по петлевой форме трассы, в пределах сектора эксплуатации. Величина сектора зависит от абсолютной отметки горизонта, результирующего угла борта карьера, параметров его дна, руководящего уклона автодороги, угла растекания текучих отходов, мощности иловой зоны и минимальной глубины прудка.

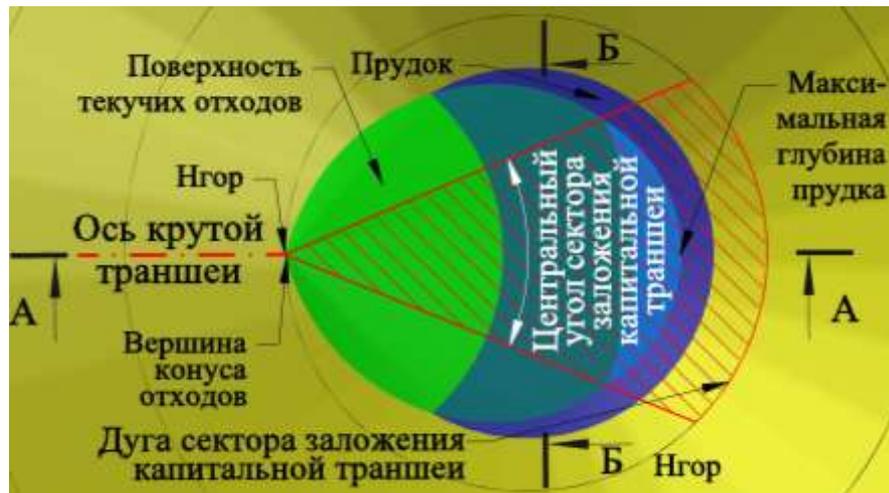
С целью определения величины сектора эксплуатации (заложения капитальной траншеи) в выработанном пространстве карьера при его формировании в процессе добычи полезных ископаемых и последующего размещения в нем текучих отходов разработаны трехмерные модели круглых в плане карьеров со следующими параметрами:

1. Глубина – от 60 до 420м;
2. Диаметр дна – от 30 до 60м;

3. Результирующий угол борта – от 20 до 45 ;
4. Высота строенных уступов –30м;
5. Расстояние заложение устья крутой траншеи от верхней бровки – 5м;
6. Угол растекания текучих отходов – от 1 до 14 .

Фрагмент плана карьера с положением текучих отходов мощностью 30м, а также контуров прудков глубиной 10 и 15м, образующие сектор заложения капитальной траншеи представлен на рисунке 3.11.

а



б

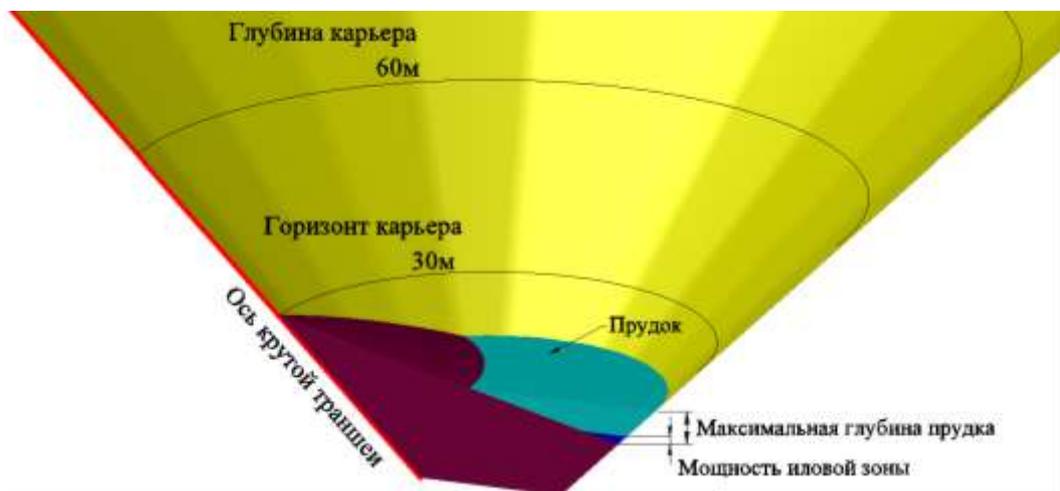


Рисунок 3.11 – Фрагмент плана (а) и разреза (б) модели выработанного пространства карьера при размещении текучих отходов

По мере набора мощности слоя размещенных отходов в выработанном пространстве карьера происходит увеличение абсолютной отметки и уменьшение угла сектора эксплуатации. Причем, при достижении мощности размещаемых отходов, равной глубине карьера, необходимость заложения капитальной траншеи в указанном секторе исчезает. В этом случае, на противоположном борту определяется глу-

бина перехода, когда заложение капитальной траншеи может осуществляться за пределами сектора эксплуатации (рисунок 3.12).

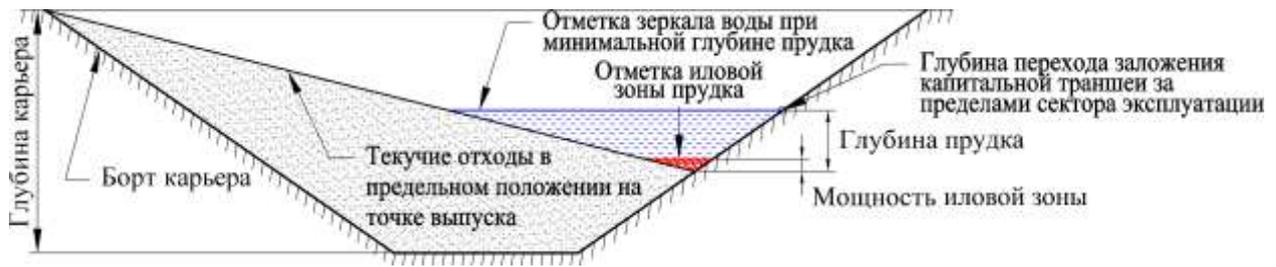


Рисунок 3.12 – Глубина перехода траншеи за пределы сектора эксплуатации

Определение глубины перехода ($H_{переход}$) осуществляется в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.13.

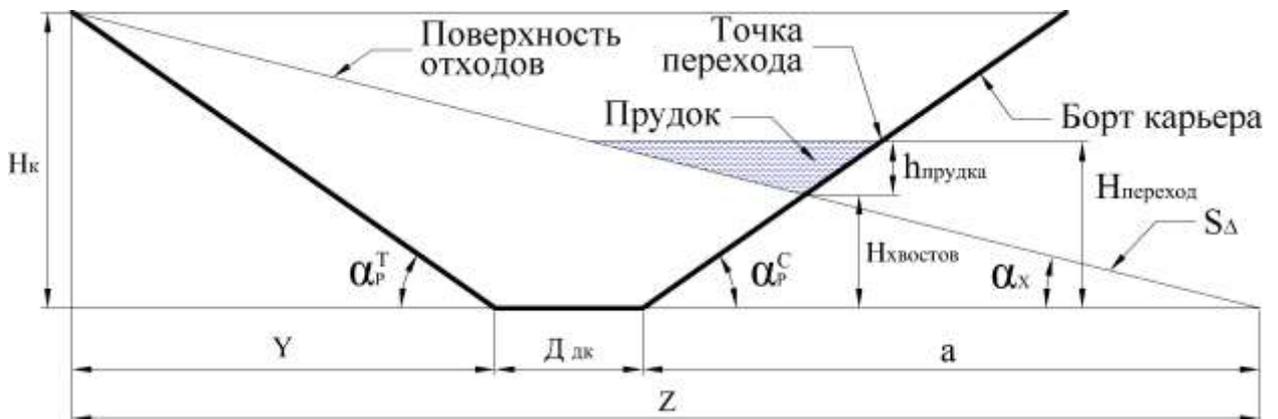


Рисунок 3.13 – Схема к определению глубины перехода траншеи за пределы сектора эксплуатации

Глубина перехода определяется мощностью слоя текущих отходов на противоположном борту от крутой траншеи и глубиной прудка

$$H_{пер} = H_{отх} + h_{пруд}$$

где $H_{пер}$ – глубины перехода заложения капитальной траншеи за пределы сектора эксплуатации, м;

$H_{отх}$ – мощностью слоя текущих отходов на противоположном борту от крутой траншеи, м.

$h_{пруд}$ – минимально допустимая глубина прудка, м.

Мощность слоя текущих отходов на противоположном от крутой траншеи борту определяется в следующей последовательности

$$Z = H_K \cdot ctg \alpha_x,$$

где H_K – глубина карьера, м;

α_x – угол растекания текучих отходов, град.

$$Y = H_K \cdot ctg \alpha_P^T,$$

где α_P^T – результирующий угол борта карьера со стороны крутой траншеи, град.

$$a = H_K (ctg \alpha_x - ctg \alpha_P^T) - D_{DK},$$

где D_{DK} – диаметр (длина или ширина) дна карьера, м.

Согласно схеме, за пределами контура карьера образовывается треугольник, высота которого и будет соответствовать глубине перехода заложения капитальной траншеи за пределы сектора эксплуатации.

$$H_{omx} = \frac{2S_{\Delta}}{a},$$

где S_{Δ} – площадь треугольника за пределами контура карьера, м².

$$S_{\Delta} = \frac{(\sin \alpha_x \cdot \sin \alpha_P^C)}{\sin(\alpha_x + \sin \alpha_P^C)},$$

где α_P^C – результирующий угол борта карьера со стороны капитальной траншеи, град.

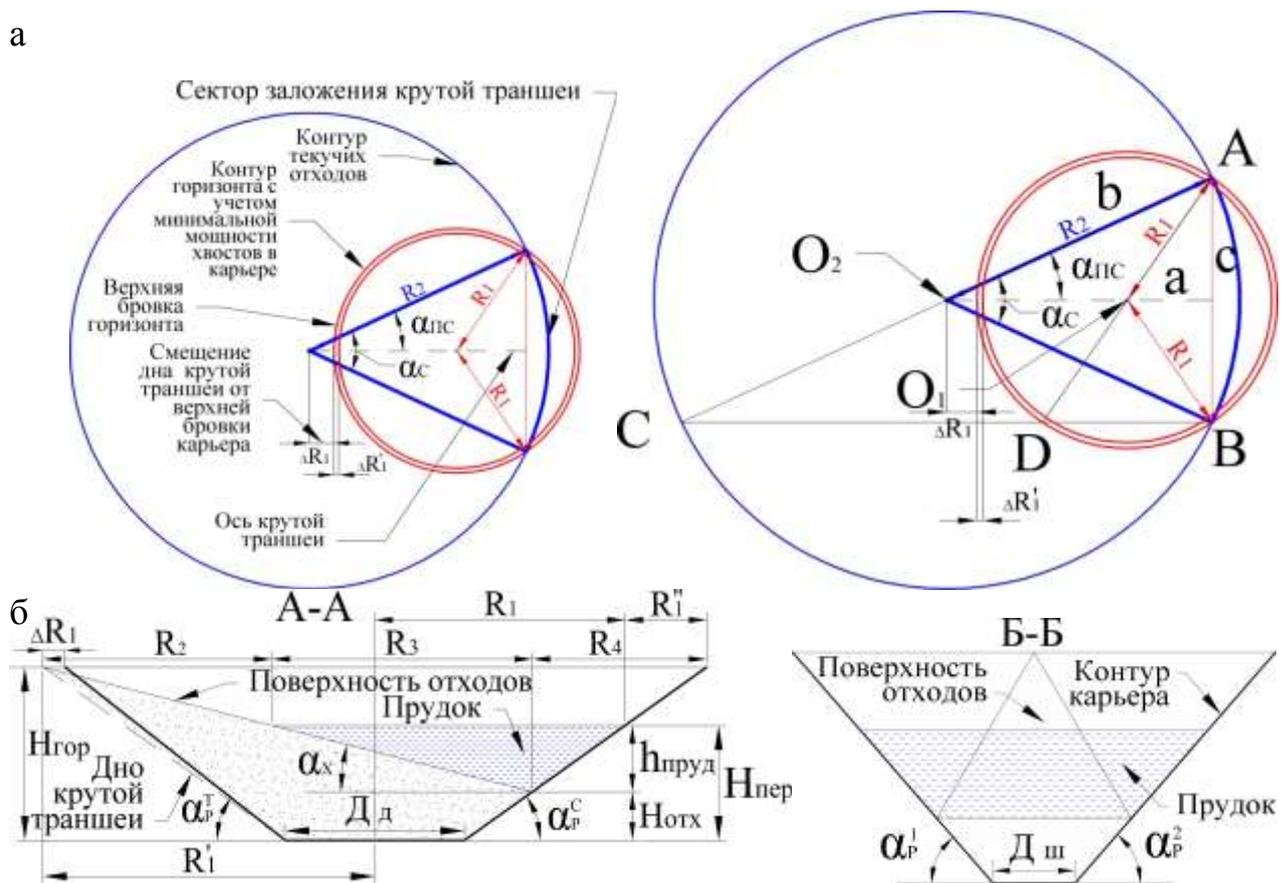
Тогда глубина перехода заложения капитальной траншеи за пределы сектора эксплуатации

$$H_{nep} = H_{omx} + h_{пруд} = \left(H_K (ctg \alpha_x - ctg \alpha_P^T) - D_{DK} \right) \frac{(\sin \alpha_x \cdot \sin \alpha_P^C)}{\sin(\alpha_x + \sin \alpha_P^C)} + h_{пруд}.$$

С целью определения параметров сектора эксплуатации на каждом горизонте округлого в плане карьера, в зависимости от угла растекания текучих отходов, мощности иловой зоны и глубины прудка разработана следующая методика.

Контур горизонтов и линий перенесений поверхности текучих отходов описываются окружностями соответствующего диаметра (рисунок 3.11). Схема к математическому описанию модели определения параметров сектора заложения капитальной траншеи представлена на рисунке 3.14.

а



а) положение сектора заложения капитальной траншеи в плане

б) положение сектора заложения капитальной траншеи в вертикальной плоскости

Рисунок 3.14 – Схема к определению параметров сектора заложения капитальной траншеи

Согласно схеме рисунка 9, а точки В, С и D лежат на одной прямой при этом точка D лежит между В и С. В этом случае расстояние между радиусами окружности определяется следующим образом

$$O_1O_2 = \frac{1}{2} CD = \frac{1}{2} (BC - BD) = \frac{a - b}{2},$$

С учетом теоремы косинусов, угол полусектора $\alpha_{пс}$, если принять что $y = O_1O_2 = R_1 + \Delta R_1 + \Delta R_1'$, определяется

$$\alpha_{пс} = \arccos\left(\frac{y^2 - R_1^2 - R_2^2}{2 \cdot y \cdot R_2}\right) = \arccos\left(\frac{(R_1 + \Delta R_1 + \Delta R_1')^2 - R_1^2 - R_2^2}{2 \cdot (R_1 + \Delta R_1 + \Delta R_1') \cdot R_2}\right),$$

где $\alpha_{пс}$ – угол полусектора заложения капитальной траншеи, град.;

R_1 – радиус контура карьера в точке, соответствующей максимальной мощности размещенных в нем текучих отходов и прудка, м;

ΔR_1 – расстояние смещения дна крутой траншеи от верхней бровки карьера, м;

$\Delta R_1'$ – расстояние смещения контура дна крутой траншеи от контура карьера, соответствующего $H_{омх}$, м;

R_2 – радиус, соответствующий точке пересечения поверхностей текучих отходов и борта карьера, м;

Согласно схеме рисунка 9, б

$$R_1 = \frac{D_{\text{д}}}{2} + (H_{\text{омх}} + h_{\text{нрвд}}) \text{ctg} \alpha_P^C,$$

$$R_1' = \frac{D_{\text{д}}}{2} + H_{\text{зоп}} \text{ctg} \alpha_P^T,$$

$$R_1'' = \frac{D_{\text{д}}}{2} + H_{\text{зоп}} \text{ctg} \alpha_P^C,$$

$$\Delta R_1' = (H_{\text{зоп}} - h_{\text{нрвд}} - H_{\text{неп}}) \text{ctg} \alpha_P^T,$$

где $H_{\text{зоп}}$ – разность между абсолютными отметками вершины конуса размещенных текучих отходов и дна карьера, м;

$$R_2 = R_1' + R_1'' + \Delta R_1 - R_3 - R_4,$$

При этом

$$R_3 = h_{\text{нрвд}} \text{ctg} \alpha_x,$$

$$R_4 = (H_{\text{зоп}} - H_{\text{омх}}) \text{ctg} \alpha_P^C,$$

Тогда

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{D_{\text{д}}}{2} + H_{\text{зоп}} \text{ctg} \alpha_P^T + \frac{D_{\text{д}}}{2} + H_{\text{зоп}} \text{ctg} \alpha_P^C + \Delta R_1 - h_{\text{нрвд}} \text{ctg} \alpha_x - (H_{\text{зоп}} - H_{\text{омх}}) \text{ctg} \alpha_P^C = \\ &= D_{\text{д}} + H_{\text{зоп}} (\text{ctg} \alpha_P^T + \text{ctg} \alpha_P^C) + \Delta R_1 - h_{\text{нрвд}} \text{ctg} \alpha_x - (H_{\text{зоп}} - H_{\text{омх}}) \text{ctg} \alpha_P^C, \end{aligned}$$

Таким образом, угол сектора заложения капитальной траншеи на противоположном борту от крутой траншеи следует определять по формуле

$$\alpha_C = 2 \arccos \left(\frac{\left(\frac{D_{\text{д}}}{2} + (H_{\text{омх}} + h_{\text{нрвд}}) \text{ctg} \alpha_P^C + \Delta R_1 + \Delta R_1' \right)^2 - \left(\frac{D_{\text{д}}}{2} + (H_{\text{омх}} + h_{\text{нрвд}}) \text{ctg} \alpha_P^C \right)^2 - \left(D_{\text{д}} + H_{\text{зоп}} (\text{ctg} \alpha_P^T + \text{ctg} \alpha_P^C) + \Delta R_1 - h_{\text{нрвд}} \text{ctg} \alpha_x - (H_{\text{зоп}} - H_{\text{омх}}) \text{ctg} \alpha_P^C \right)^2}{2 \cdot \left(\frac{D_{\text{д}}}{2} + (H_{\text{омх}} + h_{\text{нрвд}}) \text{ctg} \alpha_P^C + \Delta R_1 + \Delta R_1' \right) \cdot \left(D_{\text{д}} + H_{\text{зоп}} (\text{ctg} \alpha_P^T + \text{ctg} \alpha_P^C) + \Delta R_1 - h_{\text{нрвд}} \text{ctg} \alpha_x - (H_{\text{зоп}} - H_{\text{омх}}) \text{ctg} \alpha_P^C \right)} \right).$$

Расчет длины участка борта на противоположном борту от крутой траншеи определяется по формуле

$$L_{\text{сектор}} = 2\pi R_{\text{д}} 2 \frac{\alpha_C}{360},$$

где $R_{\text{д}}$ – радиус сектора на уровне отметки зеркала воды в прудке, м.

$$R_{\text{д}} = (h_{\text{нрвд}} + H_{\text{омх}}) \text{ctg} \alpha_P^C + \frac{D_{\text{д}}}{2} + \Delta R_1 + H_{\text{зоп}} \text{ctg} \alpha_P^T.$$

Поскольку при проектировании крутопадающих месторождений в подавляющем большинстве случаев размер дна карьера определяет не столько мощность

рудного тела в плане, сколько минимальная ширина рабочей площадки, в работе изучено влияние ширины дна карьера на размер сектора заложения капитальной траншеи для диапазона угла растекания текучих отходов от 1 до 14 градусов и глубине прудка от 4 до 16м. Зависимость влияния ширины дна карьера на размер сектора заложения капитальной траншеи от угла растекания отходов представлена на рисунке 3.15, а от глубины прудка на рисунке 3.16.

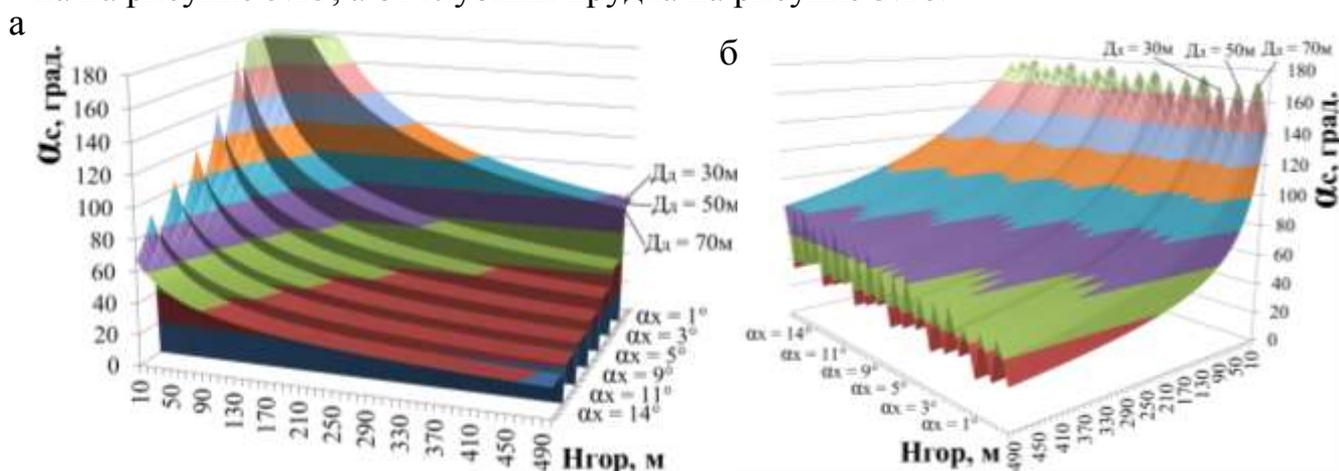


Рисунок 3.15 – Зависимость центрального угла сектора заложения капитальной траншеи от ширины и длины дна карьера для округлой (а) и вытянутой (б) его формы при различных углах их растекания

На основе анализа результатов моделирования изменения центрального угла сектора заложения капитальной траншеи от ширины дна карьера, можно сделать вывод, что ширина дна практически не оказывает влияния на величину угла сектора заложения капитальной траншеи, особенно при глубине карьера более 50м.

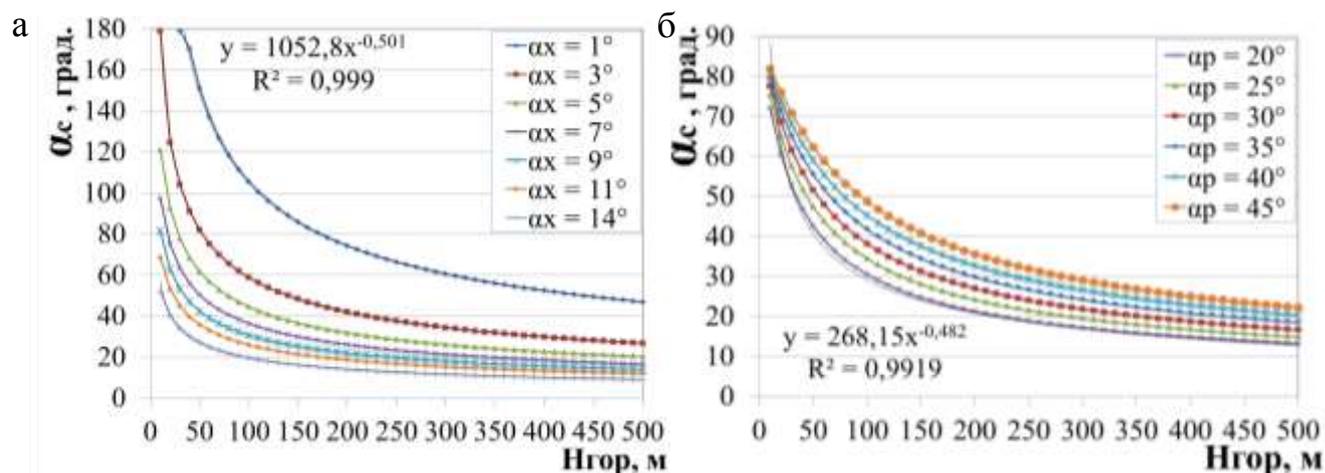
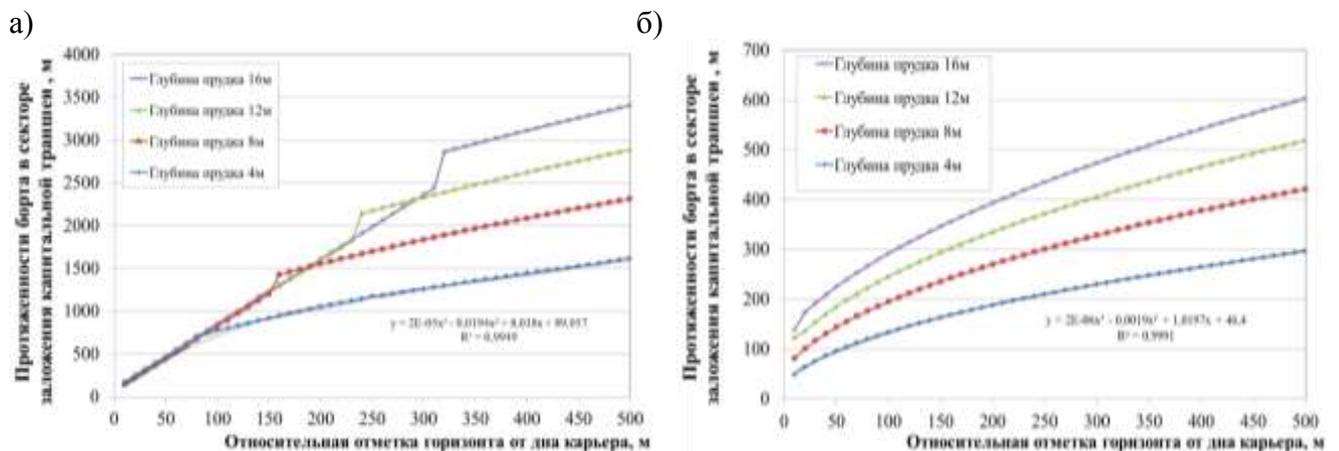


Рисунок 3.16 – Зависимость угла сектора заложения капитальной траншеи при максимальной мощности (H_{top}) текучих отходов в карьере округлой (а) и вытянутой (б) формы для различных углов их растекания

С учетом минимально допустимого уровня воды (глубины прудка) в выработанном пространстве карьера при размещении в нем текучих отходов, на этапе проектирования горнотехнической системы необходимо определять не только сектор заложения капитальной траншеи, но и протяженность участка борта, в пределах которого предусматривается формирование автомобильного съезда. В этом случае регулирование величиной руководящего уклона капитального съезда достигается его вписывание в указанный участок борта карьера на нижних горизонтах. Зависимость протяженности борта в пределах сектора заложения капитальной траншеи для карьеров с различными значениями результирующих углов откосов и угла растекания текучих отходов представлена на рисунке 3.17 и в приложении Г.



а) угол растекания отходов – 1 град.; б) угол растекания отходов – 14 град.

Рисунок 3.17– Зависимость протяженности борта от глубины заложения капитального съезда при величине результирующего угла борта 35 град. и различных углах растекания текучих отходов

С целью оперативного определения объема текучих хвостов, складированных в выработанном пространстве карьера, без применения трехмерного моделирования предложена следующая формула, основанная на определении объема усеченного конуса

$$V = \frac{1}{3} \pi \left(\frac{H_{zop} - H_x}{a} + H_x \right) \cdot \left(\left(\frac{D_d}{2} \right)^2 + \frac{D_d \left(\left(\frac{H_{zop} - H_x}{a} + H_x \right) \cdot (ctg \alpha_p^C + ctg \alpha_p^T) + D_d \right)}{2} + \left(\frac{H_{zop} - H_x}{a} + H_x \right) \cdot (ctg \alpha_p^C + ctg \alpha_p^T) + D_d \right)^2$$

где a – коэффициент, учитывающий углы борта карьера и растекания отходов, принимается согласно выявленным в работе зависимостям, приведенных на рисунке 3.18.

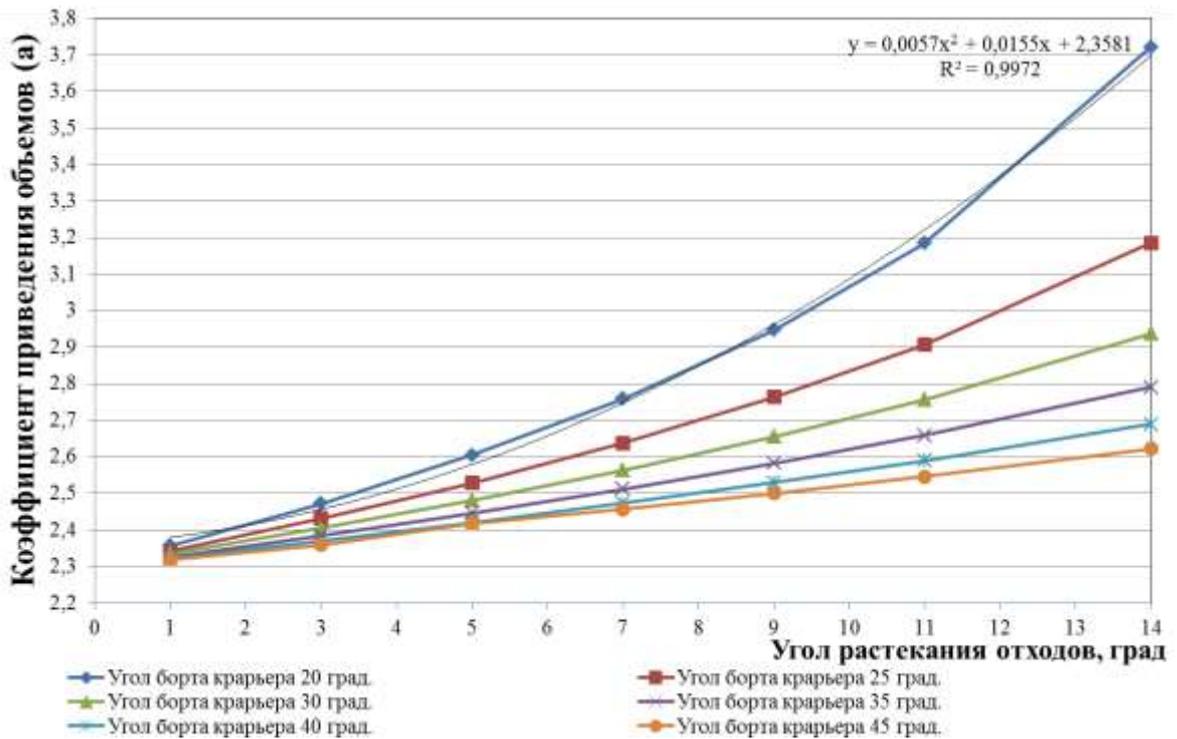


Рисунок 3.18– Коэффициент, учитывающий углы борта карьера и растекания отходов

Результаты моделирования изменения объемов текучих отходов при угле их растекания от 1 до 14° в выработанном пространстве карьера с результирующими углами его борта 35° представлены на рисунке 3.19.

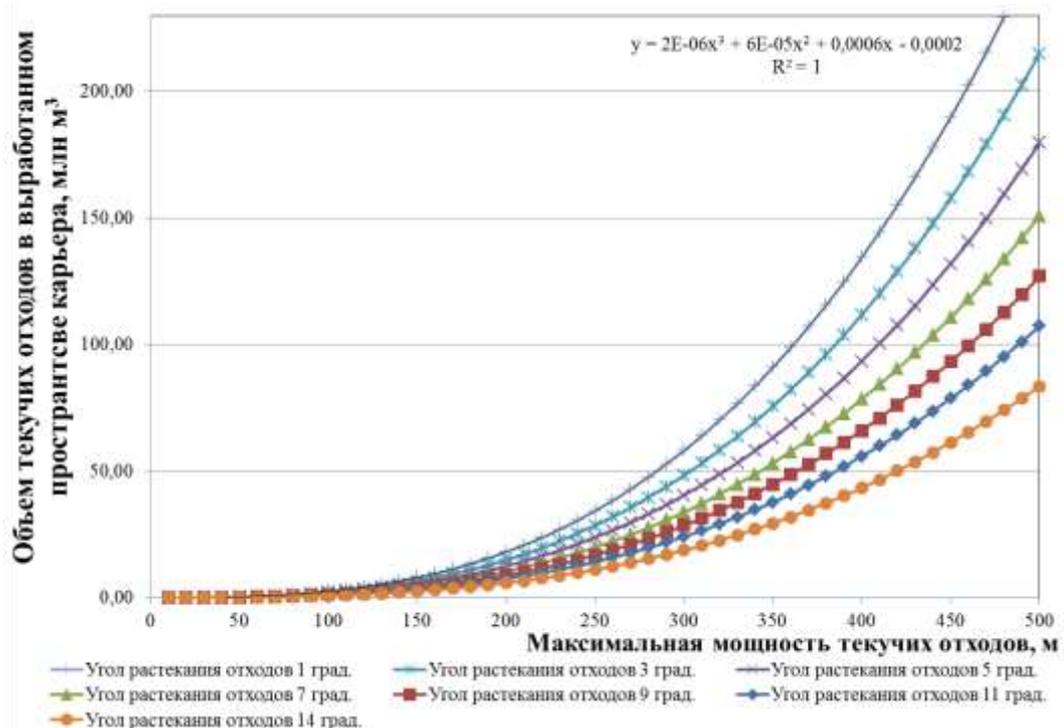


Рисунок 3.19 – Зависимость изменения объемов текучих отходов, размещенных в выработанном пространстве карьера от угла их растекания (V до 250 млн м³)

Фрагмент зависимости изменения объемов текущих отходов при угле их растекания от 1 до 14° в выработанном пространстве карьера с результирующими углами его борта 35° представлены на рисунке 3.20.

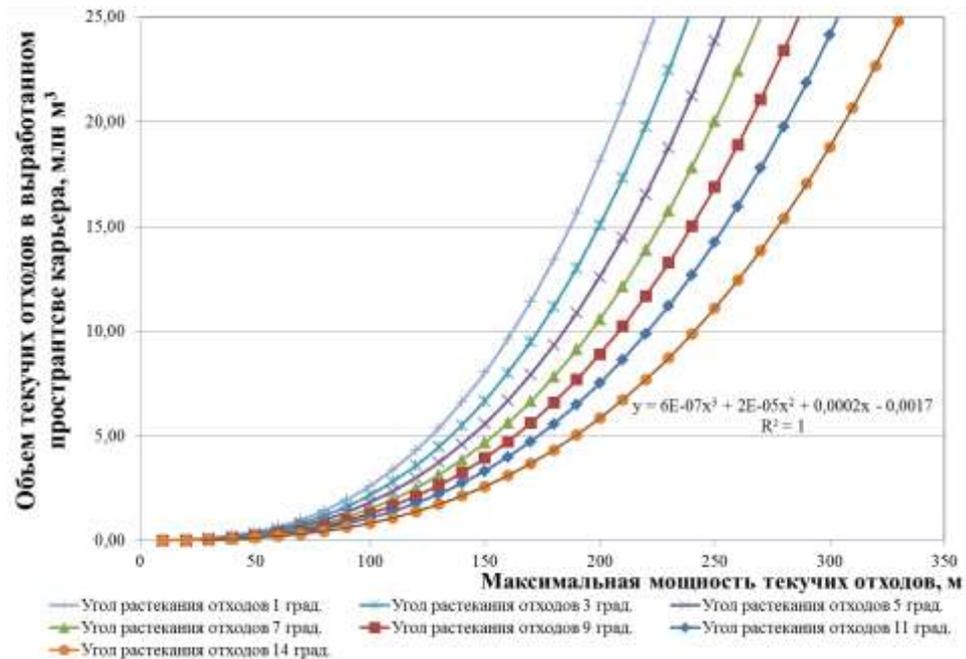


Рисунок 3.20 – Зависимость изменения объемов текущих отходов, размещенных в выработанном пространстве карьера от угла их растекания (V до 25 млн м³)

С учетом того, что ширина дна карьера практически не оказывает существенное влияние ни на размер сектора заложения капитальной траншеи, ни на объем выработанного пространства, основными параметрами, определяющими на этапе проектирования вместимость формируемого техногенного объекта являются глубина карьера, результирующие углы бортов и угол растекания размещаемых отходов.

Производительность современных обогатительных фабрик, перерабатывающих руды крутопадающих месторождений составляет 4-6 млн т в год, некоторые из них модернизируются до 9 млн тонн в год. В зависимости от применяемых технологий переработки текущих хвостов (подача как есть или обезвоживание) перед их размещением, годовой объем текущих отходов составляет 1,2-4,3 млн м³. С учетом этого, анализируя зависимости, представленные на рисунках 3.19 и 3.20, можно сделать вывод о том, что при размещении текущих отходов в выработанном пространстве карьера наблюдается интенсивный набор мощности уложенных текущих отходов при глубине карьера менее 50-100 метров. Именно эта глубина карьера и угол сектора заложения капитальной траншеи практически не имеют ограничений при выборе схемы вскрытия. Поскольку, как показывает практика, от момента

начала проектирования до ввода в эксплуатацию оборудования и сооружений, обеспечивающих использование выработанного пространства карьера для размещения текучих отходов требуется от 2 до 6 лет. За этот период, для условий Уральского региона и месторождений, расположенных выше 57 параллели северной широты, происходит подъем уровня грунтовых вод за счет естественных водопротоков на глубину карьера, равную 20-50м. При последующей подаче текучих отходов в карьер уровень зеркала воды интенсивно поднимается еще на 5-10м, что обеспечивает бесперебойную и надежную работу плавучей насосной станции.

С целью организации контролируемого распространения в самотечном режиме, размещаемых текучих отходов в выработанном пространстве карьера предусматривается осуществление их выпуска по специально сформированной поперечной крутой траншее. При этом ее формирование осуществляется по мере постановки контура карьера в предельное положение, что значительно упрощает ее формирование по сравнению с условиями ее создания на существующем борту. Параметры крутой траншеи определяются применяемым горнотранспортным оборудованием, реологическими свойствами размещаемых текучих отходов и физико-механическими свойствами пород, слагающими массив, а также часовой производительностью комплекса по подготовке отходов к размещению. Крутая траншея при размещении текучих отходов может иметь различные значения продольного уклона, исходя из значений углов уступов на конец отработки, что обеспечивает минимальные затраты на ее формирование, нежели при постоянном уклоне (рисунок 3.21).

Исходя из анализа типоразмера применяемого на современных карьерах выемочного оборудования, установлено, что ширина ковшей превышает 2 м в работе принята минимальная ширина дна крутой траншеи не менее 2,5м. Поскольку крутая траншея выполняет роль желоба для обеспечения траектории распространения текучих хвостов в самотечном режиме от места их выпуска до места размещения в выработанном пространстве карьера, ее параметры, живое сечение в частности, должны обеспечивать пропуск заданного объема отходов в рассматриваемый промежуток времени. Расчеты пропускной способности крутой траншеи следует определять в соответствии с гидравлическим расчетом водопропускных канав [185, 226, 191, 2, 37, 123], но окончательные значения принимать с учетом шири-

ны ковшей применяемого на карьере выемочного оборудования.

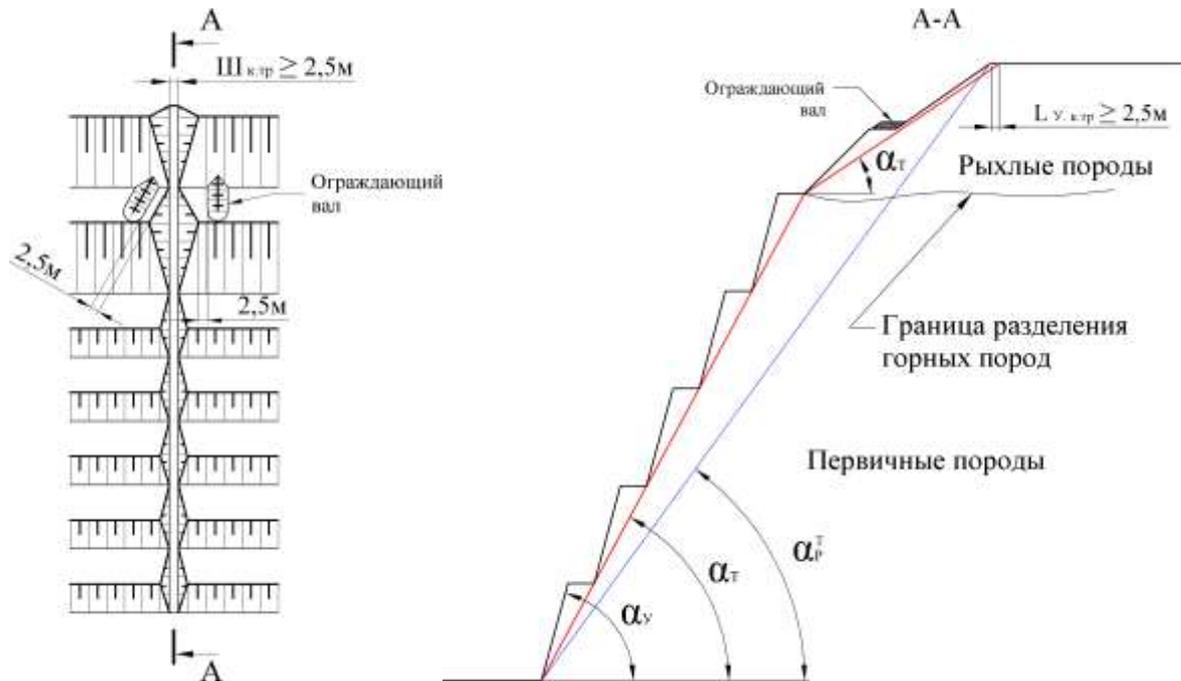


Рисунок 3.21 – Схема к определению параметров крутой траншеи

Таким образом, для формирования техногенных объектов на базе вытянутых в плане карьеров с целью последующего размещения текучих отходов необходимо обеспечивать заложение капитальных съездов по торцевой стороне борта карьера. При этом, на противоположной стороне карьера необходимо сформировать крутую поперечную траншею для последующей организации складирования текучих отходов в самотечном режиме. В этом случае величина сектора заложения определяется как разность угла, определяющего точку перехода от округлой формы карьера к вытянутой и углом, соответствующим фокальному параметру для противоположного борта карьера. Для округлых в плане карьеров, угол сектора заложения капитальной траншеи определяется результирующим углом борта карьера и углом растекания текучих отходов, размещаемых в нем. При этом до глубины карьера равной 50-60м угол сектора заложения следует принимать близким к 179 град.

Многофункциональные схемы вскрытия с одной стороны связаны, с другой стороны определяют систему разработки и ее параметры. То есть при формировании техногенных георесурсов при совокупном их использовании в процессе ведения добычных работ многофункциональные системы вскрытия определяют ограниченное количество технически возможных и экономически целесообразных вариан-

тов вскрывающих трасс. Их выбор определяется не только приоритетным направлением формирования и использования техногенного объекта, но и системой разработки и ее параметрами: протяженность фронта горных работ в период ведения добычных работ, высота и число рабочих уступов, заданная интенсивность горных работ совокупно по полезному ископаемому и вскрышным породам, задействованным при формировании техногенных объектов, а также положение рабочей зоны. При этом обеспечивается взаимосвязь систем вскрытия и разработки, что требует определение возможных и требуемых календарных объемов горных работ, очередности их ведения и пространственное положение с учетом сроков ввода в эксплуатацию техногенных объектов, а также управление потоками руды и вскрыши в карьере и возможные к использованию комплексы горнотранспортной техники, в том числе и роботизированное оборудование.

3.3 Исследование влияния перехода на роботизированную геотехнологию на показатели экономической эффективности комплексного освоения месторождения полезных ископаемых

Повышение эффективности комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем при выборе многофункциональных схем вскрытия и системы разработки может быть достигнуто только применением и внедрением современных технологий в области автоматизации, информатизации и роботизации горного производства [161, 160, 225]. Это является неотъемлемым требованием внедрения и эксплуатации предложенной геоинформационной модели горнотехнической системы, обеспечивающей совокупное использование природных и техногенных георесурсов. В этом случае блочный принцип представления не только всего карьерного поля с идентификацией каждого блока по атрибутам, характеризующим добываемое полезное ископаемое, но вмещающие породы по физико-механическим свойствам, на основе которых определяется их использование для формирования техногенных объектов, с учетом фактора времени, относительно доступа к участку недр с данными породами и сроков ввода в эксплуатацию создаваемого объекта. Кроме того, целенаправленно создаваемые техногенные георесурсы на этапе проектирования комплексного освоения недр также представляются в блочной виде, поэтому обеспе-

чение эффективности неопределенно долгого освоения участка недр достигается переходом на роботизированное горнотранспортное оборудование.

Поскольку основная идея перехода на роботизированное горнотранспортное оборудование заключается в исключении присутствия рабочего персонала в рабочих зонах карьера, эффективность роботизированной горнотехнической системы, по сравнению с механизированной определяется изменением конструктивных параметров борта карьера и технологических параметров функционирования системы.

При переходе на роботизированную геотехнологии предлагается определять эффективность горнотехнической системы как функцию, зависящую от условий, параметров и факторов, оказывающих на нее влияние:

$$\mathcal{E}^{PIT} = f(\beta_i; Z_i; y_i), \quad (3.15)$$

где β_i – условия функционирования системы при комплексном освоении природных и техногенных георесурсов (технико-экономические показатели объемов горной массы);

Z_i – факторы, ограничивающие применение системы и оказывающие косвенное влияние на ее работу, а также ограничивающие ее применение (природно-климатические, геологические, горнотехнические, метеорологические условия, сейсмическая активности и др.);

y_i – параметры функционирования горнотехнической системы (коэффициенты запаса, прочности, устойчивости и др.).

В такой постановке задача поиска области определения функции формулируется следующим образом: при заданных условиях функционирования горнотехнической системы β_i с учетом факторов Z_i определить такие значения y_i , которые обеспечивают максимум показателя эффективности \mathcal{E}^{PIT} .

Следует учитывать, типоразмер применяемого роботизированного горнотранспортного оборудования, используемого при подготовке всех горных пород к выемке, их экскавации, транспортирования и складировании в местах выгрузки полезных ископаемых и формирования техногенных объектов, определяет конструктивные параметры горнотехнической системы, в частности параметры бортов карьера, поскольку соответствующие элементы системы разработки устанавливаются на основе габаритов применяемого оборудования.

При определении параметров рабочей площадки, основным критерием эффективности является использование имеющегося технологического пространства с целью обеспечения условий безопасного размещения горнотранспортного оборудования. В случае использования механизированного горнотранспортного оборудования элементами рабочей площадки, обеспечивающие безопасность находящегося в зоне ведения горных работ персонала, являются следующие: ширина призмы возможного обрушения и полоса безопасности. При внедрении роботизированного горнотранспортного оборудования, оснащенного системами интерактивного мониторинга, указанные элементы необходимо полностью исключить или минимизировать их параметры.

Переход на роботизированную геотехнологию предусматривает упрощение схемы подачи и постановки под погрузку автосамосвала. Это достигается тем, что роботизированный автосамосвал имеет возможность осуществлять остановку в зоне, которая соответствует минимальному радиусу разгрузки роботизированного экскаватора при осуществлении погрузки горной массы в кузов транспортного средства. Тем самым обеспечивается значительное сокращение продолжительности рабочего цикла экскавации и рост до паспортных показателей производительности горного оборудования.

При обосновании величин углов откосов бортов карьера и параметров целенаправленно создаваемых техногенных объектов основными факторами являются их глубина и высота, а также физико-механические характеристики разрабатываемых руд, вскрышных и вмещающих пород. Максимальное значение угла откоса уступа с учетом физико-механических свойств разрабатываемых пород не должно превышать 80° при работе экскаваторов типа механической лопаты, драглайна и роторных экскаваторов, при работе многоковшовых цепных экскаваторов нижним черпанием и разработке вручную рыхлых и сыпучих пород - соответствует углу естественного откоса вмещающих пород [46]. В горнотехнической системе с применением роботизированного горнотранспортного оборудования, величину рабочих углов откосов следует увеличить до максимальных значений, это достигается за счет технического оснащения горнотранспортного оборудования системами, позволяющими осуществлять непрерывный мониторинг массива и заблаговременно прогнозировать возможность образования зон деформаций, а также обру-

шение уступов.

При доработке приконтурных запасов на глубоких карьерах, определение рациональных параметров функционирования горнотехнической системы применение роботизированного горнотранспортного оборудования обеспечивает возможность максимального увеличения глубины карьера, в том числе за счет использования временной устойчивости. В этом случае, определение параметров элементов системы разработки осуществляется с учетом снижения до минимального значения показателей или полного исключения отдельных элементов, обеспечивающих безопасность прибывающего в рабочей зоне персонала при ведении горных работ, как при добыче полезных ископаемых, так при формировании техногенных объектов. При этом, в качестве основных ограничений, необходимо рассматривать коэффициент запаса устойчивости уступов и бортов карьера в целом, при увеличении его глубины, а также количество запасов полезных ископаемых, которое может быть извлечено при применении роботизированной горнотехнической системы. В этом случае, эффективность ведения открытых горных работ \mathcal{E}^{PIT} может быть представлена в виде системы целевых функций

$$\mathcal{E}^{PIT}(Z^P; K_{z,y}; M) \rightarrow \max, \text{ если} \quad (3.17)$$

$$\begin{cases} Z^P \rightarrow \min; \\ K_{z,y} \rightarrow \min; \\ M \rightarrow \max, \end{cases}$$

где Z^P – удельные приведенные затраты на применением роботизированного оборудования при добыче и формировании техногенных георесурсов, руб./м³;

M – средняя мощность залежи полезного ископаемого, м;

K_{zy} – коэффициент запаса устойчивости борта и уступов при увеличении глубины карьера с последующей возможностью пригрузки откосов.

Проектирование горнотехнической системы предусматривается с учетом обеспечения устойчивости откосов борта карьера в течение заданного периода времени. В соответствии с требованиями нормативной базы значение коэффициента запаса устойчивости откоса борта карьера следует принимать равным от 1,0 до 1,5. При этом точное его значение зависит и уточняется в соответствии с геологической информации и срока эксплуатации карьера [104]. Так, согласно реко-

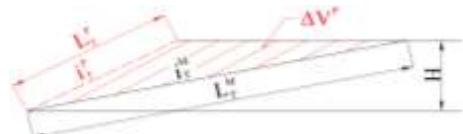
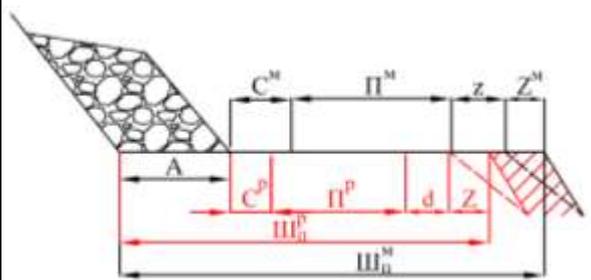
мендациям [198], при гарантированном сроке стояния борта карьера не менее 10 лет значение коэффициента запаса устойчивости варьируется: от 1,2 до 1,5 – для нерабочего борта, и от 1,1 до 1,2 – для рабочего борта. Кроме этого, при определении значения коэффициента запаса устойчивости борта карьера, необходимо учитывать его влияние на состояние подрабатываемой земной поверхности в пределах призмы возможного обрушения массива, поскольку, чем ниже величина коэффициента запаса устойчивости, тем большие по размерам горизонтальные деформации проявляются в массиве.

На основании практических рекомендаций и данных, представленных в [198], при определении предельных параметров уступов карьеров со сроком стояния более 5 лет, величина коэффициента запаса устойчивости должна составлять не менее 1,3, так как в этом случае наиболее напряженная поверхность скольжения практически полностью располагается в зоне влияния процессов выветривания, разуплотнения и буровзрывных работ.

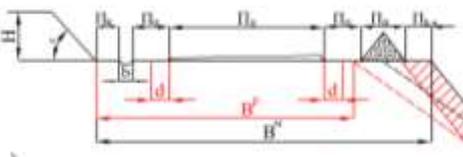
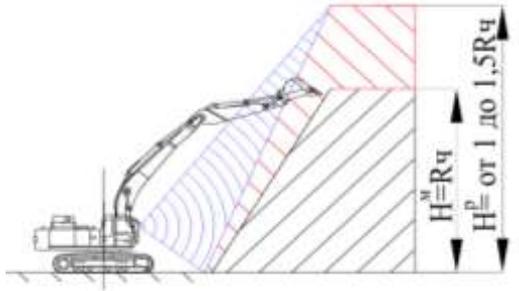
Использование роботизированного горнотранспортного оборудования с целью комплексного использования природных и техногенных георесурсов обеспечивает полное отсутствие персонала в рабочей зоне ведения горных работ, а также отработку запасов и формирование техногенных объектов в минимально возможные сроки. Это позволяет при ведении добычных работ, в том числе и при увеличении глубины карьера руководствоваться величиной коэффициента запаса устойчивости, обеспечивающего нормативный срок стояния уступов, формируемых в процессе освоения запасов, в соответствии с продолжительностью их доработки. Кроме того, в случае последующего использования сформированного техногенного объекта на базе выработанного пространства карьера для размещения промышленных отходов коэффициент запаса устойчивости должен приниматься с учетом сроков отработки запасов и последующей пригрузки борта размещаемыми отходами. Следовательно, при проектировании горнотехнической системы с совокупным использованием природных и техногенных георесурсов значение коэффициента запаса устойчивости борта карьера должно приниматься минимальным с учетом периода ведения добычных работ и мероприятий по восстановлению устойчивости.

Таким образом, переход на роботизированную геотехнологию обеспечивает возможность значительного изменения параметров отдельных элементов системы

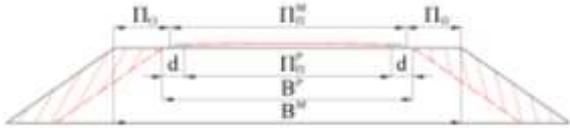
разработки и формируемых техногенных объектов. Сравнение конструктивных параметров карьера и формируемых техногенных объектов, при использовании механизированного и роботизированного горнотранспортного оборудования представлено в таблице 3.4. Применительно к параметрам техногенных объектов, предназначенных для размещения промышленных отходов и формируемых как на поверхности Земли, так и в пределах выработанного пространства карьера, следует отметить, что основное сокращение параметров относится к ширине гребня ограждающих дамб, а также отказа от разворотных площадок, по причине отсутствия необходимости соблюдения требования по расстоянию движения автосамосвала задним ходом. Таблица 3.4 – Сравнение требований к конструктивным параметрам элементов системы разработки при переходе на роботизированную геотехнологию

Параметры системы разработки	Требования к обоснованию параметров горнотехнической системы		Схема к расчету параметров
	механизированное оборудование	роботизированное оборудование	
Руководящий уклон автомобильных дорог	Определяется в соответствии с максимальной скоростью движения автосамосвалов и типом покрытия	величина ограничена рекомендациями завода-изготовителя и типом покрытия	 <p>L_T^M, L_T^P – протяженность съезда, м; i_T^M, i_T^P – уклон съезда,‰; ΔV^P – сокращение объемов горной массы, м³</p>
Ширина рабочей площадки	определяется в соответствии с ФНП и с учетом норм технологического проектирования; минимальное значение ширины рабочих площадок составляет: в мягких породах 25-30м, в скальных 40-60 м	определяется в зависимости от габаритных размеров применяемого роботизированного оборудования;	 <p>Π^M, Π^P – ширина рабочей площадки при механизированной и роботизированной технике, м; Π^M, Π^P – ширина проезжей части, при механизированной и роботизированной технике, м; A – ширина заходки экскаватора, м; C^M, C^P – гарантийное расстояние до нижней бровки уступа, при механизированной и роботизированной технике, м; z – берма безопасности, м; Z^M, Z^P – призма возможного обрушения, при механизированной и роботизированной технике, м</p>

Продолжение таблицы 3.4

<p>Ширина транспортной бермы</p>	<p>определяется суммой величин ширины кювета, транспортной полосы, полосы безопасности (не менее 1м), призмы возможного обрушения и резервной бермы безопасности</p>	<p>из конструкции исключаются элементы безопасности; ширина транспортной бермы складывается из ширины проезжей части и допуска, связанного с неточностью систем позиционирования</p>	 <p>α – угол откоса уступа, град; H – высота уступа, м; $П_k$ – ширина заюветной полки, м; b – ширина водоперепускной канавки, м; $П_o$ – ширина обочины, м; $П_п$ – ширина проезжей части, м; $П_в$ – ширина предохранительного вала, м; $П_{вп}$ – ширина предохранительного вала, м; $П_{бп}$ – ширина призмы возможного обрушения, м; d – величина охраняемого пространства, м; $В^м$, $В^р$ – ширина транспортной бермы при механизированной и роботизированной технике, м</p>
<p>Высота уступа</p>	<p>при разработке экскаваторами типа «прямая» и «обратная» лопата, драглайнами, многоковшовыми и роторными экскаваторами – высоте или глубине черпания экскаватора; при выполнении работ вручную на рыхлых и неустойчивых породах 3м, рыхлых устойчивых 6м.</p>	<p>зависит от времени эксплуатации уступа, типа пород и характеристик применяемого оборудования; при постановке уступа в предельное состояние не требуется проведения специальных мероприятий по предупреждению обрушений и образования нависей</p>	 <p>$H = R_{ч}$ $R_{ч}$ от 1 до 1,5$R_{ч}$</p>
<p>Угол откоса уступа</p>	<p>при работе одноковшовых и роторных экскаваторов, драглайна-80°; при работе многоковшовых цепных экскаваторов с нижним черпанием и разработке вручную рыхлых и сыпучих пород - угол естественного откоса этих пород;</p>	<p>при работе одноковшовых и роторных экскаваторов, драглайна-80°; при работе многоковшовых цепных экскаваторов с нижним черпанием и разработке вручную рыхлых и сыпучих пород - угол естественного откоса этих пород;</p>	<p>H – высота уступа, м; $R_{ч}$ – высота черпания экскаватора, м</p>

Окончание таблицы 3.4

Ширина гребня дамбы	определяется шириной применяемого автосамосвала и включает ширину проезжей части и минимальные обочины и направляющие валы, а при значительной протяженности, дополнительные разворотные площадки	определяется шириной применяемого автосамосвала и включает только ширину проезжей части	 <p>Π_p^M, Π_p^P – ширина проезжей части, при механизированном и роботизированном оборудовании, м; Π_o – ширина обочины, м; d – величина охраняемого пространства, м</p>
---------------------	---	---	---

В работе с целью исследования влияние перехода на роботизированную геотехнологию произведено моделирование ширины рабочей площадки при использовании комплексов роботизированного горнотранспортного оборудования, укомплектованных на базе серийно выпускаемой горнотранспортной технике. В соответствии с ГОСТ 26980-95 выемочное оборудование было разделено по емкости ковша (таблица 3.5), транспортное оборудование систематизировано по габаритному радиусу поворота автосамосвала (таблица 3.6).

Таблица 3.5 - Характеристики карьерных одноковшовых экскаваторов

Емкость ковша, м ³	Максимальный радиус черпания, м	Минимальный радиус поворота, м	Глубина черпания, м
до 5	9,4-13,3	3,3-6,5	6,7-9,2
5-15	13,7-15,7	4,5-13,8	9,3-10,4
15-30	15,2-20,2	9,9-15,4	10,4-12
свыше 30	от 21,5	от 12,2	от 12

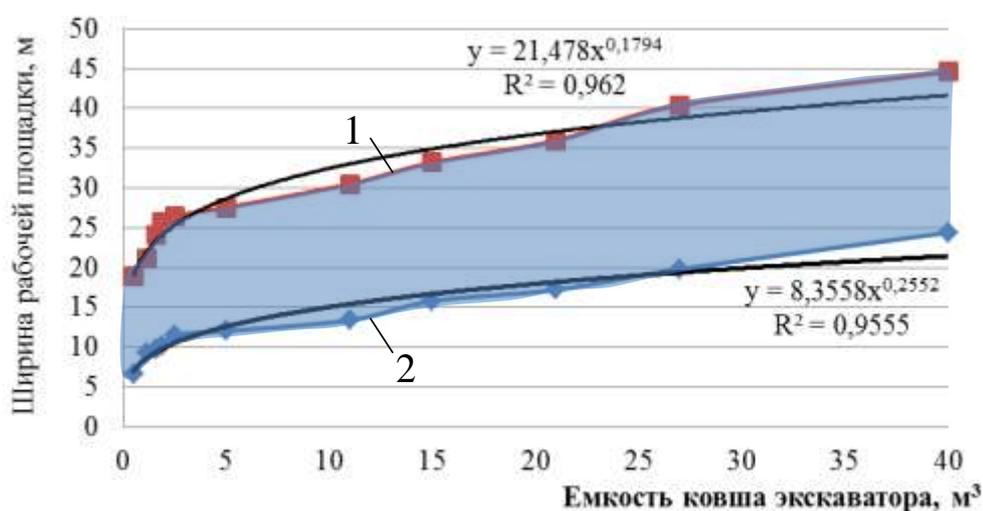
Таблица 3.6 - Параметры карьерных автосамосвалов

Параметры	Габаритный радиус разворота автосамосвала			
	до 5 м	5-10	10-15	более 15
Грузоподъемность, т	24-39	30-55	90-240	360-450
Вместимость кузова, м ³	15-24	19,2-33,3	53,3-141,1	199-269,5
Высота автосамосвала, м	3,4-3,7	3,93-4,56	5,34-6,72	7,47-8,17

Было проведено моделирование и подбор роботизированного горнотранспортного оборудования с целью определения минимальных значений ширины рабочей площадки. В результате моделирования были получены зависимости ширины рабочей площадки от вместимости ковша экскаватора (рисунок 3.22).

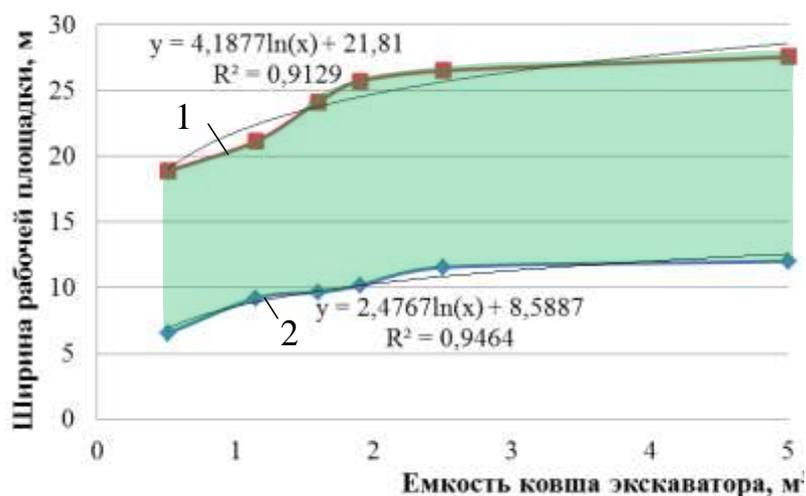
В результате анализа данных, представленных на рисунке 3.22, установлено,

что с увеличением типоразмера выемочного оборудования наблюдается рост ширины рабочей площадки по экспоненциальной зависимости. При этом, наиболее резкий рост данного параметра прослеживается в диапазоне емкости ковша от 0,5 до 5 м³. Следует отметить, что ведение добычных работ в стесненных условиях крутопадающих месторождений при доработке карьера, на практике осуществляется с использованием выемочной техники с емкостью ковша не более 5 м³, что обусловлено технологической целесообразностью. В работе произведены дополнительные исследования влияния размера ковша в диапазоне 0,5 до 5 м³, результаты приведены на рисунке 3.23.



1 – механизированное оборудование 2 – роботизированное оборудование

Рисунок 3.22 – Зависимости ширины рабочей площадки от емкости ковша экскаватора (тупиковый тип забоя)



1 – механизированное оборудование 2 – роботизированное оборудование
Рисунок 3.23 – Зависимости ширины рабочей площадки тупикового забоя

от емкости ковша в пределах 0,5 ÷ 5 м³

В результате исследований выявлено, что использование роботизированных экскаваторов в забоях тупикового типа обеспечивает сокращение ширины рабочей площадки не менее чем в 2 раза. Установленная зависимость описывается логарифмической функцией.

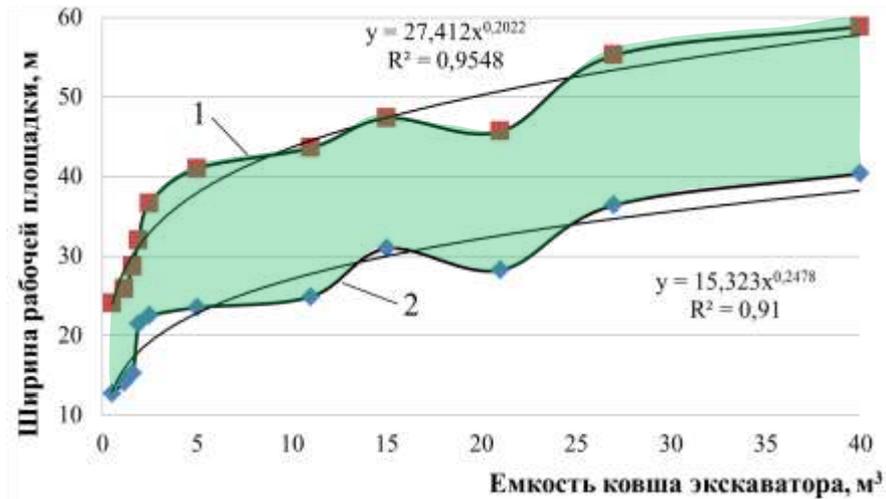
В работе осуществлено математическое моделирование параметров ширины рабочей площадки для бокового типа забоя при переходе на роботизированную геотехнологию. При этом обеспечение эффективности выемки и транспортирования горной массы осуществлено на основе выбора рациональных параметров комплекса горнотранспортного оборудования, на основе рекомендаций проф. П.И. Томакова, учитывающих время цикла экскаватора, полноту загрузки кузова автосамосвала и его времени рейса [203, 209]. Сравнение минимальной ширины рабочей площадки при использовании механизированного и роботизированного горнотранспортного оборудования, работающего в боковом забое представлено в таблице 3.7 и на рисунке 3.24.

Таблица 3.7 – Параметры ширины рабочей площадки для комплексов оборудования

Емкость ковша экскаватора, м ³	Ширина рабочей площадки, м		Грузоподъемность автосамосвала, т
	механизированное оборудование	роботизированное оборудование	
до 5	24-41	12-24	90-130
5-12	41-45	24-30	160-180
12-30	45-56	30-36	220-360
Свыше 30	свыше 56	свыше 40	свыше 360

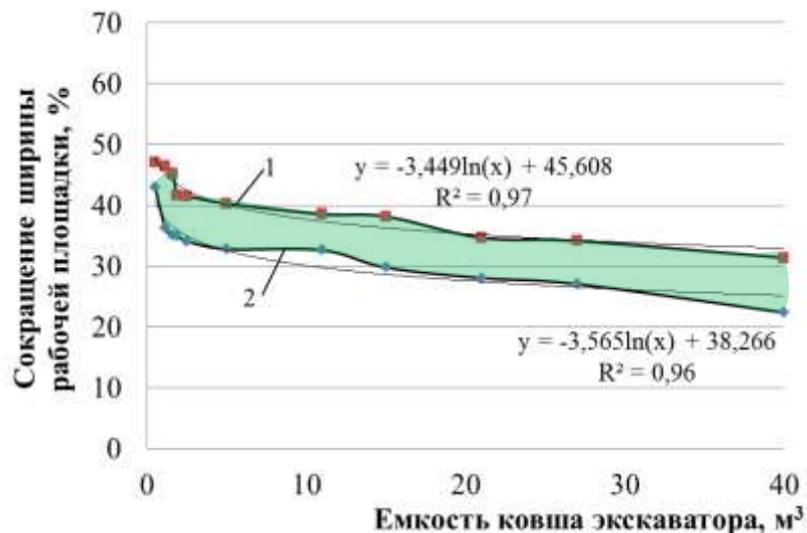
На основании моделирования изменения ширины рабочей площадки от емкости ковша экскаватора установлены зависимости, которые представлены на рисунке 3.24.

На основе проведенных исследований, получены сводные данные по возможному сокращению ширины рабочей площадки для тупикового и бокового типов забоя при использовании роботизированного горнотранспортного оборудования (рисунок 3.25).



1 – механизированное оборудование 2 – роботизированное оборудование

Рисунок 3.24 - Зависимости ширины рабочей площадки от емкости ковша экскаватора (боковой тип забоя)

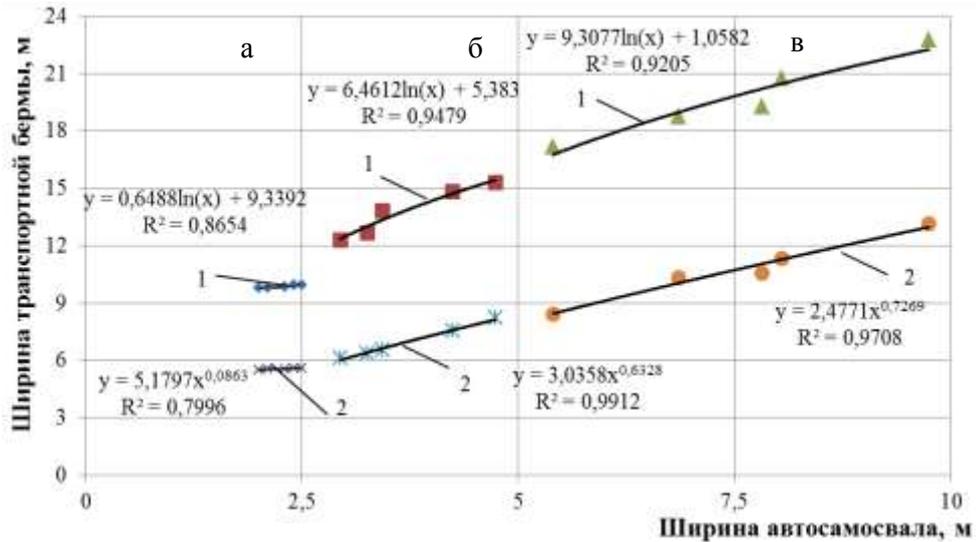


1 – механизированное оборудование 2 – роботизированное оборудование

Рисунок 3.25 – Зависимости уменьшения величины ширины рабочей площадки при использовании роботизированного горнотранспортного оборудования

Таким образом, выполненные исследования доказали, что применение роботизированного горнотранспортного оборудования при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов позволяет сократить ширины рабочей площадки для тупикового типа забоя в среднем на 30%, для бокового забоя на 42%, что обеспечивает значительное сокращение средств на ведение горных работ.

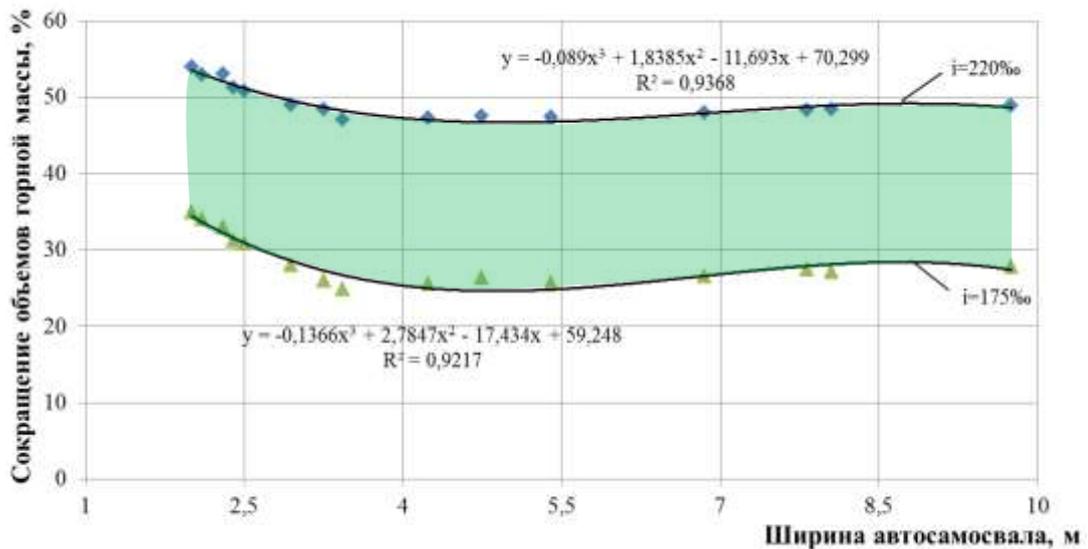
С целью выявления влияния перехода на роботизированную геотехнологию на величину транспортных берм произведено математическое моделирование ее параметров при использовании типоразмеров серийно выпускаемых автосамосвалов (рисунок 3.26).



1 – механизированное оборудование 2 – роботизированное оборудование

Рисунок 3.26 - Зависимости величины ширины транспортной бермы от ширины автосамосвала: а) до 2,5 м; б) от 3 до 5 м; в) от 5 до 10 м

Кроме того, переход на роботизированную геотехнологию предусматривает необходимость изменения параметров карьерных автодорог в части их продольного уклона, величина которого ограничена типом покрытия и рекомендациями завода-изготовителя. Это обеспечит помимо значительного сокращения объемов горной массы в контуре карьера, а при формировании на его базе техногенного объекта для размещения текущих отходов, возможность вписать трассу в пределах сектора заложения капитальной траншеи. При этом на этапе доработки достигается снижение запасов, теряемых под капитальными съездами (рисунок 3.27).



1 – уклон автодороги $i=220\text{‰}$ 2 – уклон автодороги $i=175\text{‰}$;

Рисунок 3.27 - Зависимости сокращения объемов въездной траншеи при использовании роботизированного горнотранспортного оборудования при сравнении с механизированным

Исследованиями доказано, что применение роботизированного горнотранспортного оборудования позволяет сократить объемы горной массы при формировании въездных траншей, более чем на 28% при обеспечении руководящего уклона в 175 ‰, и более чем на 50 % при уклоне в 220‰. Таким образом, переход на роботизированную геотехнологию обеспечивает снижение среднего коэффициента вскрыши для вновь проектируемых горнотехнических систем при комплексном использовании природных и техногенных георесурсов более чем на 17%, а на этапе доработки запасов крутопадающего месторождения обеспечить увеличение объемов извлекаемой горной массы без значимого увеличения контурного коэффициента вскрыши в пределах новых контуров карьера.

Установлено, что применение роботизированного горнотранспортного оборудования обеспечивает не только непосредственное формирование и функционирование горнотехнической системы, но позволяет значительно изменить ее параметры в сторону повышения эффективности. В частности уменьшение размеров ширины рабочей площадки при увеличении рабочего угла борта карьера и продольного уклона автомобильных съездов, позволяет в условиях ограниченной величины сектора заложения капитальной траншеи осуществить ее вписывание в допустимые пределы (рисунок 3.28).

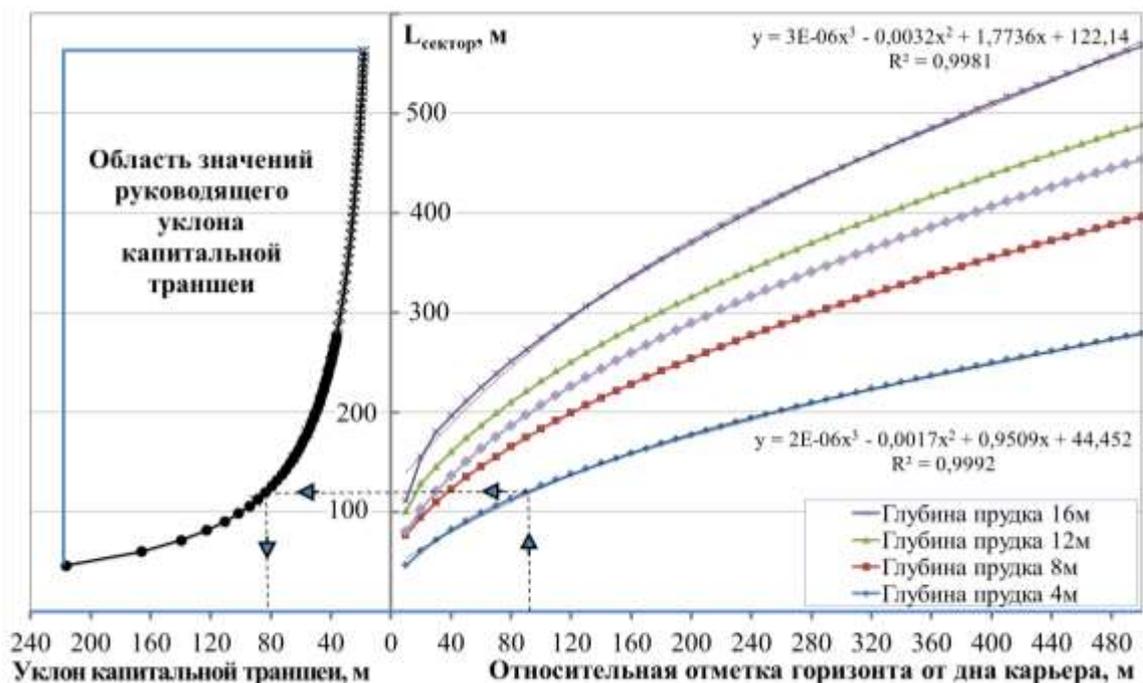


Рисунок 3.28 – Зависимость протяженности участка борта карьера ($L_{сектор}$) и руководящего уклона капитальной траншеи от глубины ведения горных работ

При совокупном использовании природных и техногенных георесурсов в

сложных горно-геологических и горнотехнических условиях разработки крутопадающих месторождений с целью обеспечения устойчивого развития горнотехнической системы для обеспечения требуемой производительности карьера по полезному ископаемому и вскрышным породам для формирования техногенных объектов предлагается изменить значение параметров элементов системы разработки, в частности увеличить высоту добычного уступа до величины, равной 1,5 высоты черпания экскаватора. Это достигается за счет того, что выемочное техника оснащается системой мониторинга состояния массива, программным обеспечением для обработки и анализа полученных данных и прогнозирования появления деформаций; контроллерами и приводными механизмами, предназначенных для своевременного вывода оборудования из зоны обрушения или остановки горных работ. При этом, предусматривается увеличение не только высоты добычного уступа, но и нерабочего угла откоса: в крепких породах до $75-90^\circ$, в породах средней крепости до $70-75^\circ$, в слабых породах до 50° . Это обеспечит технологическую возможность постановки откосов уступов в предельное положение при максимально допустимом значении, рассчитанным исходя из физико-механических характеристик и требований к нормативному сроку стояния борта [104].

Схема к увеличению угла и высоты уступа, на рабочем горизонте при типовом типе забоя представлена на рисунке 3.29.

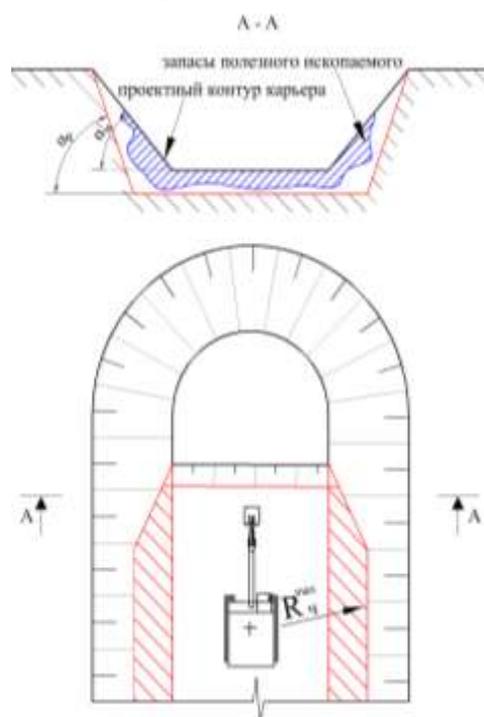


Рисунок 3.29 – Увеличение угла уступа на рабочем горизонте при роботизированной оборудовании

Таким образом, в результате проведенного научно-методического обоснования параметров горнотехнической системы при переходе на роботизированную геотехнологию при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов на крутопадающих месторождениях выявлено, что применение роботизированного горнотранспортного оборудования обеспечивает повышение эффективности ведения горных работ при формировании техногенных объектов за счет уменьшения ширины рабочей площадки, увеличения продольного уклона капитальных съездов, высоты рабочих и нерабочих уступов за счет исключения нахождения операционного персонала в рабочей зоне. Именно присутствие рабочего персонала в зоне ведения горных работ обуславливает необходимость применения с высоким запасом коэффициентов запаса прочности, устойчивости безопасности на этапе проектирования горнотехнической системы. Это – различного рода коэффициенты запаса устойчивости откосов бортов и уступов, структурного ослабления, запаса прочности горнотехнических конструкций, дополнительные бермы и площадки безопасности. На практике применение при проектировании этих обязательных значений приводит к необходимости значительного увеличения разрабатываемых объемов горной массы, а также к росту себестоимости добычи полезных ископаемых. При использовании роботизированного горнотранспортного оборудования на практике учет данных коэффициентов не является необходимым условием проектирования, в этом случае необходимо лишь выполнение п.529 [228], в соответствии с которым предусматривается обеспечение безопасного расположения оператора, контролирующего процесс добычи и транспортирования горной массы. Обеспечение технологических параметров достигается использованием соответствующей автоматизированной системы управления, учитывающей не только пространственное положение и состояние роботизированного горнотранспортного оборудования, но и его рабочих органов, а также элементов горнотехнических конструкций. При этом, на эффективность формирования и использования техногенных георесурсов, независимо от стадии функционирования горнодобывающего предприятия существенное влияние оказывают многофункциональная система вскрытия карьерного поля и применяемое горнотранспортное оборудование, увязанные технологическими схемами освоения месторождения.

3.4 Оценка влияния технологических схем разработки месторождений на экономические показатели комплексного освоения природных и техногенных георесурсов

Открытая геотехнология комплексного освоения крутопадающих месторождений при устойчивом развитии горнотехнической системы представляет собой корректировку совокупности технологических процессов — подготовки, выемки, транспортирования и складирования горных пород, в части дезинтеграции горной массы по соответствующим критериям для обеспечения качества рудопотоков и заблаговременного формирования техногенных георесурсов. При этом используемые комплексы горнотранспортного оборудования формирует дискретные грузопотоки горной массы от забоев до пунктов назначения (места переработки полезных ископаемых, техногенные объекты).

Согласно [104], **технологическая схема** - это взаиморасположение горных и транспортных машин, а также транспортных коммуникаций и дополнительных устройств при различных способах добывания полезных ископаемых.

При обеспечении устойчивого развития горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов, предусматривающим попутное и целенаправленное создание техногенных объектов в виде приемных емкостей для размещения промышленных отходов различного агрегатного состояния и класса опасности, технологических площадок, коммуникаций и техноландшафта дополняется структура технологических схем разработки крутопадающих месторождений. В ее состав добавляется помимо взаимосвязи горнотранспортного оборудования, задействованного на формировании техногенных объектов, дополнительное взаимодействие с внешним транспортом и оборудованием обеспечивающих доставку и размещение промышленных отходов в сформированных приемных емкостях [227]. При этом взаимосвязь параметров машин, выполняющих формирование техногенных объектов с заданными потребительскими свойствами, интенсивность их работы, степень использования во времени или показатели дискретности определяют производительность всего комплекса мероприятий по созданию и освоению техногенных георесурсов, а также технико-экономические показатели горнотехнической системы. Таким образом, **технологическая схема совокупного использования природных и техногенных георе-**

сурсов – это взаиморасположение горнотранспортного оборудования, а также технологических площадок и коммуникаций, обеспечивающих заданную производительность по полезным ископаемым и вскрышным породам при различных способах формирования техногенных георесурсов с заданными потребительскими свойствами для обеспечения устойчивого развития горнотехнической системы.

Отличительные признаки технологической схемы:

1. Очередность и последовательность выполнения добычных работ и формирования техногенных георесурсов;
2. Виды оборудования: выемочное; транспортное; технологическое;
3. Связи между задействованным оборудованием по: пространственному положению; времени; взаимному расположению; совместимости; производительности; безопасности; геометрическим параметрам.

Применение роботизированного горнотранспортного оборудования позволяет отказаться в технологических схемах от аккумулирующих устройств, которые предназначены для компенсации отклонения показателей работы между всеми процессами. Поэтому, разработанные технологические схемы позволяют без аккумулирующих устройств реализовать совокупное использование природных и техногенных георесурсов.

Характер грузопотока при формировании техногенного объекта в качестве приемной емкости на поверхности Земли для размещения промышленных отходов и их заполнении в технологических схемах определяется видом применяемого на карьере транспорта.

В связи с широким спектром промышленных отходов в работе соответствии с Федеральным классификатором, рассматриваются следующие их свойства, влияющие на выбор и параметры технологических схем с учетом последующего размещения в целенаправленно сформированном техногенном объекте: фазовое состояние, класс опасности и возможность возгорания. Таким образом, в качестве основных факторов, влияющих на параметры технологических схем при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов в работе приняты следующие:

- рельеф местности; - характеристика вскрышных пород; - размещаемые отходы (фазовое состояние, класс опасности); - типоразмер применяемого оборудования;
- формируемый техногенный объект.

Технологические схемы характеризуются следующими показателями:

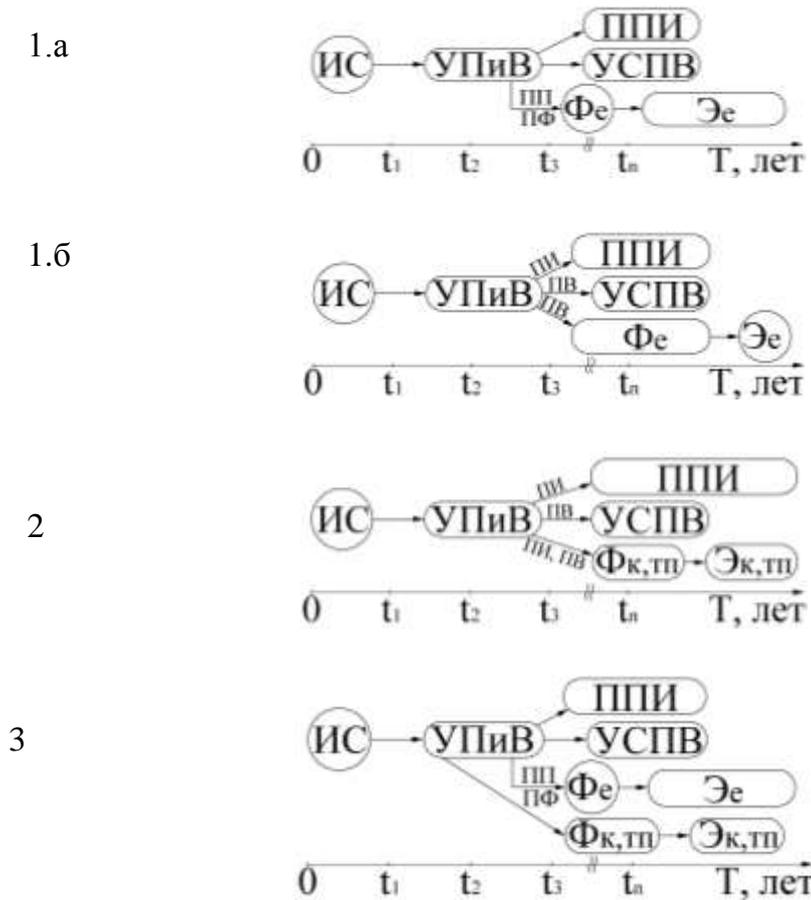
- последовательность выполнения работ; - количество одновременно разрабатываемых участков; - скорость понижения горных работ; - скорость заполнения карты; - удельный расход вскрышных пород на единицу полезного объема создаваемого техногенного георесурса.

В работе предложены технологические схемы совокупного использования природных и техногенных георесурсов, учитывающие физико-механические свойства горных пород, фазовое состояние, химические и другие свойства размещаемых промышленных отходов, обуславливающие применяемое оборудование и техногенный объект размещения (рисунок 3.30).

С целью обеспечения устойчивого развития горнотехнической системы разработаны технологические схемы разработки крутопадающих месторождений при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов, предусматривающие создание технологических площадок и коммуникаций, техногенных емкостей в недрах и на поверхности Земли, а также их комбинирование. Разработана классификация технологических схем совокупного использования природных и техногенных георесурсов по виду создаваемых объектов, учитывающая соблюдение требований промышленной и экологической безопасности при ведении горных работ (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Классификация технологических схем совокупного использования природных и техногенных георесурсов

Вид техногенного объекта	Месторасположение объекта	Период использования	Совмещение добычных работ и создание объектов	Способ формирования	Этап освоения месторождения
Приемная емкость	В недрах	После отработки запасов	Горно-капитальные работы, отвалообразование, добыча ПИ, рекультивация	Целенаправленная выемка пород	Эксплуатация, доработка, рекультивация
	На земной поверхности	В процессе отработки запасов		Целенаправленная отсыпка пород	Строительство, эксплуатация, рекультивация
Технологические площадки и коммуникации	В карьере	В процессе и после отработки запасов	Вскрытие рабочих горизонтов, эксплуатация объекта	Попутная выемка пород	Строительство, эксплуатация, доработка
	На отвале				
Техногенный ландшафт	На земной поверхности	В процессе и после отработки запасов	Отвалобразование, горнотехнический этап рекультивации	Попутная отсыпка требуемых пород в заданном порядке	Строительство, эксплуатация, доработка



1. а) формирование техногенных пространств в недрах Земли;
 1. б) формирование техногенных пространств на поверхности Земли;
 2) формирование технологических площадок и коммуникаций;
 3) формирование техногенных пространств, а также технологических площадок и коммуникаций;

ИС – исходное состояние участка;

УПиВ – упорядоченная подготовка и выемка пород;

ПИ – полезное ископаемое;

ПВ – породы вскрыши;

ППИ – переработка ПИ;

УСПВ – упорядоченное складирование пород вскрыши;

$\Phi_e, \Phi_{тп}, \Phi_k, \mathcal{E}_e, \mathcal{E}_{тп}, \mathcal{E}_k$ – соответственно формирование и эксплуатация техногенных емкостей технологических площадок, коммуникаций;

ПП, ПФ – соответственно, породы с требуемыми прочностными и противодиффузионными характеристиками

Рисунок 3.30 – Технологические схемы разработки крутопадающих месторождений при совокупном использовании природных и техногенных ресурсов

В свою очередь, выделенные земельный и горный отводы для разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом практически полностью соответствуют всем требованиям, предъявляемым к размещению полигонов, а

также они чаще всего расположены в непосредственной близости от мест переработки сырья, что позволяет использовать выработанное карьерное пространство и формируемые отвалы (рисунок 3.31) в виде емкостей для размещения промышленных отходов [139].

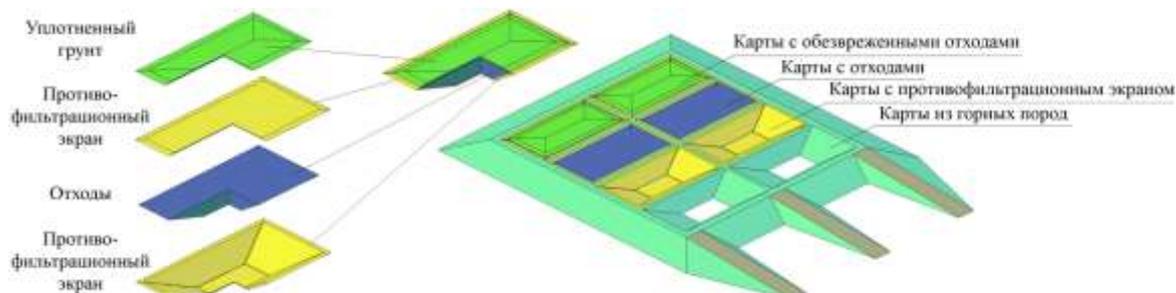


Рисунок 3.31 – Отвал вскрышных пород как емкость для размещения отходов

Существует несколько способов сокращения экологических выплат предприятием, большинство из них основаны на сокращении земель, занимаемых отходами, однако данные способы не позволяют полностью решить проблему с экологическими выплатами, тем более утилизацией отходов. В связи с чем предлагается утилизировать отходы обогатительного и перерабатывающего производства за счет отходов горного производства, формируемых в качестве емкости для их размещения (рисунок 3.32) [23].

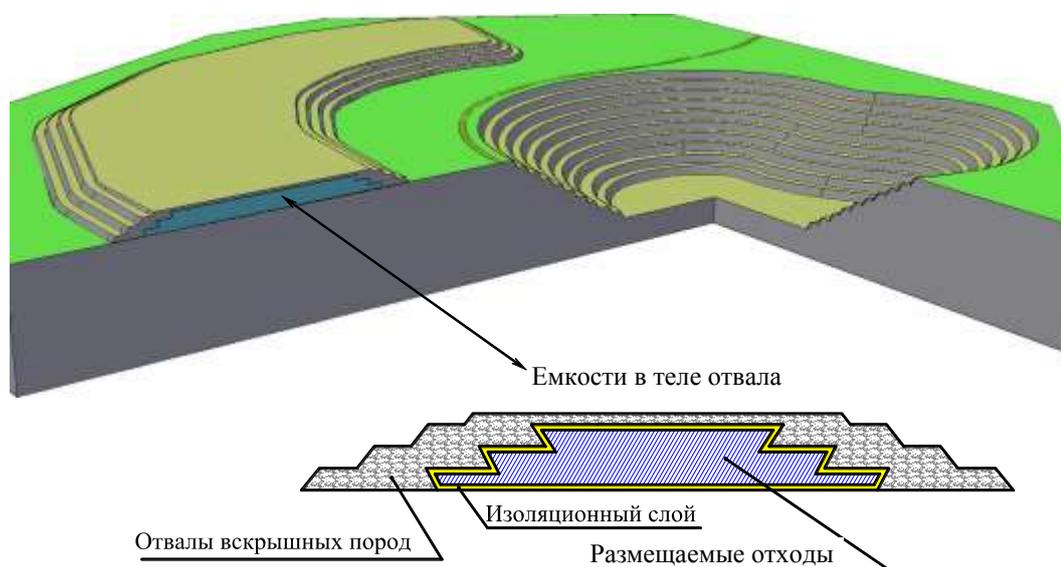


Рисунок 3.32 – Схема размещения промышленных отходов в теле отвала

В случае формирования отвалов вскрышных пород в виде емкостей для размещения твердых и жидких отходов II и III классов опасности, рациональным является использование технологических схем емкостного типа и применение тех-

нологического способа изоляции с использованием глинистых пород при строительстве карт [69]. Для уменьшения сроков ввода в эксплуатацию отдельных карт предлагается первоначально обеспечивать выполнение площадного отвалообразования (рисунок 3.33, а), а завершать формирование дамб - периферийным отвалообразованием (рисунок 3.33, б).



Рисунок 3.33 – Технологические схемы формирования отвалов для размещения жидких и твердых промышленных отходов

Развитие фронта работ при формировании нескольких обособленных карт для размещения промышленных отходов представлено на рисунке 3.34.

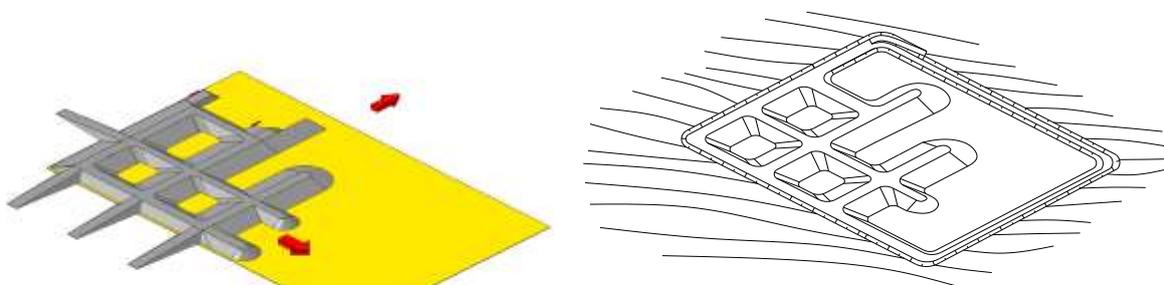


Рисунок 3.34 – Направление фронта развития работ при формировании ограждающих дамб для размещения жидких и твердых промышленных отходов

Данные технологические решения позволяют отказаться от использования дополнительных дорогостоящих противофильтрационных материалов, однако при этом предъявляются определенные требования к инертным породам, в частности к коэффициенту фильтрации и технологии их укладки.

В случае отсутствия или несоответствия глинистых пород предъявляемым требованиям, возможно формирование отвалов скальных пород для размещения промышленных отходов II и III класса опасности с применением конструкцион-

ного способа их изоляции. Это обеспечивает селективное размещение на одной территории в обособленные карты отходов различного класса опасности и агрегатного состояния.

Размещение пастообразных отходов должно производиться в соответствии с технологической схемой емкостного типа с углом внутренних откосов карты, близким к вертикальному (рисунок 3.35).

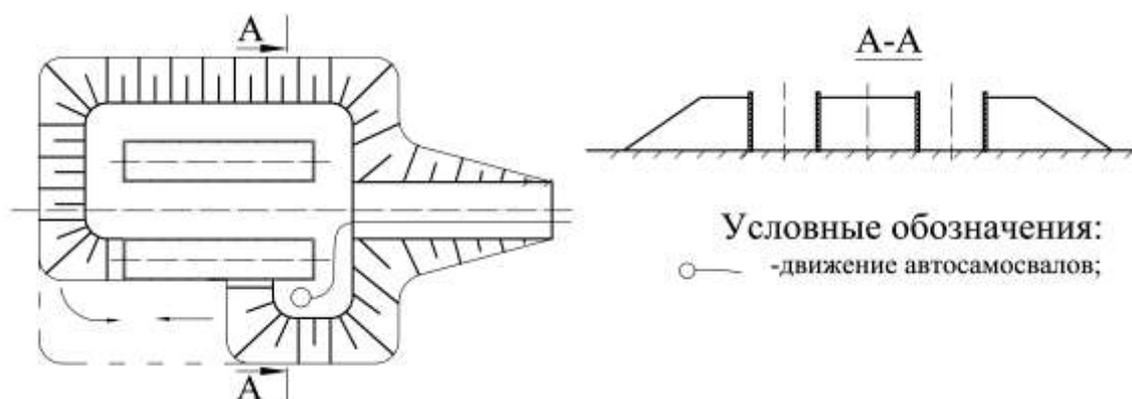


Рисунок 3.35 – Технологические схемы размещения формирования техногенных емкостей для размещения пастообразных промышленных отходов

Для придания емкостям необходимой формы, при их формировании возможно использовать различные строительные материалы, в том числе и железобетонные плиты, которые кроме конструкционного элемента будут выполнять функцию противофильтрационного экрана.

Для размещения массовых твердых промышленных отходов IV-V классов опасности, а также валового размещения нескольких промышленных отходов, с обеспечением нейтрализации их негативных свойств, разработаны технологические схемы разработки месторождения, обеспечивающих использование инертных вскрышных пород для нейтрализации негативных свойств отходов. Они позволяют размещать, в том числе, возгораемые отходы в изолированные друг от друга ячейки, при этом в качестве изолирующего материала используются пылеватые промышленные отходы. При размещении пожароопасных отходов, предотвращение и исключение их возгорания обеспечивается за счет использования пылеватых отходов, которые выгружаются либо непосредственно на места возгорания, локализуя их, либо разгрузка ведётся одновременно с разгрузкой возгораемых отходов вдоль откоса (рисунок 3.36) [71, 70, 66].

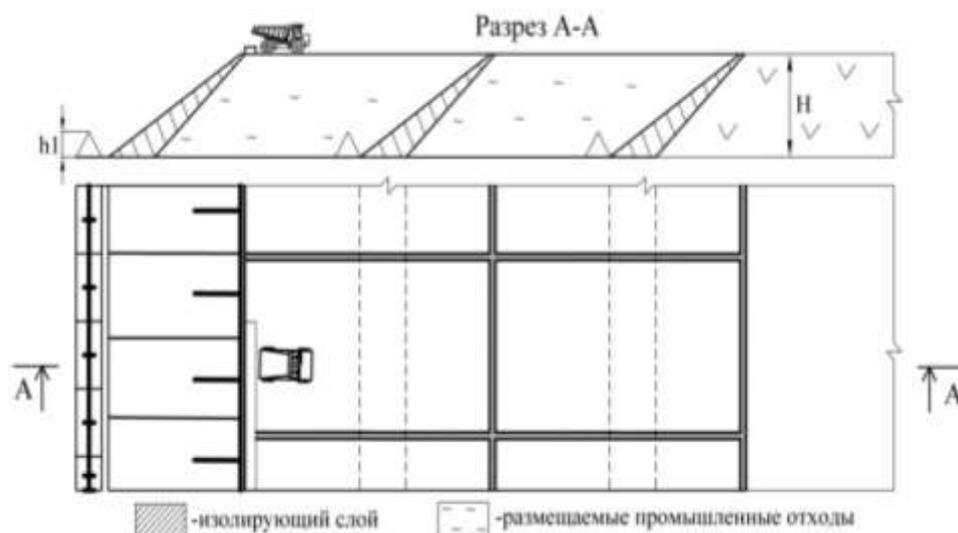


Рисунок 3.36 – Схема валового размещения пожароопасных и пылеватых отходов с целью предотвращения возгорания

При данной схеме достигается параллельная засыпка уже размещенных отходов, что обеспечивает сокращение площади и времени их взаимодействия с окружающей средой. Данную схему, целесообразно использовать при размещении твердых промышленных отходов не выше третьего класса опасности, образующихся в значительных количествах.

Разработанные технологические схемы размещения промышленных отходов различных классов опасности, фазового состояния и иных свойств, не имеют ограничений по применению на горнотехнической системе открытой геотехнологии. Использование приемных емкостей карьеров и отвалов обеспечивается сочетанием технологических схем. Размещение промышленных отходов II-V классов опасности предусматривается в необводненной части карьера и в отвалах вскрышных пород [21, 63, 24]. Обводненную часть карьера возможно использовать в виде емкости для размещения промышленных отходов IV-V классов опасности в соответствии с технологическими схемами предусматривающими валовую отсыпку инертных пород и отходов до отметки, превышающей отметку уровня грунтовых вод не менее, чем на 2 м.

Размещение промышленных отходов в обводненной части карьера, предусматривает поэтапное его заполнение. Для действующего карьера, на первом этапе, производится размещение промышленных отходов, в соответствии с предложенной технологической схемой, предусматривающей валовую отсыпку отходов в выработанное пространство карьера, в том числе в обводненную часть карьера, с предварительно сформированных технологических площадок. На втором этапе,

возможно создание техногенных емкостей в необводненной части карьера на сформированных из отходов и инертных пород площадках, при этом начало работ по размещению отходов в ранее обводненной части предусматривается после полной усадки техногенного массива.

Доказано, что наибольшая эффективность использования приемной емкости для размещения промышленных отходов достигается при формировании карт длинной стороной параллельно вытянутому борту карьера (рисунок 3.37).

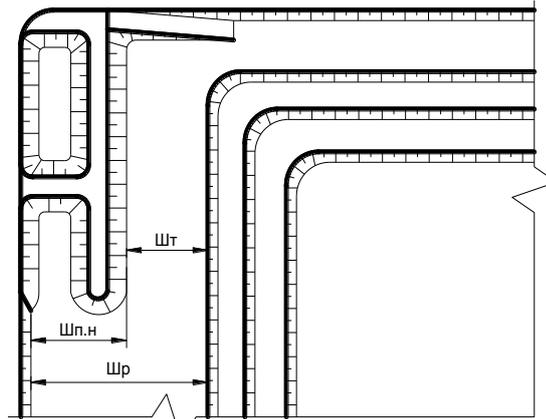


Рисунок 3.37 – Схема к определению минимальной ширины рабочей площадки верхних горизонтов карьера, на которой предполагается формирование карт

Минимальная ширина площадки для формирования техногенной емкости в выработанном пространстве карьера и на дневной поверхности определяется исходя из размеров понизу создаваемого полигона, а также ширины транспортных коммуникаций

$$Ш_p = Ш_{п.н} + Ш_T \quad (3.18)$$

где $Ш_{п.н}$ – ширина карты понизу для размещения промышленных отходов;

$Ш_T$ – ширина транспортных коммуникаций для движения автотранспорта.

Минимальная ширина площадки для формирования техногенной емкости должна обеспечить безопасную и бесперебойную работу горнотехнического оборудования, задействованного при формировании карт и осуществлению работ по размещению в них промышленных отходов.

Данная технологическая схема разработки месторождений позволяет осуществлять увеличение приемной емкости выработанного пространства карьеров за счет увеличения технологических площадок на верхних горизонтах карьера и формирование дополнительных транспортных коммуникаций (рисунок 3.38). Это обеспечивает создание первоначального фронта работ по созданию карт и размещению в них, а также в выработанное пространство карьера промышленных отходов.

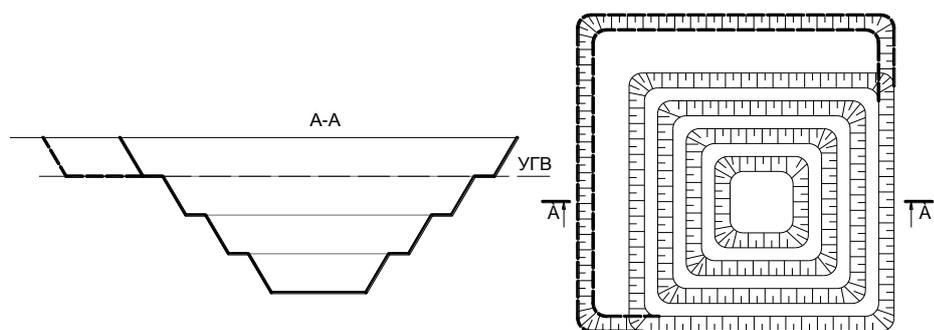


Рисунок 3.38 – Формирование технологических площадок и транспортных коммуникаций на верхних горизонтах карьера

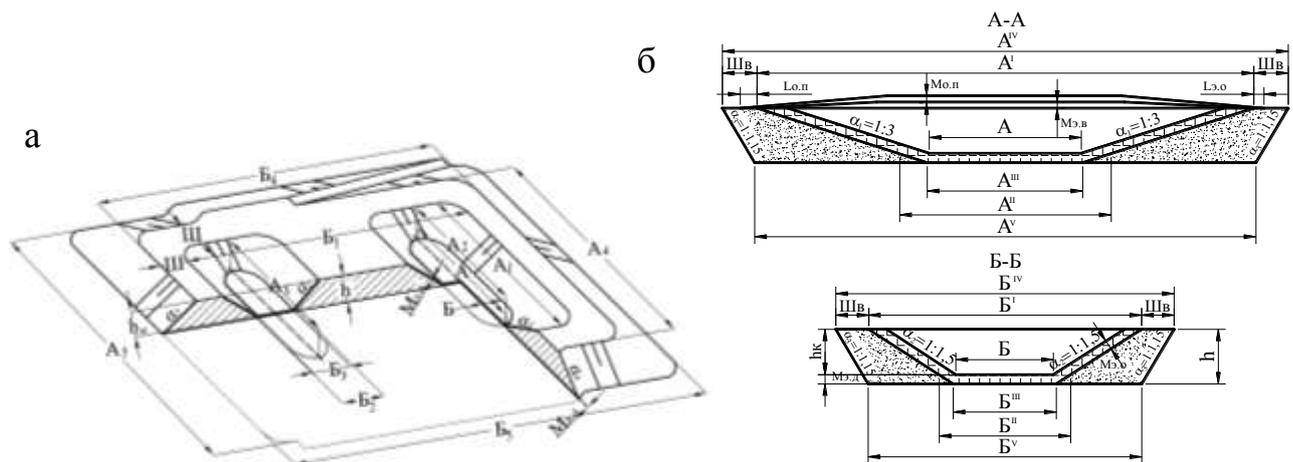
Предложенные технологические схемы совокупной эксплуатации природных и техногенных георесурсов позволяют определять последовательность освоения участков месторождения при одновременном ведении работ по разработке полезных ископаемых и формированию техногенных объектов для размещения в них промышленных отходов.

При освоении крутопадающих месторождений открытым способом зачастую, в прибортовой зоне карьеров оставляются запасы, освоение которых по технологическим и экономическим причинам в настоящее время является нерентабельным. В первую очередь это связано со значительными затратами на вскрышные работы и незначительной прибылью от реализации дополнительно освоенных запасов. При совокупном использовании природных и техногенных георесурсов целенаправленное формирование приемных емкостей, технологических площадок и транспортных коммуникаций обеспечивает увеличение полезного объема приемной емкости для размещения промышленных отходов различного класса опасности, что позволяет повысить экономические показатели горнодобывающего предприятия при их размещении. Дополнительный доход позволяет компенсировать затраты на работу, связанную с дифференцированием и перераспределением потоков вскрыши, а также выемку попутных объемов горной массы, при этом обеспечивается освоение балансовых запасов в прибортовой и придонной зоне карьера, в том числе за счет подготовки их вскрытию подземным способом непосредственно из карьера. Вскрышные породы, дополнительно извлекаемые из недр при отработке запасов прибортовой зоны карьера возможно использовать в качестве материала для создания карт.

С целью обоснования объемов приемных емкостей, формируемых для размещения промышленных отходов, на базе отвала (рисунок 3.39а) и карьера (рисунок 3.39б), в соответствии с разработанными технологическими схемами совокупной эксплуатации природных и техногенных георесурсов, разработана модель определения их параметров. При этом техногенный объект рассматривается как геометрическая фигура - усеченная пирамида.

Независимо от места формирования техногенного объекта в виде приемной емкости, разработанная модель позволяет определять следующие параметры [97, 149, 150, 154]:

- линейные размеры (предельные габариты в плене по дну и по верху карт), м;
- объемные показатели (емкость, количество материала, необходимого для формирования ограждающих дамб и создания противодиффузионного экрана), м³.



A – длина карты, м; B – ширина карты, м; h – высота отвала, м; h_k – высота карты, м; $h_{тс}$ – высота слоя элементов конструкции автодорог, м; $Ш_{зр}$ – ширина зоны разгрузки, м; $Ш_{тп}$ – ширина технологического проезда, м; $Ш_{тпп}$ – ширина торцевого технологического проезда, м; $L_{о.п}$ – выход вскрышных пород за карту, м; $L_{з.о}$ – выход изолирующего материала за карту, м; B^I – ширина карты по верху с учетом изолирующего слоя, м; B^{II} – ширина карты по низу с учетом изолирующего слоя на высоте, равной его мощности, м; B^{III} – ширина карты по низу без учета изолирующего слоя, м; B^{IV} – ширина отвала по верху, м; B^V – ширина отвала по низу, м; A^I – длина карты по верху с учетом изолирующего слоя, м; A^{II} – длина карты по низу с учетом изолирующего слоя на высоте, равной его мощности, м; A^{III} – длина карты по низу без учета изолирующего слоя, м; A^{IV} – длина отвала по верху, м; A^V – длина отвала по низу, м; α_1 – заложение внутренних боковых откосов карты; α_2 – заложение внутренних торцевых откосов карты; α_3 – заложение внешних боковых откосов отвала; α_4 – заложение внешних торцевых откосов отвала; $M_{з.о}$ – мощность изолирующего слоя на откосах карты, м; $M_{з.д}$ – мощность изолирующего слоя на дне карты, м; $M_{з.в}$ – мощность изолирующего слоя над отходами, м; $M_{о.п}$ – мощность отвальных пород над отходами, м.

Рисунок 3.39 – Схема для определения параметров техногенной емкости, формируемой на дневной поверхности а) и в карьере б)

Полезный объем техногенной емкости определяется:

$$V_{omx} = \frac{1}{3} h \cdot (A \cdot B + \sqrt{A \cdot B \cdot (A + 2h \operatorname{ctg} \alpha_1) \cdot (B + 2h \operatorname{ctg} \alpha_2)} + (A + 2h \operatorname{ctg} \alpha_1) \cdot (B + 2h \operatorname{ctg} \alpha_2)). \quad (3.19)$$

Объем изолирующего материала для сооружения противофильтрационного экрана в пределах карты определяется

$$V_{м.э} = V_{э.о} + V_{э.д} + V_{э.б}, \quad (3.20)$$

где $V_{э.о}$ – объем материала экрана на откосах карты, м³;

$V_{э.д}$ – объем материала экрана на дне карты, м³;

$V_{э.б}$ – объем материала экрана над отходами, м³;

$$V_{э.о} = \frac{1}{3} h_{\kappa} (A^I B^I + \sqrt{A^I B^I \cdot A^{II} B^{II}} + A^{II} B^{II}) - V_{omx}, \quad (3.21)$$

$$A^I = A + 2 \cdot (h \cdot \operatorname{ctg} \alpha_1 + M_{э.о} / \sin \alpha_1), \quad (3.22)$$

$$B^I = B + 2 \cdot (h \cdot \operatorname{ctg} \alpha_2 + M_{э.о} / \sin \alpha_2), \quad (3.23)$$

$$A^{II} = A + 2 \cdot M_{э.о} / \sin \alpha_1, \quad (3.24)$$

$$B^{II} = B + 2 \cdot M_{э.о} / \sin \alpha_2. \quad (3.25)$$

$$V_{э.д} = \frac{1}{3} M_{э.д} (A^{II} B^{II} + \sqrt{A^{II} B^{II} \cdot A^{III} B^{III}} + A^{III} B^{III}), \quad (3.26)$$

$$A^{III} = A^{II} - 2 \cdot M_{э.д} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_1, \quad (3.27)$$

$$B^{III} = B^{II} - 2 \cdot M_{э.д} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_2, \quad (3.28)$$

$$V_{э.б} = (A^I + L_{э.о}) \cdot (B^I L_{э.о}) \cdot M_{э.б}. \quad (3.29)$$

Объем вскрышных пород, для сооружения карты определяется по формуле

$$V_{вск.п} = V_o - V_{м.э} - V_{omx} - V_{TC} + V_{о.п} + V_з, \quad (3.30)$$

где V_o – объем отвала-емкости, м³;

V_{TC} – объем материала слоя элементов конструкции автодорог, м³;

$V_{о.п}$ – объем вскрышных пород над отходами, м³;

$V_з$ – объем вскрышных пород в заезде на отвал, м³.

$$V_o = \frac{1}{3} h \cdot (A^{IV} B^{IV} + \sqrt{A^{IV} B^{IV} \cdot A^V B^V} + A^V B^V), \quad (3.31)$$

$$A^{IV} = A^I + III_{ТПП} + III_{ЗР}, \quad (3.32)$$

$$B^{IV} = B^I + III_{ТПП} + III_{ТП} \quad (3.33)$$

$$A^V = A^{IV} + 2 \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \alpha_3, \quad (3.34)$$

$$B^V = B^{IV} + 2 \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \alpha_4, \quad (3.35)$$

$$V_{o.n} = (A^I + L_{o.n} + L_{\text{э.о}}) \cdot (B^I + L_{o.n} + L_{\text{э.о}}) \cdot (M_{o.n} + M_{\text{э.б}}) - V_{\text{э.б}}, \quad (3.36)$$

$$V_{TC} = V_{\Sigma TC} - V_{TCK}, \quad (3.37)$$

где $V_{\Sigma TC}$ – объем материала в области всего отвала на высоте h_{TC} , м³;

V_{TCK} – объем материала в области карты при высоте h_{TC} , м³;

$$V_{\Sigma TC} = \frac{1}{3} h_{TC} (A^4 B^4 + \sqrt{A^4 \cdot B^4 \cdot (A^4 + 2h_{TC} \operatorname{ctg} \alpha_3) \cdot (B^4 + 2h_{TC} \operatorname{ctg} \alpha_4)} + (A^4 + 2h_{TC} \operatorname{ctg} \alpha_3) \cdot (B^4 + 2h_{TC} \operatorname{ctg} \alpha_4)), \quad (3.38)$$

$$V_{TCK} = \frac{1}{3} h_{TC} (A^1 B^1 + \sqrt{A^1 \cdot B^1 \cdot (A^1 + 2h_{TC} \operatorname{ctg} \alpha_1) \cdot (B^1 + 2h_{TC} \operatorname{ctg} \alpha_2)} + (A^1 + 2h_{TC} \operatorname{ctg} \alpha_1) \cdot (B^1 + 2h_{TC} \operatorname{ctg} \alpha_2)). \quad (3.39)$$

Площадь под полигоном, представленным одной картой для размещения промышленных отходов, определяется по формуле

$$S_o = A^V \cdot B^V. \quad (3.40)$$

С целью расчета объемов полезной емкости техногенного объекта, сформированного в качестве приемной емкости, а также необходимого количества пород вскрыши, изолирующего материала, на основе предложенной модели разработана и зарегистрирована программа для ЭВМ [174, 176].

Экономическая эффективность размещения промышленных отходов в выработанном карьерном пространстве в основном зависит от их расстояния транспортирования, а дополнительные затраты на видоизменение карьера в емкости для размещения отходов и формирование противодиффузионного экрана минимальны и не превышают 3,5% от общих затрат на выемку горной массы. Эффективность использования карьера определяется его емкостью, классом опасности размещаемых в нем отходов и расстоянием их транспортирования.

Формирование отвалов вскрышных и вмещающих пород в виде емкостей для размещения промышленных отходов ведет к значительному росту затрат, которые, в первую очередь, связаны с увеличением расстояния транспортирования породы по поверхности отвала [13], так как занимаемая ими площадь земли увеличится в среднем на 35%. Так же произойдет увеличение платы за занимаемую

внешними отвалами землю, в связи с этим возникает необходимость обоснования экономической целесообразности формирования отвалов вскрышных пород в виде емкостей для размещения промышленных отходов.

Дополнительные затраты, связанные с формированием отвала вскрышных и вмещающих пород в виде емкостей для размещения промышленных отходов, возможно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta C_o = Z_e - Z_o = (Z_{mp\ e} + Z_{зем\ e}) - (Z_{mp\ o} + Z_{зем\ o}), \quad (3.41)$$

где Z_o – затраты на формирование традиционного отвала, руб.;

Z_e – затраты на формирование отвала в виде емкостей, руб.;

$Z_{mp\ e}$ – затраты, связанные с транспортированием вскрыши по отвалу, формируемому в виде емкостей, руб.;

$Z_{зем\ e}$ – плата за землю, занимаемую внешними отвалами, формируемыми в виде емкостей, руб.;

$Z_{mp\ o}$ – затраты, связанные с транспортированием вскрыши по отвалу, руб.;

$Z_{зем\ o}$ – плата за занимаемую внешними отвалами землю, руб.

$$Z_{mp} = C_{ткм} \cdot L_{ср.взв} \cdot V \cdot \gamma, \quad (3.42)$$

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

$L_{ср.взв}$ – средневзвешенное расстояние транспортирования отвальных пород по поверхности отвала, км;

V – объем пород, перевозимых в отвал, м³;

γ – плотность отвальных пород, т/м³.

При перемещении автосамосвала по поверхности отвала в соответствии с кольцевой по периметру схемой движения средневзвешенное расстояние транспортирования рассчитывается по следующей формуле [117]:

$$L_{ср.взв} = 2 \frac{b}{3} (m + 1), \quad (3.43)$$

где b – ширина отвала по верху, м;

m – отношение размеров отвала в плане.

Затраты за землю, занимаемую внешними отвалами:

$$Z_{зем} = C_{пл} \cdot S, \quad (3.44)$$

где $C_{пл}$ – ставка платы за 1 га занимаемой площади внешними отвалами, руб.;

S – площадь основания отвала в плане, га.

Динамику изменения затрат на формирование техногенного объекта на базе отвала вскрышных пород в виде приемной емкости для размещения промышленных отходов целесообразно рассмотреть в сопоставлении с отсыпкой традиционного отвала. Исходные данные для моделирования увеличения затрат на формирование техногенного объекта в работе приняты следующие:

Физико-механические свойства скальной породы:

Сцепление – 0,022МПа.

Угол внутреннего трения – 28°.

Плотность – 1,95т/м³.

Горнотранспортное оборудование – автомобильный транспорт.

Согласно модельным данным, при формировании традиционного отвала из скальной породы в объеме 0,5 млн м³ в один ярус высотой 20 м, с коэффициентом запаса устойчивости 1,2, на горизонтальном основании потребуется площадь, равная 2,91 га, в соответствии с формулами, полученными в результате преобразования выражений из [139]. При этом размеры нижнего основания в плане составят 120,6 на 241,2 м.

При формировании из тех же пород при тех же условиях отвала в качестве техногенного объекта в виде приемной емкости для размещения промышленных отходов потребуется площадь в размере 4,43 га, что на 34% больше. Размеры нижнего основания отвала в плане составят 148,8 на 297,6 м. Полезная емкость техногенного объекта – 256 538 м³.

В таблице 3.10 представлены результаты расчета увеличения затрат на формирование техногенного объекта в виде емкости для размещения промышленных отходов при различных объемах вскрышных пород.

Таблица 3.10 – Динамика изменения затрат на формирование техногенного объекта для размещения промышленных отходов непосредственно в процессе ведения добычных работ

Объем вскрыши, млн м ³	Площадь, га		Средневзвешенное расстояние транспортирования, м		Затраты на формирование техногенного объекта, млн руб.		Объем приемной емкости, млн м ³	Увеличение затрат при формировании техногенного объекта, %
	Отвал	Отвал-емкость	Отвал	Отвал-емкость	Отвала	Отвала-емкости		
0,5	2,91	4,43	241,2	297,6	5,85	7,22	0,257	23,4
1	5,62	8,26	335,2	406,5	17,91	21,41	0,448	19,8
1,5	8,35	11,66	408,7	482,8	32,61	38,13	0,555	17,1
2	10,76	16,78	464,0	579,3	47,82	59,00	1,040	23,6
2,5	12,73	18,39	504,6	606,5	61,58	73,33	0,965	19,3
3	16,40	23,92	572,7	691,6	90,18	107,98	1,286	19,9
3,5	18,56	28,29	609,2	752,2	108,65	132,96	1,684	22,6
4	21,31	30,96	652,9	786,9	133,81	160,09	1,654	19,8
4,5	24,19	37,12	695,6	861,6	161,93	199,00	2,245	23,1
5	26,43	38,89	727,1	881,9	185,02	222,87	2,144	20,6
5,5	28,79	43,95	758,9	937,6	210,45	258,13	2,632	22,8
6	31,59	46,08	794,9	960,0	241,96	290,41	2,492	20,2
6,5	34,02	51,20	824,9	1011,9	270,48	329,67	2,976	22,0
7	36,75	53,51	857,4	1034,5	303,77	364,41	2,881	20,1
7,5	39,06	58,31	883,8	1079,9	332,85	404,29	3,332	21,6
8	41,96	64,61	916,0	1136,7	370,67	457,16	3,948	23,5
8,5	44,29	69,88	941,2	1182,2	402,10	501,91	4,481	25,0
9	46,93	76,05	968,8	1233,3	438,69	554,87	5,125	26,6
9,5	49,59	82,49	995,9	1284,4	476,57	610,63	5,815	28,3
10	51,97	88,43	1019,5	1329,9	511,33	662,58	6,467	29,7

Изменение величины затрат при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов в виде емкости при увеличении объемов вскрышных пород объясняется изменением количества карт для размещения промышленных отходов, поскольку оно изменяется от 1 до 30 штук. Это позволяет сделать вывод о том, что для укрупненных расчетов величину дополнительных затрат на формирование техногенного объекта в виде емкости при годовом объеме вскрышных пород от 0,5 до 10 млн м³ и, соответствующих физико-механические свойства пород следует принимать в диапазоне от 15 до 35% от затрат на отсыпку традиционного отвала.

Таким образом, выявлено, что применение разработанных технологических схем совокупной эксплуатации природных и техногенных георесурсов ведет к

увеличению затрат на добычу одной тонны полезных ископаемых. При этом повышение экономической эффективности освоения участка недр достигается использованием, сформированных в процессе отработки запасов техногенных объектов для размещения отходов и продуктов их переработки, а также технологических площадок и коммуникаций для доработки приконтурных запасов и выполнении технического этапа рекультивации земель, нарушенных горными работами. Увеличение затрат на этапе ведения горных работ вызвано необходимостью привлечения дополнительных единиц выемочного оборудования, с целью одновременной отработки нескольких участков месторождения; транспортного оборудования – в связи с увеличением расстояния транспортирования и количества пунктов погрузки и разгрузки; вспомогательного оборудования – с целью проведения подготовительных и планировочных работ при формировании техногенных объектов. Установлено, что в современных рыночных условиях и концентрации горнотранспортного оборудования в горнодобывающих регионах страны, на предприятиях возможно реализовывать технологические схемы совокупного использования природных и техногенных георесурсов, требующих временное увеличение производительности карьера по горной массе на основе договоров аутсорсинга, что позволяет избежать на данных этапах увеличения капитальных затрат и в кратчайшие сроки сформировать и сдать в эксплуатацию техногенные объекты.

Выводы по главе 3

1. Исследовано влияние стадии функционирования горно-перерабатывающего предприятия на устойчивое развитие горнотехнической системы. Определены и систематизированы перспективные направления формирования техногенных объектов с учетом внутреннего и внешнего спроса на них на стадии строительства, эксплуатации и доработки балансовых запасов.

2. Выявлено, что на стадии строительства наибольшую ценность представляет использование рыхлых и скальных пород с целью формирования техногенных емкостей с требуемыми противодиффузионными и прочностными характеристиками при размещении промышленных отходов II-V класса опасности различного агрегатного состояния. На стадии эксплуатации горнотехнической системы перспективным направлением является формирование технологических площадок

и коммуникаций, обеспечивающих в последующем эффективную доработку балансовых запасов комбинированной геотехнологией и эксплуатацию техногенных емкостей. На данной стадии наблюдается наибольший ассортимент горных пород, использование которых позволяет в кратчайшие сроки обеспечивать строительство техногенных объектов. На стадии доработки запасов, в условиях ограниченного количества вскрышных пород и размеров рабочей зоны, увеличение объема выработанного пространства карьера и его использование для размещения текучих отходов является основным перспективным направлением.

3. Предложена многофункциональная схема вскрытия месторождения, обеспечивающая не только грузотранспортную связь рабочих горизонтов с пунктами приема полезных ископаемых и вскрышных пород, но и процесс формирования и эксплуатации техногенных объектов. Функциональное назначение вскрывающих трасс дополнительно позволяют вести эксплуатацию технологических площадок, обслуживание и поддержание всех видов коммуникаций, развитие первоначального фронта работ при размещении твердых промышленных отходов, монтаж и обслуживание системы оборотного водоснабжения при складировании текучих промышленных отходов, мониторинга состояния откосов борта карьера и техногенного массива, формируемого в результате складирования отходов.

4. В результате моделирования многофункциональной схемы вскрытия месторождения при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов выявлено, что для обеспечения формирования и эксплуатации техногенного объекта с целью размещения текучих отходов, на стадии проектирования горнотехнической системы необходимо предусматривать заложение капитальных съездов на противоположенном от точки сброса борту карьера в пределах определенной величины сектора заложения. При этом организация контролируемого распространения размещаемых текучих отходов в самотечном режиме при их подаче в выработанное пространство карьера следует осуществлять по специально сформированной поперечной крутой траншее с шириной дна не менее 2,5м. Установлено, что ширина дна карьера практически не влияет на величину центрального угла сектора заложения капитальной траншеи, при этом до глубины карьера равной 50-60м его величину следует принимать близкой к 179 градусам.

5. Обоснована эффективность перехода на применение роботизированного горнотранспортного оборудования при совокупном освоении природных и техно-

генных георесурсов, обеспечивающих в первую очередь полное исключение персонала из рабочей зоны карьера. Это позволяет на этапе проектирования горно-технической системы значительно уменьшить параметры таких элементов разработки, как ширина рабочей площадки, транспортных коммуникаций, а также снизить средний коэффициент вскрыши за счет принятия величины коэффициента запаса устойчивости на нижних горизонтах карьера в диапазоне $1,02 \div 1,06$, а также увеличения руководящего уклона до 220%.

6. Установлено, что внедрение роботизированных комплексов горнотранспортного оборудования позволяет сократить размеры рабочей площадки при тупиковом типе забоя не менее чем в 2 раза, при использовании экскаваторов с объемом ковша до 5 м^3 , и до 42% и 30%, соответственно, для бокового и тупикового забоя при емкости ковша более 5 м^3 . Увеличение величины руководящего уклона на 45% обеспечивает снижения среднего коэффициента вскрыши более чем на 17%.

7. Разработаны технологические схемы совокупного использования природных и техногенных георесурсов, обеспечивающих формирование техногенных объектов непосредственно в процессе ведения горных работ. Предложена их классификация по виду создаваемых объектов с учетом требований промышленной и экологической безопасности к их формированию и эксплуатации. Обоснованы схемы размещения промышленных отходов II-V класса опасности различного фазового состояния в техногенные емкости, целенаправленно созданные в недрах Земли и на ее поверхности. Разработана модель определения параметров техногенной емкости, сформированной в выработанном пространстве карьера и на дневной поверхности. На основе которой установлено, что дополнительные затраты на видоизменение карьера в техногенную емкость для размещения отходов и формирование противодиффузионного экрана не превышают 3,5% от общих затрат на выемку горной массы.

8. Установлено, что создание на дневной поверхности техногенного объекта для размещения промышленных отходов II-V класса опасности требует дополнительно на 34% площади земли, а также приводит увеличению затрат на 15 - 35% по сравнению с формированием традиционного отвала. При этом создаваемая полезная приемная емкость сопоставима по объему с объемом горной массы, извлеченной из массива при освоении участка недр.

4 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ГЕОРЕСУРСОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСВОЕНИЯ УЧАСТКА НЕДР

4.1 Влияние способов изоляции промышленных отходов в горнотехнических сооружениях на экономические показатели их формирования

Главной задачей при размещении отходов различного класса опасности является их полная изоляция, обеспечивающая защиту окружающей природной среды от загрязнения. Следовательно, особые требования должны предъявляться к защитным противofiltrационным экранам, используемым при формировании техногенного объекта в качестве приемной емкости, с целью предотвращения распространения загрязняющих веществ в почву, поверхностные и грунтовые воды. Изоляция размещенных промышленных отходов должна обеспечиваться на протяжении нескольких десятков лет после окончания эксплуатации техногенного объекта.

В действующих нормативных документах регламентируются максимально допустимые коэффициенты фильтрации грунтов, для различных классов опасности их значения варьируются от 10^{-8} до 10^{-5} см/с (от $0,86 \cdot 10^{-5}$ до $0,86 \cdot 10^{-3}$ м/сут) [186], в которых разрешается осуществлять не только размещение, но и захоронение отходов без реализации специальных мероприятий по устройству противofiltrационных экранов.

При формировании техногенного объекта для размещения промышленных отходов в отвалах вскрышных пород и выработанном карьерном пространстве невозможно обойтись без сооружения защитных противofiltrационных экранов. Таким образом, при размещении отходов в теле отвала их необходимо надежно изолировать не только в местах сопряжения с земной поверхностью для предотвращения проникновения загрязняющих веществ в почву, а также обеспечить экран по всей поверхности отвала по кровле отходов с целью предотвращения проникновения в техногенный объект атмосферных и талых вод, способных вымыть загрязняющие вещества в окружающую среду [130, 182].

При размещении и захоронении промышленных отходов в выработанном карьерном пространстве необходимо обеспечить противofiltrационную защиту

дна карьера, всей площади борта карьера, а также при завершении эксплуатации такого техногенного объекта обеспечить изоляцию его поверхности.

При этом вскрышные породы, разрабатываемые на смежных месторождениях и имеющие схожие свойства со свойствами вмещающих пород могут быть размещены в выработанном пространстве отработанных карьеров без оказания экологического ущерба в районе ведения горных работ.

На этапе проектирования горнотехнической системы с формированием техногенных объектов в качестве приемной емкости для размещения промышленных отходов и продуктов их переработки необходимо получение сведения об уровне грунтовых вод и направлении их потока с целью расчета параметров водоотводных канав и исключения миграции загрязняющих веществ в окружающую среду [118, 181, 143, 136]. Доказано, что при взаимодействии горных пород и омывающих их вод, растворимость минералов (природных химических соединений) совершенно не определяет переход их составляющих в омывающие воды [163]. То есть, отмечено отсутствие зависимости между концентрациями химических элементов в горных породах и водах, омывающих природный массив [162]. Кроме того, известно, что зачастую взаимодействие горных пород и омывающих их вод не приводит к непосредственному переходу многокомпонентных породообразующих минералов в раствор. В результате такого взаимодействия часть компонентов остается в твердой фазе, формируя при этом новые минералы, и только незначительная их часть переходит в раствор (ярким примером этого является гиббситизация полевых шпатов). Главной причиной частичного перехода веществ в раствор является низкая вероятность прохождения химических реакций одновременно между тремя (а тем более четырьмя, пятью и более) химическими элементами или ионами по сравнению с вероятностью прохождения реакции между двумя элементами или ионами [76]. Подобное селективное извлечение части химических компонентов определяется как выщелачивание и не может относиться к общей характеристике – растворению веществ. Отсюда, характеристика растворимости химических соединений твердой фазы для представления взаимодействия горных пород (или искусственных твердофазных образований, в том числе отхо-

дов) с грунтовыми водами в большинстве случаев не имеет смысла [162].

При этом задача охраны подземных вод от загрязнения с технической точки зрения решается весьма просто, поскольку миграция тяжелых металлов из размещенных в техногенном объекте промышленных отходов в подземные воды законтурного массива возможна лишь по следующим механизмам:

- конвективный перенос с водой при фильтрации ее из захоронения;
- диффузионный перенос;
- дисперсионный перенос.

Конвективный перенос солей тяжелых металлов или взвесей возможен лишь при условии фильтрации воды из заполняемого техногенного объекта в окружающий массив. При этом, если будет предусмотрено, что верхний уровень заполнения техногенной емкости с размещенными в ней отходами не будет превышать уровня местного базиса разгрузки подземных вод (урез воды в близлежащих реках, прудах и озерах), то градиент будет равен нулю или отрицательным, и утечка жидкой фазы из формируемого массива с содержащимися в ней токсикантами будет невозможна:

$$J_m = C_T \cdot K_\phi \cdot \frac{H_3 - H_0}{L}, \quad (4.1)$$

где C_T – содержание токсиканта в жидкой фазе пульпы кг/ м³; K_ϕ – коэффициент фильтрации, м/с; H_3 и H_0 – отметки уровня отходов в захоронении и уреза воды в ближайшем водотоке.

Для предотвращения загрязнения подземных вод при превышении поверхностью размещаемых отходов базиса разгрузки для предотвращения выноса тяжелых металлов необходимо предусматривать поддержание минимальной разности отметок между уровнем заполнения техногенной емкости (карьера) и зеркалом воды в близлежащих водоемах. Слабый водообмен между размещаемыми отходами и подземными водами из-за отсутствия градиентов исключает возможность окисления рудных минералов и тем самым гарантирует сохранность их исходного состояния.

По окончании заполнения техногенной емкости с этой же целью предусматривается противоинфильтрационный экран из суглинистых грунтов, полиэтиле-

ной пленки или иных материалов, обладающих требуемыми фильтрационными характеристиками.

Диффузионный перенос, обусловленный стремлением к выравниванию содержания растворенного вещества по всему объему растворителя, описывается уравнением:

$$J_D = -D_M \cdot \frac{\partial C_T}{\partial l} = -D_M \cdot \nabla C_T, \quad (4.2)$$

где D_M – коэффициент молекулярной диффузии (по данным В.А. Мироненко для большинства электролитов в песчаных породах $D_M = N \cdot 10^{-5}$ м²/сутки, в трещиноватых скальных породах $D_M = (10^{-7} \dots 10^{-9})$ м²/сут); ∇C – градиент разности концентраций раствора в захоронении и за его пределами (мг/дм³·м).

Знак «минус» в уравнении (4.2) обозначает, что диффузионный поток направлен из области повышенной концентрации в зону с более низким содержанием.

При перекрытии размещенных промышленных отходов и продуктов их переработки противоинфильтрационным экраном окислительные процессы в сформированном массиве будут протекать значительно медленнее, чем в рудных целиках, оставшихся в законтурном массиве и породах ореольной зоны. Следовательно, содержание солей тяжелых металлов в подземных водах, окружающих карьер, также будет выше, чем в водной фазе отходов и миграция токсикантов возможна только из окружающего массива, а не наоборот.

Интенсивность дисперсионного переноса токсикантов определяется уравнением:

$$J_L = \delta_L \cdot K_\phi \cdot \frac{H_3 - H_0}{L} \nabla C_T, \quad (4.3)$$

где δ_L – константа продольной дисперсии для однородных пористых сред типа песков, согласно данных М.А. Мироненко $\delta = (10^{-3} \dots 10^{-2})$ м/с.

Таким образом, при отсутствии движения воды из созданного в результате размещения промышленных отходов техногенного массива в окружающий массив дисперсионный вынос токсикантов невозможен.

Кроме того, текущие отходы обогатительных фабрик, размещаемые в целенаправленно сформированную техногенную емкость, на базе выработанного про-

странства карьера, как правило, получены в результате переработки того же типа руд, которые были добыты из данного или близлежащего карьера. Содержание токсичных веществ в рудных минералах таких отходов, будет существенно ниже, чем в породах ореольной зоны и забалансовых рудах, оставшихся в прибортовой зоне и под дном карьера, что само по себе предопределяет их нейтральность по отношению к окружающему массиву. При этом в обязательном порядке необходимо предусматривать создание противofильтрационных экранов.

На сегодняшний день существует множество разнообразных материалов и технологий по сооружению противofильтрационных экранов. Наиболее распространенными из-за простоты конструкции, доступности и дешевизны изолирующего материала являются глиняные однослойные экраны, кроме того, они обеспечивают высокую надежность и долговечность. Исходная глина ненарушенной структуры должна иметь коэффициент фильтрации K_f не ниже 0,001 м/сут. При использовании ее в экранах глина превращается в пасту путем перемешивания и достижения необходимого коэффициента фильтрации. Толщина экрана обосновывается расчетами, исходя из допустимого градиента напора $i=10$ должна быть не менее 0,5 м. В случае необходимости повышения защитных свойств противofильтрационных сооружений применяют двухслойные глиняные экраны. Они состоят из двух слоев глины, каждый толщиной не менее 0,5 м. Между слоями глины устраивается дренажный слой из крупнозернистого песка толщиной 40–60 см, уточняемый расчетами. Поверхность экрана планируется таким образом, чтобы дренажные воды между слоями глины поступали в трубчатые дрены и с помощью насосной станции вновь закачивались в емкость. Эффект двухслойного экрана заключается в том, что на нижний слой действует напор воды, равный глубине ее в дренажном слое.

Данные экраны целесообразно использовать для изоляции оснований техногенных объектов, формируемых в качестве приемной емкости на базе внешних отвалов, а также их поверхности, в том числе и при завершении размещения промышленных отходов в выработанном карьерном пространстве.

Другой разновидностью элемента системы инженерной защиты, пригодной для масштабного применения в условиях открытых горных работ в качестве основания для других типов экранов является грунтобитумный экран. Он представляет

собой минеральный естественный грунт, обработанный на глубину 10–15 см жидким битумом или нефтью с добавлением цемента и уплотненный гладкими катками. Перед внесением добавок грунт протравливается гербицидами на глубину до 20 см. Данный тип экрана целесообразно использовать для изолирования всей площади дна карьера, а также основания техногенного объекта, формируемого на базе внешних отвалов, но только после удаления слабых пород. Увеличение степени уплотнения на 1% обычно соответствует увеличению прочности на 10-15%. Хотя стоимость уплотнения может составлять только 3-5% от общей стоимости строительства [224].

Применение экранов из железобетонных плит целесообразно использовать при формировании небольших техногенных емкостей для размещения промышленных отходов высокого класса опасности, в том числе жидкой фазы. Это обусловлено тем, что бетон или железобетон чистом виде имеет сравнительно высокий коэффициент фильтрации ($K_f = 0,01$ м/сут). При этом, снижение коэффициента фильтрации до $K_f = 0,00001$ м/сут достигается торкретированием или силикатизацией. Однако данный процесс весьма дорогостоящий, поэтому железобетон целесообразно применять в качестве сооружения отдельных камер для размещения отходов высокого класса опасности. Для соблюдения фильтрационных и прочностных свойств толщина монолитных или сборных железобетонных плит должна приниматься не менее 10-15 см, а бетон марки не ниже В30, F100, W8 в соответствии со СП 63.13330.2012 [193]. Данный тип экранов целесообразно применять при сооружении основания для других типов экранов, и последующего размещения промышленных отходов II и III класса опасности в незначительном годовом объеме.

Также для изоляции основания и поверхности техногенных объектов, формируемых на базе карьера и отвала в качестве емкостей для размещения промышленных отходов, целесообразно применять асфальтобетонные однослойные экраны с битумным покрытием. Они выполняются из гидротехнического мелкозернистого асфальта. Основанием однослойного экрана могут быть практически любые грунты, поддающиеся обработке грейдером, с модулем деформации после уплотнения не менее 10 МПа (100 кгс/см²). После планировки грунты подвергаются обработке (протравливанию) гербицидами на глубину 20 см. Затем производится поверхностная обработка грунта на глубину 10–15 см с внесением битума или сырой нефти из

расчета 1,5–2,0 кг/м². После чего основание уплотняется 5-тонными катками до полного устранения деформации. При сравнительно слабых пылеватых супесях и суглинках перед розливом нефти или битума рекомендуется вносить активные добавки. На подготовленное основание укладывается мелкозернистый асфальтобетон слоем 40–60 мм. Поверхность асфальтобетона покрывается слоем жидкого битума толщиной 2–4 мм с последующей посыпкой слоем песка толщиной 5–10 мм. При напорах до 5–10 м экран считается нефилтующим. На откосах при необходимости устраивается дополнительное крепление.

При двухслойном экране промежуточный слой устраивается из сортированного гравия или щебня слоем 15–20 см с крупностью фракции 10–40 мм, покрытых битумом (черный гравий). Обработка верхнего и нижнего слоев асфальтобетона такая же, как для однослойного экрана. Для сбора и отвода дренажной воды из межслойного пространства дно емкостных сооружений должно быть с уклоном 10–20 ‰ к трубчатым дренам. Расстояние между дренами следует принимать 100–200 м. Продольный уклон трубчатых дренах – 2–5 ‰.

Асфальтополимербетонные экраны конструктивно ничем не отличаются от обычных асфальтобетонных экранов; выполняются они однослойными и двухслойными. Различие заключается в том, что асфальтобетоны выполняются на вяжущем из битума, а асфальтополимербетоны — на модифицированном вяжущем, состоящем из битума с добавлением каучука или других полимеров в количестве 10–20 % массы битума. Это придает асфальтополимербетону повышенную морозостойкость и эластичность и снижает его водопроницаемость, что обуславливает целесообразность его применения при строительстве противофильтрационных экранов.

Проектирование экранов из полиэтиленовой пленки производится согласно СН 551-82 [181]. Экран состоит из спланированного и протравленного гербицидами основания из однородного грунта на глубину 15–20 см с фракциями не крупнее 3 мм, 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 устраивается сразу на пол-

ную толщину пионерным способом бульдозером. При двухслойном экране промежуточный (дренажный) слой делается из качественного песка слоем 0,5 м. Нижний и верхний защитные слои выполняются как для однослойного экрана. Сопряжение полиэтиленового экрана с сооружениями и коммуникациями является одним из наиболее слабых мест противофильтрационного 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.

Современные гидроизоляционные материалы изготавливают на основе сухой смеси, состоящей из цемента, минерального заполнителя, армирующего волокна и модифицирующих добавок. При смешивании с необходимым количеством воды образует высокопрочный безусадочный тиксотропный раствор. После отверждения приобретает цементно-серый цвет. Для обеспечения гидроизоляции на основе таких смесей применяется два метода: сухое и мокрое торкретирование.

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 растворенной смеси, увлекает ее на основание (рисунок 4.1а). При соударении происходит уплотнение торкретсостава.

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 строительстве заглубленных бассейнов.

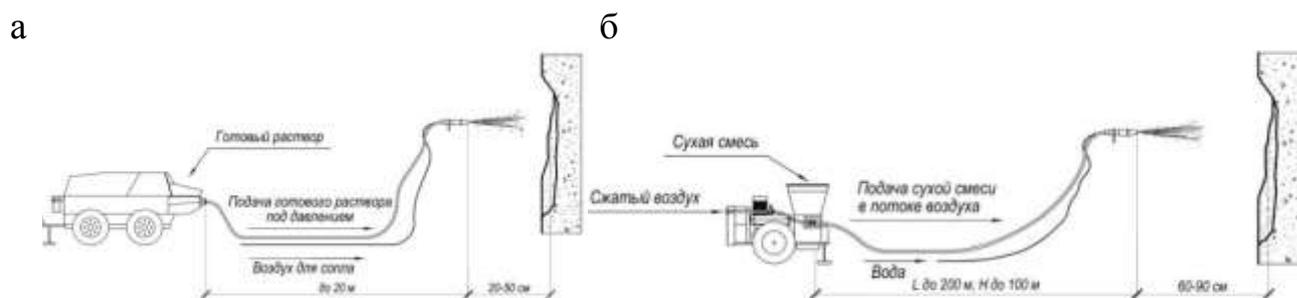


Рисунок 4.1 – Схемы торкретирования а) мокрое б) сухое

Таким образом, применение торкретирования обеспечивает полную гидроизоляцию дна и откосов техногенных объектов формируемых для размещения промышленных отходов при показателе водонепроницаемости от W10 до W16 (коэффициент фильтрации менее $6 \cdot 10^{-11}$ см/с, $5,2 \cdot 10^{-8}$ м/сут). Однако стоимость материала составляет 7-8 рублей за 1 кг при среднем расходе от 152 до 180 кг/м².

На основе рассмотренных материалов и способов создания противofильтрационных экранов в работе осуществлена их классификация (таблица 4.1). Классификационным признаком которой является объект, на базе которого сформирована техногенная емкость для размещения промышленных отходов различного класса опасности и агрегатного состояния.

Данная классификация не учитывает промышленные отходы I класса опасности, так как их утилизация предусматривается на специализированных предприятиях с соблюдением мер, выходящих за возможности эксплуатируемой горнотехнической системы. Размещение промышленных отходов II и III класса опасности в техногенной емкости, созданной на базе выработанного пространства карьера является нецелесообразным с экологической и экономической точек зрения. Это объясняется необходимостью применения дорогостоящих и технологически сложных способов создания системы инженерной защиты и невозможностью ликвидировать последствия непредвиденных чрезвычайных ситуаций без полного или частичного разрушения данной емкости. Что в последствие может привести к значительным экономическим затратам, а также к экологическим загрязнениям окружающей среды.

При формировании техногенного объекта в качестве емкости для размещения промышленных объектов на базе выработанного пространства карьера и отвалов вскрышных пород для размещения промышленных отходов необходимо предусмотреть обособленные карты для отходов различного класса опасности и фазового состояния, в соответствии с которым выбирается тип экрана с требуемыми противofильтрационными характеристиками и затратами на его создание.

Таблица 4.1 – Классификация противофильтрационных экранов и условия их применения

Техногенный объект, формируемый на базе	Класс опасности размещаемых отходов			
	II	III	IV	V
Карьер	Размещение отходов не предусматривается, допускается размещение только продуктов их переработки <i>Основание в карьере</i> Асфальтобетонный однослойный Глиняный двухслойный Торкретирование <i>Основание в глубоких карьерах</i> Асфальтобетонный двухслойный Асфальтополимербетонный <i>Борта карьера и поверхность размещаемых отходов</i> Глиняный однослойный (отсыпка по периметру) Торкретирование		<i>Основание в карьере</i> Асфальтобетонный однослойный Глиняный двухслойный Торкретирование <i>Основание в глубоких карьерах</i> Асфальтобетонный двухслойный Асфальтополимербетонный <i>Борта карьера и поверхность размещаемых отходов</i> Глиняный однослойный	<i>Основание в карьере</i> Глиняный однослойный Торкретирование <i>Основание в глубоких карьерах</i> Глиняный двухслойный <i>Борта карьера и поверхность размещаемых отходов</i> Глиняный однослойный Торкретирование
Отвал	<i>Небольшие емкости</i> Железобетонные плиты Асфальтополимербетонный Полиэтиленовая пленка Торкретирование	<i>Основание для других типов экранов</i> Грунтобитумный <i>Основание, откосы и поверхность размещаемых отходов</i> Глиняный однослойный Глиняный двухслойный Асфальтобетонный однослойный	<i>Основание для других типов экранов</i> Грунтобитумный <i>Основание, откосы и поверхность размещаемых отходов</i> Глиняный однослойный Торкретирование	Не требуется

Затраты на формирование инженерной системы защиты ($Z_{сиз}$), приведенные на единицу полезного объема создаваемой техногенной емкости в работе предлагается определять по формуле

$$Z_{сиз} = \frac{\sum V_i \cdot c_i + C_{раб_i}}{V_{ТЕ}}, \quad (4.4)$$

где V_i – объем i -го гидроизоляционного материала, м³ или м²;

c_i – стоимость i -го гидроизоляционного материала, руб./м³ или руб./м²;

$C_{раб}$ – стоимость работ по созданию водонепроницаемого экрана из i -го гидроизоляционного материала, руб.;

$V_{ТЕ}$ – полезный объем формируемой техногенной емкости, м³.

С целью выявления влияния способов изоляции промышленных отходов и продуктов их переработки осуществлено моделирование горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов. Предусмотрено формирование техногенных емкостей на базе выработанного пространства карьера и отвалов вскрышных пород. В качестве исходных данных для моделирования были приняты следующее:

– для техногенной емкости на базе отвала:

- количество карт – от 1 до 27 шт., размером 80×40×20м;
- полезный объем карт – от 189 тыс. м³ до 4,9 млн м³;
- мощность экранов от 3мм до 1 м, в зависимости от типа.

– для техногенной емкости на базе карьера:

- глубина карьера – от 50 до 450 м;
- размер дна карьера от Ø40м до 120×40м;
- полезный объем емкости – от 389 тыс. м³ до 150 млн м³;
- предусмотрено полное экранирование дна, откосов и поверхности.

Усредненные результаты моделирования с использованием, описанной в параграфе 3.4 методикой определения параметров техногенных объектов, а также применяемых типов экранов для соответствующих техногенных объектов, пред-

ставлены на рисунке 4.2.

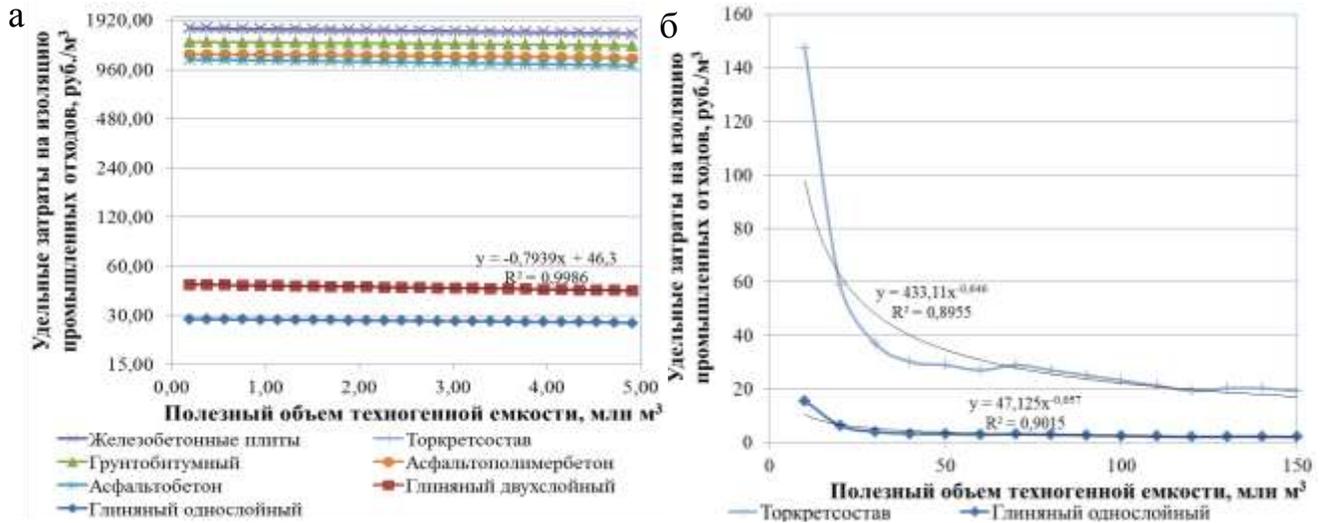


Рисунок 4.2 – Зависимости изменения удельных затрат на создание инженерной системы защиты от типов применяемых противодиффузионных экранов при изоляции техногенных емкостей на базе (а) отвалов (б) карьеров

Таким образом, наиболее приемлемыми по экономическим затратам и технологическим свойствам типом экрана являются глиняные. При этом стоимость их создания практически в 60 раз дешевле наиболее дорогих экранов с применением железобетонных плит, и в 50 раз дешевле средней стоимости других типов изоляционных материалов. 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.

В результате исследования горных пород и их свойств, установлено, что при формировании техногенных объектов для размещения промышленных отходов и продуктов их переработки, обеспечение требований промышленной безопасности экономически целесообразнее осуществлять с использованием пород вскрыши. Для этого в рамках разработанной геоинформационной модели реализовано два варианта реализации: непосредственно при добыче и через накопитель. В первом случае определяется очередность отработки различных участков место-

рождения с целью выемки пород с требуемыми физико-механическими характеристиками и их транспортировка до места разгрузки, непосредственно на формируемом техногенном объекте. Выбор участков выемки определяется для скальных пород – прочностными, а рыхлых пород – противofильтрационными характеристиками, коэффициент фильтрации величиной не более 0,001 м/сут, что обеспечивает соблюдение требований к изоляции промышленных отходов. В случае отсутствия потребности в материале на период разработки соответствующих участков, необходимо осуществлять его складирование в накопитель в порядке, обеспечивающим не ухудшения их характеристик, с целью последующего использования для формирования техногенной емкости. При размещении твердых и текучих промышленных отходов на дневной поверхности разработана технологическая схема, увязывающая добычные работы и формирование ограждающих дамб при создании инженерно-защитной системы изоляции по принципу комбинированных завес с противofильтрационными экранами (рисунок 4.3). С целью повышения противofильтрационных характеристик создаваемого экрана целесообразно производить уплотнение укладываемых рыхлых пород с использованием дорожных вибрационных катков. При этом максимальная высота (Нд) формируемой ограждающей дамбы определяется физико-механическими свойствами пород и фазовым состоянием размещаемых промышленных отходов или продуктов их переработки. Минимальная ширина дамбы поверху определяется типоразмером применяемого при ее формировании горнотранспортного оборудования. Минимальная мощность глиняного ядра (Шя) определяется фильтрационными характеристиками укладываемых рыхлых пород, при этом она не должна быть менее 1м, что исключит разрушение экрана вследствие проникновения изоляционного материала в скальную породу на местах их контакта.

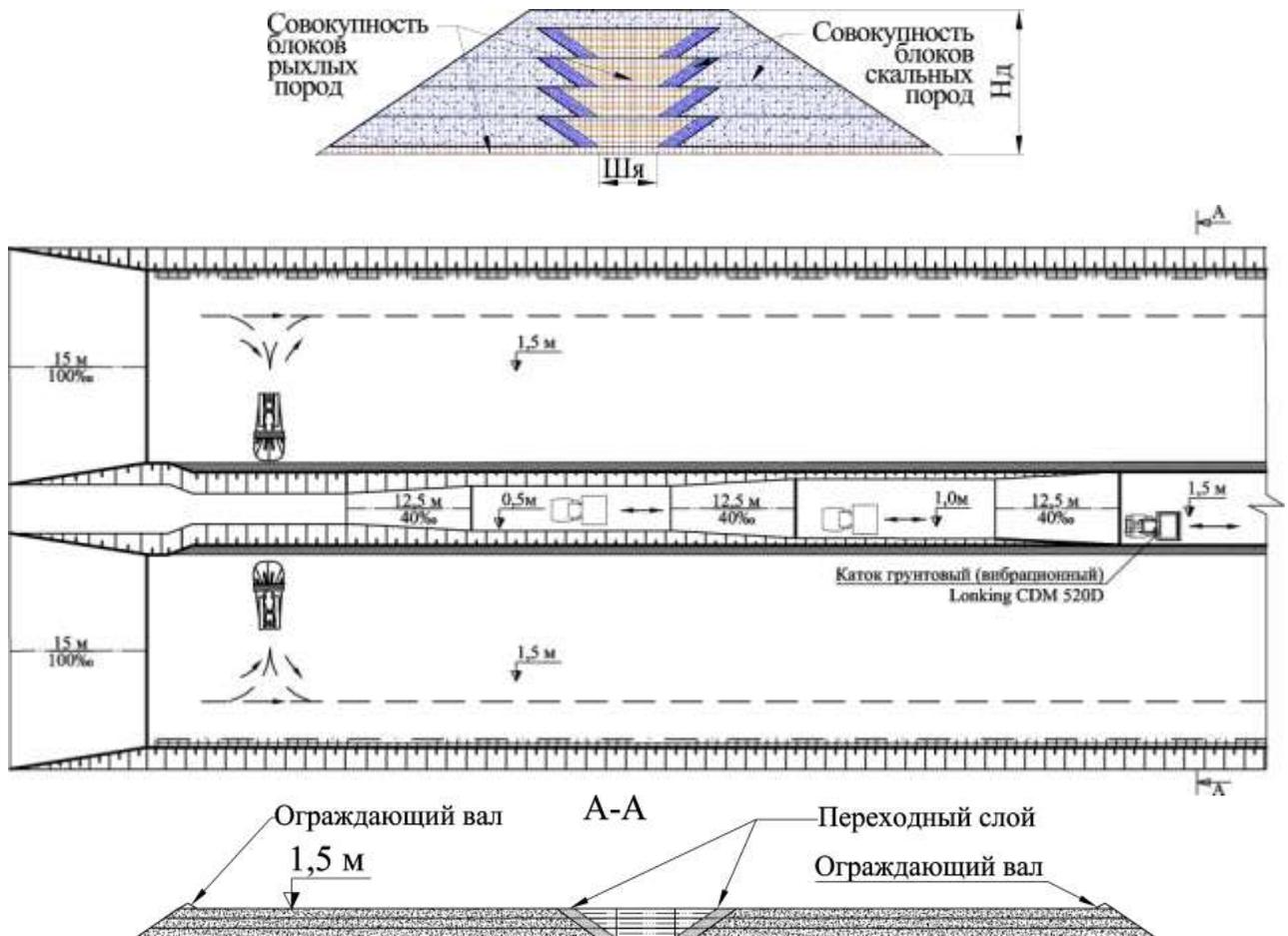


Рисунок 4.3 – Схема ограждающей дамбы с глиняным ядром, формируемой непосредственно при ведении добычных работ

Данное техническое решение было рекомендовано для условий карьера №2 Гайского ГОКа и доказано, что формирование по периметру выработанного пространства карьера ограждающей дамбы, имеющей в центре конструкции глиняное ядро с минимальной мощностью 3м 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, реализующей принцип комбинированных завес с противofiltrационными экранами.

В случае, когда необходимо организовать гарантированный переток воды из техногенной емкости за ее пределы, с целью исключения накопления вод и снижения риска гидродинамической аварии на техногенном объекте, разрабо-

тан способ создания экрана, обеспечивающего создание ограждающих дамб с экранированием их внутреннего откоса. В качестве сырья для изготовления данного экрана целесообразно применять мелкодисперсные материалы, в том числе лежалые хвосты обогащения. Материалом для строительства основной дамбы являются скальные вскрышные породы, вынимаемые как непосредственно из забоя, так и из внешних отвалов. При этом к размещению в целенаправленно формируемую емкость предусматриваются обезвоженные текущие отходы обогатительной фабрики. Схема формирования ограждающей дамбы с созданием на внутреннем откосе изоляционного слоя представлена на рисунке 4.4.

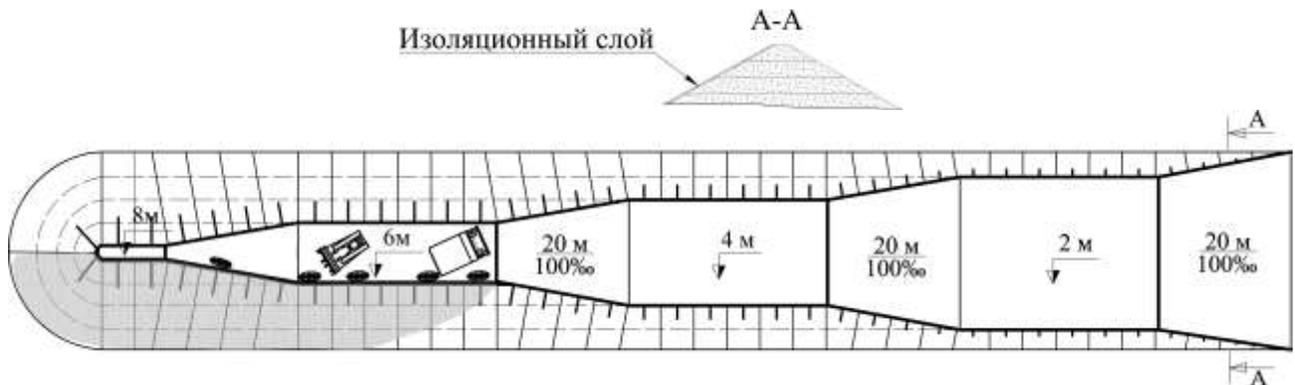


Рисунок 4.3 – Схема формирования ограждающей дамбы с созданием изоляционного экрана на внутреннем откосе

Таким образом, предотвращение проникновения загрязняющих веществ в поверхностные и грунтовые воды, а также атмосферу при размещении промышленных отходов возможно за счет создания инженерно-защитной системы с применением эффективных противодиффузионных экранов. В работе классифицированы противодиффузионные экраны и условия их применения при формировании техногенных объектов на базе карьеров и отвалов в качестве приемных емкостей для размещения промышленных отходов II – V классов опасности, с различным фазовым состоянием. Применение соответствующего вида экрана определяется классом опасности размещаемых промышленных отходов в создаваемых техногенных емкостях, физико-механическими характеристиками используемых гор-

ных пород и наличия источника материалов для изготовления противофильтрационного экрана. При этом экономически целесообразными и эффективным является использование рыхлых пород в качестве основного материалов инженерно-защитной системы, стоимость создания которой в зависимости от применяемого типа экрана изменяется от 1 до 1670 рублей на 1 м³ создаваемой техногенной емкости. Снижение затрат на формирование инженерно-защитной системы наблюдается при увеличении объемов создаваемых техногенных объектов, на базе выработанного пространства карьера. В связи с этим необходимы исследования, направленные на поиск решений, обеспечивающих увеличение приемной емкости техногенных объектов на базе карьеров.

4.2 Влияние способов обеспечения устойчивости откосов бортов карьеров и отвалов при складировании в них промышленных отходов на экономические показатели эксплуатации месторождения

В отечественной и зарубежной практике ведения горных работ имеются положительные примеры использования временной устойчивости при отработке нижних горизонтов глубоких карьеров, что позволяет максимально отработать запасы полезного ископаемого, попадающие в борта и дно карьера. Выкручивание откосов бортов дает возможность забрать до 30-50% оставшихся запасов. Однако восстановление утерянной устойчивости откосов бортов, чтобы предотвратить развитие деформационных процессов, всегда требует дополнительных затрат. В связи с этим, восстановление временной устойчивости массива за счет складирования в выработанное пространство продукта переработки текучих отходов представляет интерес как с точки зрения управления состоянием устойчивости уступов и бортов, так и с экономической точки зрения.

В настоящее время общеизвестны следующие способы управления состоянием массива горных пород:

-проектные способы;

- эксплуатационные способы;
- инженерные способы.

Основой проектных способов управления устойчивостью является соотношение между высотой и углом откоса в зависимости от физико-механических свойств и условия залегания пород, при этом важное значение имеет кривизна бортов карьера. При прочих равных условиях, чем больше радиус кривизны, тем больше устойчивость откосов. Проектные способы включают в себя регулирование геометрических параметров карьера на стадии проектирования, профилирования бортов, изменение их контуров в процессе эксплуатации месторождения, в связи с изменившимися горно-геологическими условиями отработки, а также регулирование фронта развития открытых горных работ.

Эксплуатационные свойства включают в себя регулирование статических нагрузок на уступ от перемещающегося на рабочих площадках горнотранспортного оборудования, и регулирование динамических нагрузок на борта карьера от сейсмического и ударно-воздушного воздействия, возникающего при проведении взрывных процессов.

Инженерные способы представляют собой укрепление уступов свайным и анкерным способами, укрепление уступов подпорной стенкой, укрепление уступов контрфорсом; также используется упрочнение уступов бетоном, цементацией и смолязацией, но этот способ используется редко из-за дороговизны материалов и трудоемкости процесса. Наиболее распространены свайное и анкерное способы укрепления, а также широко используются возможности контрфорса.

Целенаправленное формирование техногенного объекта для размещения промышленных отходов с коэффициентом запаса устойчивости на нижних горизонтах ниже нормативных значений, при условии последующего восстановления временной устойчивости массива за счет складирования в выработанное пространство карьера продукта переработки текучих отходов можно отнести как проектным, так и к инженерным способам. Проектный способ регулирования состоя-

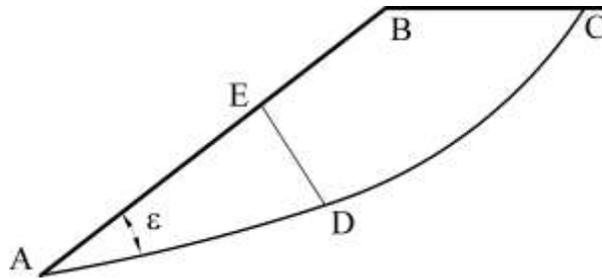
ния массива достигается изменением результирующих углов откосов бортов, а инженерный способ – заполнением техногенной емкости продуктом переработки отходов, в том числе сгущенными хвостами, за счет чего создаются дополнительные удерживающие силы в призме упора.

Устойчивость откосов бортов карьеров определяется комплексом геологических и гидрогеологических факторов, из которых наибольшее влияние оказывают следующие: прочность, слоистость и трещиноватость горных пород, их склонность к выветриванию, набуханию и проявлению ползучести, а также тектонические нарушения и гидрогеологические условия.

При отсутствии необходимости защиты выработанного подземного пространства от поступления в него текучих отходов и продукта их переработки, а также воды, единственное, что требуется оценить в случае заполнения карьера – это изменение устойчивости его бортов, которое происходит под влиянием взвешивающего и пригружающего действия воды (закладочного материала) в карьерной выемке, а также от направления движения фильтрационного потока.

Поступление воды в карьер до момента заполнения выработанного пространства карьера текучими отходами и продуктом их переработки приведет к разупрочнению пород, их набуханию, поэтому этот период является самым опасным с точки зрения развития деформаций. В связи с этим, при проектировании значений углов нижних горизонтов, это должно быть учтено оставлением запаса прочности откосов. Запас прочности должен быть не менее 10%, что позволит в течение 5 лет доработать оставшиеся запасы полезного ископаемого в бортах и завести в карьер продукт переработки, до наступления предельного состояния пород с точки зрения потери их прочности.

Основными расчетными схемами устойчивости бортов Александринского карьера являются схемы V, IX и X ВНИМИ [119]. Все эти схемы основаны на схеме плоского изотропного откоса (рисунок 4.4), при которой поверхность скольжения выходит в нижнюю бровку борта под углом $45-\varphi/2$ (φ - угол внутреннего трения массива).



BCDA – призма возможного обрушения; EDA – призма упора; BCDE – призма активного давления

Рисунок 4.4 – Расчетная схема плоского откоса

Часть призмы возможного обрушения, у которой угол между горизонталью и поверхностью скольжения превышает угол внутреннего трения, является призмой давления (призма BCDE), а оставшаяся – призма упора. Накопление воды в карьере за счет естественного притока приводит к тому, что уровень фильтрационного потока в откосе существенно выше, чем уровень воды в карьере (рисунок 4.5а). При этом снижение устойчивости подтопленного откоса обуславливается снижением веса призмы упора EDA (рисунок 4.4) и влиянием гидродинамического давления потока воды ΔT_e , направленного в сторону выемки:

$$\Delta T_e = 0,5(H_F - H_E)^2 \gamma_w, \quad (4.5)$$

где $H_F - H_E$ – разность уровней воды фильтрационного потока в оползневой призме и выемке, м (рисунок 4.5а);

γ_w – удельный вес воды, т/м³.

Из приведенного рисунка 4.5 видно, что по мере повышения уровня воды в выемке с одной стороны увеличивается площадь подтопленной части оползневой призмы, а с другой стороны уменьшается гидродинамическое давление. При затоплении выемки до уровня грунтовых вод гидродинамическая сила будет равна нулю, и влияние воды будет проявляться только за счет разуплотнения пород, слагающих откос. В результате этого возможно снижение величин сцепления и угла внутреннего трения. При этом отрицательное воздействие разуплотнения грунта на устойчивость откоса полностью затопленной выемки обычно незначительно, поскольку за счет взвешивающего эффекта также будет снижаться вес оползневой призмы. Ми-

нимальный коэффициент запаса устойчивости бортов карьера в процессе их естественного затопления соответствует моменту, когда уровень воды в нем достигает величины $0,3 \div 0,5$ глубины карьера. Это объясняется тем, что призма упора оказывается полностью под водой, соответственно, имеет минимальный вес, а вес призмы активного давления в этом случае не изменяется, поскольку остается в надводной части карьера.

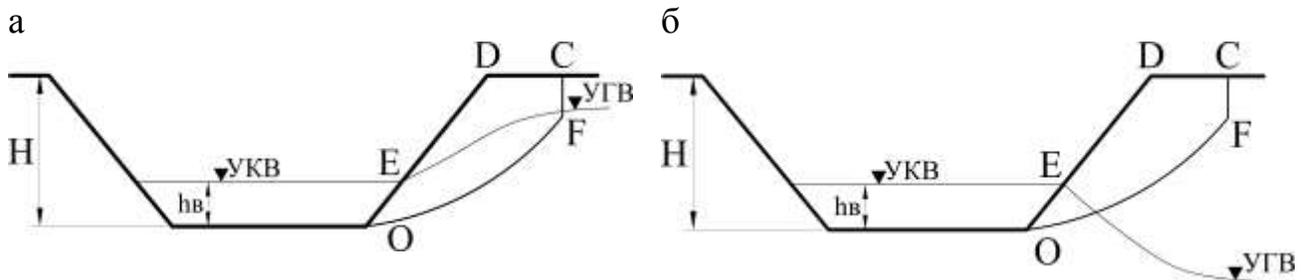


Рисунок 4.5 – Принципиальная схема к оценке устойчивости откоса борта карьера при его затоплении а) грунтовыми водами б) наливом

При складировании в выработанное пространство карьера продукта сгущения хвостов обогащения, с учетом его свободной водоотдачи, уровень воды в карьере (УКВ), в любой момент его затопления будет существенно превышать уровень грунтовых вод (УГВ), что показано на рисунке 4.5, б. Вследствие этого гидродинамическая составляющая фильтрационного потока направлена против сдвигающих сил, действующих в оползневой призме. Кроме того, при равной глубине подтопления площадь обводненной призмы упора при заполнении карьера наливом меньше, чем в случае заполнения его грунтовыми водами (рисунок 4.5, б). Таким образом, устойчивость откоса борта карьера при его заполнении наливом всегда выше, чем при его заполнении грунтовыми водами, когда $УКВ < УГВ$.

При оценке устойчивости откосов дополнительно следует учитывать крайне низкую трещинную пустотность скального массива, которая редко превышает 7%, и даже в прибортовой части, где массив нарушен взрывами, она составляет не более 20%. Изменение удельного веса обводненного массива (γ_m^g) возможно оценить следующим образом:

$$\frac{\gamma_m^e}{\gamma_m^c} = 1 - \frac{\gamma_s(1-2n)}{\gamma_s(1-n)}, \quad (4.6)$$

где γ_s – удельный вес минеральной части прибортового массива, т/м³;

n – трещинная пустотность (пористость) массива, д.е.

Исследования влияния размещения текучих отходов в целенаправленно созданную техногенную емкость на восстановление нормативной устойчивости бортов карьера в работе производился на примере Александринского месторождения. Средний удельный вес минеральной части скального массива, слагающего борта Александринского карьера составляет 3,0 тс/м³. Тогда изменение удельный веса обводненного массива (2) будет равно 0,70÷0,75, то есть сила трения скольжения также снизится на 25÷30% (сцепление в массиве останется постоянным). Однако при этом в пределах призмы упора на ту же величину снизится и сдвигающая сила, при этом добавится подпор, равный весу столба воды, величина которого в случае продукта сгущения хвостов будет еще больше.

Для проверки обозначенных утверждений методом алгебраического суммирования сил были проведены проверочные расчеты устойчивости западного и южного бортов (рисунок 4.6). Средневзвешенные характеристики слоев подбирались таким образом, чтобы в сухом состоянии коэффициент запаса устойчивости борта соответствовал результатам расчетов, выполненных в рамках инженерно-геологических изысканий [200].

Дополнительно учитывалось, что подработка откосов подземными работами сопровождается изменением физико-механических свойств. Степень изменения зависит от состояния массива горных пород по нормали к отработанным запасам подземным способом [54, 253, 94, 1, 106]. Для оценки устойчивости подработанного борта карьера над рудным телом №5 в период его затопления, величина сцепления в массиве рассматриваемого участка принята 0,03 МПа, угол внутреннего трения подработанного массива равен углу внутреннего трения пород при их полном водонасыщении, так как кроме подработки массива, в расчетах учтено

влияние подземных вод на устойчивость откосов.

Расчеты показали, что естественное заполнение карьера водой без учета ее подпора и гидродинамического давления влечет снижение коэффициента запаса устойчивости в 1,03 – 1,11 раза (профильные линии I и II). Добавление в баланс сил пригрузки от столба воды и гидродинамического давления приводит к тому, что коэффициент запаса по сравнению с сухим бортом повышается в 1,03 раза.

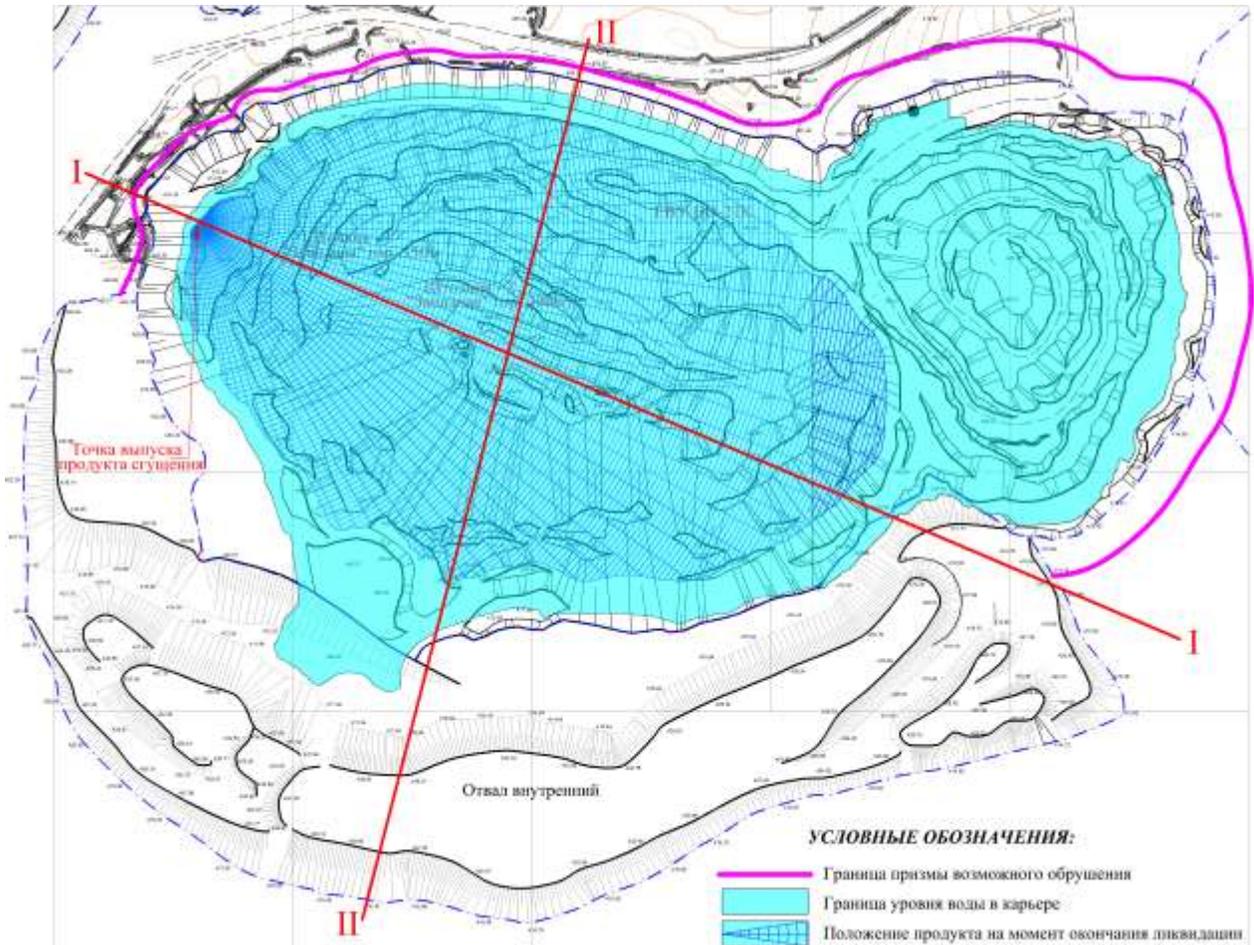


Рисунок 4.6 – План карьера после заполнения закладочным материалом

Расчеты устойчивости проводились для двух этапов. Первый этап – это заполнение карьера водой до отм. 343,2 м, что составляет 0,3-0,5 от всей высоты откоса. Поэтому данный период является наиболее опасным с точки зрения снижения запаса прочности. И второй период – момент полного заполнения выработанного пространства закладочным материалом до отм. 412 м, что произойдет через 12 лет от начала работ по ликвидации рудника.

Расчеты устойчивости выполнены по плоской поверхности скольжения в изотропном откосе методом алгебраического сложения сил [119].

Физико-механические свойства вмещающих пород приняты с учетом подтопления грунтовыми подземными водами (объемный вес – 27000 Н/м^3 , угол внутреннего трения 19° град, удельное сцепление $0,03 \text{ МПа}$). Физико-механические свойства вмещающих пород сухой части бота следующие: объемный вес – 27000 Н/м^3 , угол внутреннего трения – 28° град, удельное сцепление $0,4 \text{ МПа}$. Физико-механические свойства продукта сгущения, заполняющей выработанное пространство, приняты следующие: объемный вес – 27000 Н/м^3 , угол внутреннего трения – 19° град, удельное сцепление $0,054 \text{ МПа}$ [29].

На рисунке 4.7 показаны расчетные схемы для определения запаса устойчивости на разные периоды заполнения техногенной емкости по разрезу I.

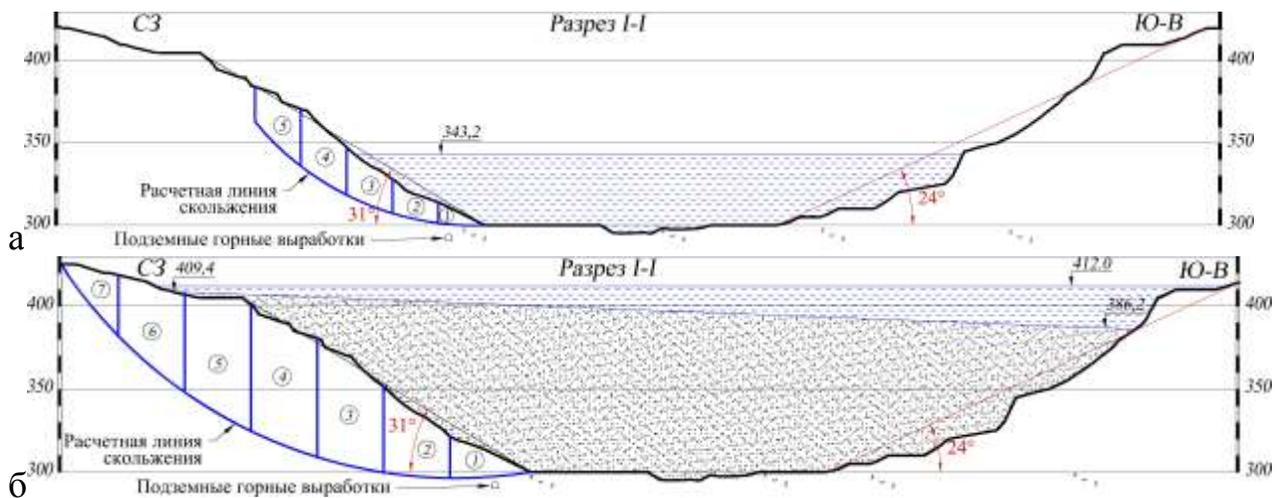


Рисунок 4.7 – Схема к расчету устойчивости бортов при (а) затоплении карьера до отм. 343,2 м (б) заполнении емкости сгущенными хвостами обогащения

При расчете коэффициента запаса устойчивости после заполнения пространства пульпой, дополнительные удерживающие силы, возникающие от укрепления призмы упора, рассчитывались по формуле [172, 95]:

$$Q_{\text{доп}} = \gamma \cdot F \cdot \text{tg} \varphi, \quad (4.7)$$

где γ – объемный вес пульпы, Н/м^3 ;

F – площадь сечения продукта сгущения, m^2 ;

φ - угол внутреннего трения пульпы, град.

Полученные значения коэффициентов запаса устойчивости подтверждают, что самый опасный период, с точки зрения развития деформаций, является период заполнения техногенной емкости, сформированной на базе выработанного пространства карьера на 0,3 – 0,5 всей глубины (запас прочности бортов 20%). В этот момент породы, составляющие призму упора бортов, находятся в разупрочненном состоянии под воздействием грунтовых вод, а работы по пригрузке текучими отходами еще не начаты.

В работе рассмотрены месторождения, обрабатываемые открытым или открыто-подземным способом, для которых может быть применен предлагаемый способ управления устойчивостью откосов бортов (таблица 4.2).

Размещение текучих отходов в выработанном пространстве карьера позволяет восстановить запас прочности до нормативного – 30%. Однако, верхние горизонты в определенный момент будут затоплены только водой, поэтому их запас прочности будет снижаться со временем воздействия вод на вмещающие породы. В связи с этим необходимо выполнять расчет ширины призмы возможного обрушения при условии максимальной потери прочности пород:

$$B = \frac{2H * (1 - \operatorname{ctg}\alpha * \operatorname{tg}\rho) - 2H_{90}}{\operatorname{tg}(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) + \operatorname{tg}\rho}, \quad (4.8)$$

где H – высота откоса, м;

H_{90} – высота вертикального обнажения, м

φ - угол внутреннего трения пород, град.;

ρ - средний угол наклона линии скольжения, град.;

α - угол откоса борта, град.

Таблица 4.2 – Характеристика выработанных пространств карьеров и возможное направление совокупного использования природных и техногенных георесурсов

Месторождение	Способ разработки	Параметры карьера						Техногенный объект	Примечание
		Глубина, м	Длина, м		Ширина, м		Угол бота, град		
			поверху	понизу	поверху	понизу			
Джусинское (медноколчеданное)	Открытый с переходом на подземный	260	730	100	700	45	46,8	Технологические площадки и транспортные коммуникации	Восточный борт сложен метасоматитами. На горизонте +80м в северо-восточном борту расположен портал и наклонный съезд. (абс. отм. Поверхности +285м)
Вишневское (золоторудное)	Открытый для перехода на подземный	80	280	260	70	65	35,1	Технологические площадки и транспортные коммуникации	На дне карьера расположен портал и наклонный съезд для отработки запасов подземным способом
Учалинское (медноколчеданное)	Открытый с переходом на подземный	юг 380 С 320	1950	1000	юг 190 С 330 общ.860	юг 50 С 140 общ.40	40,9	Технологические площадки и транспортные коммуникации Техногенная емкость	В южной части западного борта на гор. с абс. отм +350м расположен портал, в северной части западного борта на дне карьера распложена штольня. В северной части карьера сформирован внутренний отвал

Окончание таблицы 4.2

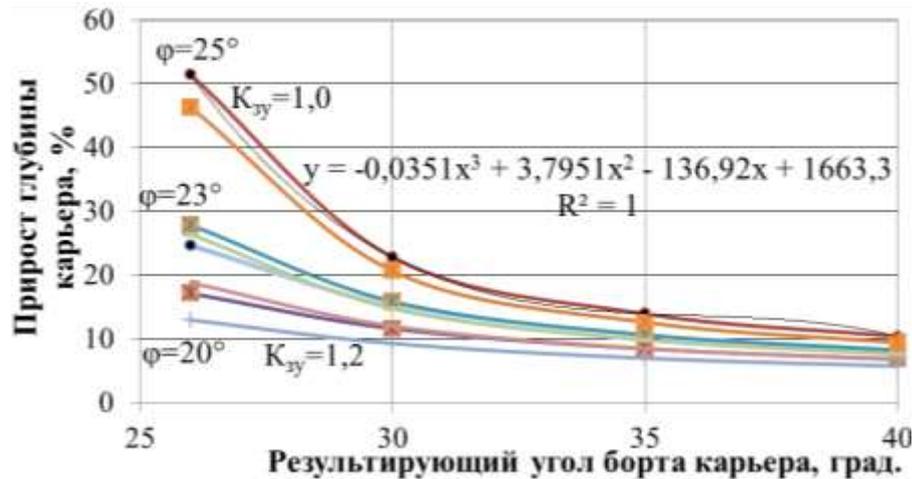
Месторождение	Способ разработки	Параметры карьера						Угол бота, град	Направление использования	Примечание
		Глубина, м	Длина, м		Ширина, м					
			поверху	понизу	поверху	понизу				
Карьер №1 и №3 Гай (медноколчеданное)	Открытый с переходом на подземный	№1 – 280 №3 – 110	2140	1270	№1 – 100 №3 – 300	№1 – 50 №3 – 75	16-32	Техногенная емкость	В юго-западной части карьера №1 на гор. 350 м расположен портал. На северном борту карьера №1 масштабные деформационные процессы	
Александринское	Открытый с переходом на подземный	З – 130 В – 90	900	560	З – 185 В – 60	З – 230 В – 27	25-30	Технологические площадки и транспортные коммуникации Техногенная емкость		
Юбилейное	Открытый с переходом на подземный	330	1150	80	1050	30	34-35	Технологические площадки и транспортные коммуникации Техногенная емкость	Восточный борт подвержен деформационным процессам. Совмещение работы подземного рудника и использования выработанного пространства карьера ниже отметки портала +270 м как накопителя хвостов обогатительной фабрики.	
Николаевское (восточный Казахстан)	Открытый с доработкой запасов подземный	395	1350	1300	175	30	32-34,7	Техногенная емкость	На северо-западном борту оползень. Ниже отметки +220м (глубина 160м) практически отсутствует доступ по причине разрушения капитального съезда	

В работе проведено моделирование изменения результирующих углов бортов карьера, представленных в таблице 4.2 с целью определения возможной величины прироста его глубины при использовании временной устойчивости и последующего восстановления нормативной прочности за счет размещения текучих отходов. В результате исследований установлено, что, при формировании выработанного пространства карьера в качестве техногенного объекта для размещения промышленных отходов различного фазового состояния, возможно использовать эффект временной устойчивости массива с коэффициентом запаса в диапазоне $1,0 \div 1,1$, это позволяет в период доработки запасов, начиная с $0,75-0,9$ глубины карьера увеличить угла откосов его бортов на $5-15$ градусов при условии обеспечения их достаточной устойчивости. Что обеспечивает увеличение глубины карьера в пределах ограниченной площади горизонтов. При этом конструктивные параметры карьера определяются скоростью понижения горных работ и сроком их отработки, производительностью обогатительной фабрики, глубиной прудка и физико-механическими характеристиками пород, слагающих массив с учетом их разупрочнения при взаимодействии с водой.

Восстановление устойчивости до нормативных значений достигается пригрузкой промышленными отходами, объемы которой определяются с учетом их физико-механических, в том числе реологических свойств. Для условий крутопадающих месторождений Урала установлено, что прирост глубины карьера на этапе доработки балансовых запасов не менее чем на 8% (рисунок 4.8).

Увеличение результирующих углов участков бортов карьера в нижней его части и прирост глубины, обеспечивает не только увеличение объемов отработки прибортовых и придонных балансовых запасов, но сокращение извлекаемого из недр объема горной массы [261]. Это имеет комплексный положительный экономический эффект за счет сокращения объемов транспортирования вскрышных пород и как следствие численности автопарка, площади земельного отвода при увеличении объемов добычи балансовых запасов. При этом ведение работ на нижних горизонтах предусматривается как с применением механизированного, так и роботизированного горнотранспортного оборудования, обес-

печивающего максимально эффективно и безопасно обработать дополнительные объемы горной массы.



Скорость понижения горных работ – 15 м/год, ширина карьера понизу – 30м. Угол растекания отходов принят -3° при годовом объеме их размещения – 4 млн м

Рисунок 4.8 – Зависимость прироста глубины карьера при использовании временной устойчивости от результирующего угла его борта

Использование пород вскрыши для формирования техногенных объектов с целью создания приемной емкости на ограниченной территории позволяет сформировать ограждающие дамбы по ее периметру. При этом откосы существующего отвала, при их наличии могут являться частью создаваемого техногенного пространства, которое в дальнейшем может быть использовано для размещения в нем промышленных отходов и продуктов их переработки. Не зависимо от фазового состояния складированных отходов в пределах созданной емкости неизбежно накопление воды, что негативно сказывается на устойчивости ограждающих дамб.

В связи с этим, устойчивость ограждающих дамб следует рассматривать по подобию устойчивости отвалов скальных пород. Единственное отличие от стандартных схем расчета состоит в том, что нижняя часть отвала на высоту 2 – 3 м от подошвы будет обводнена. Отсыпка дамб в условиях Уральского региона производится из скальной наброски с прочностью пород в куске 30 – 80 МПа и более, то есть оползневые деформации возможны только за счет выдавливания слабых грунтов основания, либо по контакту отвальной массы с основанием

[119]. С учетом того, что основание дамб сложено, в основном, суглинками коричневого цвета твердыми и полутвердыми, на глубину от одного до нескольких десятков метров с прослоями мяглопластичного суглинка, а также появляется суглинок со щебнем, реже к поверхности земли подходят скальные грунты, обеспечение устойчивости ограждающих дамб сводится к укреплению их основания. Наиболее эффективным способом обеспечения прочностных характеристик основания дамб является удаление слабых рыхлых пород, путем их выемки.

При формировании техногенной емкости на базе отвалов расчет устойчивости целесообразно производить с учетом трех основных сценариев потери устойчивости [152, 172]:

- поверхность скольжения полностью реализуется в теле откоса, т.е. схема плоского изотропного откоса (схема Va ВНИМИ);
- реализация оползня по контакту тела отвала с основанием (схема Vб и VIа ВНИМИ);
- реализация оползня с выдавливанием слабых грунтов основания (схема VII ВНИМИ).

По результатам расчетов необходимо осуществить выбор наиболее опасной поверхности скольжения из всех трех сценариев. Для каждого из этих сценариев следует проводить два расчета устойчивости:

1. Определить предельную высоту откоса (слоя), отсыпаемого под углом 38° - угол естественного откоса.
2. Определить предельно допустимый угол откоса при его фиксированной высоте. Снижение угла откоса по сравнению с углом естественного откоса достигается за счет оставления межярусных (межслоевых) берм.

В работе проведены исследования для случае изменения высоты дамбы от 10 м до 78 м, при средней насыпной плотности скальных пород $1,8 \text{ т/м}^3$, максимальное сжимающее напряжение в нижней бровке будет меняться от 0,06 МПа, для высоты 10 м, и до 0,48 МПа при высоте дамбы 78 м. Соответственно угол внутреннего трения будет меняться от 37° до 27° . Также для оценки сдвиговых

характеристик было использовано прил. 18 [119], в соответствии с которым сдвиговые характеристики отвальных скальных пород на примере Оленегорского месторождения составляют: $C=0,04$ МПа, $\varphi=35^\circ$. Оценки устойчивости ограждающих дамб при создании и эксплуатации техногенных пространств, проводилась для обоих вариантов при характеристиках отвальной массы: $C=0$ МПа, $\varphi=47^\circ$; и $C=0,04$ МПа, $\varphi=35^\circ$. Для приведенных условий, с точки зрения устойчивости, ограждающие дамбы могут отсыпаться на всю высоту под углом естественного откоса одним ярусом. Количество ярусов и ширина берм между ними могут определяться исходя из применяемого горнотранспортного оборудования.

Таким образом, управление способами обеспечения устойчивости откосов объектов горнотехнической системы, формируемых в качестве приемных емкостей при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов позволяет увеличить полезную емкость при снижении затрат на освоение участка недр. При этом достигается положительный эффект не только за счет увеличения объемов добычи балансовых запасов открытым способом, но и за счет снижения объемов горных работ при одновременной подготовке выработанного пространства карьера к размещению промышленных отходов различного фазового состояния. Именно размещение отходов в подготовленную емкость в пределах установленного срока ввода в эксплуатацию техногенной емкости позволяет значительно сократить совокупные затраты на освоение участка недр с учетом мероприятий по рекультивации земель, нарушенных горными работами. Установлено, что формирование техногенной емкости на базе внешних отвалов не требует дополнительных мероприятий по управлению устойчивости их откосов, кроме обеспечения гарантированного отвода поверхностных вод. При этом экономическая эффективность работ по созданию техногенных объектов определяется логистической схемой транспортирования вскрышных пород и полезных ископаемых.

4.3 Влияние параметров логистической системы на эффективность процесса транспортирования вскрышных пород при формировании техногенных георесурсов

При совокупном использовании природных и техногенных георесурсов основное влияние на эффективность функционирования горнотехнической системы оказывает транспортная составляющая. Это обусловлено не только необходимостью перемещения в пространстве, в заданном промежутке времени объемов вскрышных пород и полезного ископаемого, исчисляемых миллионами тонн в год, но и расстоянием, которое, в современных условиях, с учетом разности абсолютных отметок до 500м, превышает 5-7 км. При этом предлагаемая в работе концепция устойчивого развития горнотехнической системы при освоении запасов крутопадающих месторождений предусматривает одновременное ведение горных работ на нескольких участках карьерного поля с целью упорядоченной выемки, транспортирования и складирования как полезных ископаемых, так и вскрышных пород. Это обеспечивает стабилизацию качества рудной массы и достижение потребительских свойств техногенных объектов, формируемых на основе скальных и рыхлых пород. В связи с этим при проектировании и функционировании горнотехнической системы, наделенной дополнительными функциями, направленных на упорядоченное и своевременное управление потоками горной массы необходимо ее рассматривать как сложную систему, в которой определение основных закономерностей и взаимосвязей между параметрами возможно на основе применения метода имитационного моделирования [239].

Имитационное моделирование – это исследование процессов функционирования сложных объектов (систем) с различной степенью детализации на основе использования технологий программирования, позволяющих выполнить оптимизацию параметров исследуемого объекта (системы) [239]. Сегодня под имитационной моделью понимается специализированный программный комплекс, позволяющий имитировать деятельность любого сложного объекта при условии возможности его представления в математическом виде.

Таким образом, метод имитационного моделирования позволяет на основе математического представления сложной функциональной структуры любой системы с различной степенью ее детализации, неоднократно воспроизводить процесс функционирования исследуемого объекта в различных условиях с целью определения оптимальности параметров ее проектирования, а также взаимосвязки отдельных технологических процессов, выполнение которых обеспечивается многочисленными единичными элементами, в том числе мобильными объектами.

Именно ориентация на мобильные объекты в рамках сложной горнотехнической системы обеспечивает реализацию поставленных задач по комплексному освоению участка недр. Под мобильными объектами, как основными элементами горнотехнической системы в работе рассматривается обособленно каждая единица бурового, выемочно-погрузочного, транспортного и вспомогательного оборудования. При этом их дифференцирование по видам выполняемых работ и основным целям сводятся к следующему:

- подготовка пород к выемке и анализ бурового шлама в режиме реального времени не только породного массива, но и участков вскрышных пород на фактические значения физико-механических показателей;
- контроль выемки каждого единичного выемочного объема по полезному ископаемому и породам вскрыши с организованной погрузкой в автосамосвалы;
- упорядоченное перемещение каждого автосамосвала от пункта погрузки с расчетом времени его доставки до заданного пункта выгрузки. Что обеспечивает поточное формирование заданных показателей качества рудной массы в пункте ее приема, а также потребительских характеристик создаваемых техногенных объектов;
- прием и обработка полезных ископаемых и вскрышных пород в пункте передачи готовой продукции карьера и формирования техногенного объекта. В первом случае непосредственная разгрузка в штабель или бункер обеспечит требуемое качество рудной массы при условии поточной стабилизации ее показателей. Во втором случае, заданные потребительские свойства формируются в процессе после-

довательной укладки вскрышных пород с необходимыми физико-механическими характеристиками в проектном контуре создаваемого техногенного объекта.

Подход к проектированию и эксплуатации горнотехнической системы при комплексном использовании природных и техногенных георесурсов с целенаправленным формированием объектов с заданными потребительскими свойствами предусматривает последовательное воздействие на участки недр: селективную выемку горной массы, дальнейшее транспортирование которой обеспечивает формирование потоков руды и вскрыши в соответствии с требованиями к качеству и физико-механическим характеристикам при создании техногенного пространства с заданными параметрами. При этом, в каждый момент времени освоения участка недр Земли происходит изменение его состояния в рамках достигаемых целей, набор которых помимо непосредственной добычи полезного ископаемого предусматривает создание техногенных объектов. В связи с постоянным изменением состояния горнотехнической системы в части количественно-качественных характеристик, при имитационном моделировании целесообразно использовать системно-динамический подход, обеспечивающий установление основных закономерностей и взаимосвязей между параметрами ее элементов.

Системно-динамический подход – это способ обобщенного представления динамических процессов в сложных системах, когда выделяются наиболее существенные взаимовлияния и взаимозависимости потоков в рассматриваемых системах. Данный подход основан на предположении, что динамика функционирования сложной системы, такой как горнотехнической, включающей технологическую и транспортную, зависит от структуры связей между элементами системы и конечной цели каждого участвующего элемента. Парадигму компьютерного моделирования, при которой для исследуемой системы строятся графические диаграммы глобальных влияний одних параметров на другие во времени, в настоящее время принято называть системной динамикой [155].

Одно из главных преимуществ системной динамики заключается в использовании так называемой «графической нотации» для описания структуры связей в динамических системах в виде потоковых диаграмм (stock-and-flow диаграмм).

Такая нотация реализована в нескольких пакетах компьютерного моделирования (Stella, Vensim, iThink, Powersim и AnyLogic), позволяющих графически разрабатывать и анализировать системно-динамические модели.

В потоковых диаграммах системной динамики используется четыре базовых объекта:

1. Накопители (уровни, переменные состояния) в графической нотации обозначаются прямоугольниками, которые описывают объемы руды и вскрыши в забое, вместимости рудных складов, отвалов вскрыши и конструктивных элементов техногенных объектов, а также пропускные способности карьерных дорог;
2. Потоки (связи между накопителями) определяют непрерывное перемещение автосамосвалов между накопителями;
3. Вентили – регуляторы автомобилей или грузопотоков, определяющие их интенсивность (часовую, сменную, суточную, месячную, годовую). Интенсивность грузопотока задается как постоянной величиной (в задачах предварительного анализа системы потоков), так и функциональными зависимостями, показывающими их случайный характер, изменение с течением времени или взаимовлияния грузопотока;
4. Переменные модели и обратные связи определяют различные параметры моделируемой горнотехнической системы, влияющие на все остальные объекты модели.

Построение, с использованием представленных объектов, системно-динамической имитационной модели позволяет исследовать влияние динамики параметров грузопотока на функционирование горнотехнической системы.

В настоящее время существует множество программных инструментов для построения имитационных моделей и проведения с ними экспериментов. К наиболее известным относятся AnyLogic, Arena, Plant Simulation, Business Studio, Aimsun, GPSS, Extend, Witness и т.д. Часть программных продуктов, такие как AnyLogic, Arena, Extend, GPSS, Witness, являются универсальными, тогда как остальные ориентированы на имитационное моделирование в специфических предметных областях. Наиболее универсальными и современными системами имитационного моделирования, при помощи которых потенциально

можно строить имитационные модели функционирования ПТС, являются пакет AnyLogic компании XJ Technologies и пакет Arena компании Rockwell Automation. Для выбора наиболее подходящего программного инструмента при построении модели функционирования горнотехнической системы в работе [155] проведен сравнительный анализ данных пакетов.

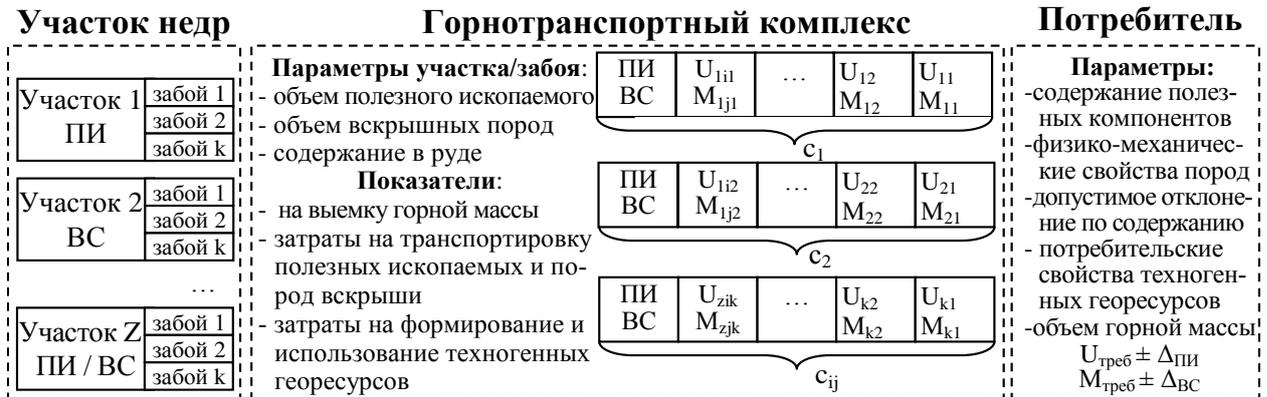
AnyLogic — инструмент имитационного моделирования сложных систем и процессов. Графическая среда AnyLogic схожа со средой пакета Rockwell Arena. Моделирующие конструкции располагаются в палитрах (аналог шаблонов в Arena). Для создания модели, как и в Arena, моделирующие конструкции перетаскивают в область модели и соединяют связями. Детализировать моделирующие конструкции можно, выделив их и изменив параметры, используя панель свойств.

AnyLogic поддерживает иерархическое моделирование, а также создание собственных моделирующих конструкций и объединение их в библиотеки. AnyLogic написан на языке Java и базируется на платформе Eclipse - современном стандарте для бизнес-приложений.

Учитывая, что пакет AnyLogic способен сочетать в рамках одной модели различные подходы к имитационному моделированию, а также то, что пакет полностью локализован и имеет отечественную поддержку, представляется целесообразным ориентироваться именно на AnyLogic при выборе инструмента для построения имитационных моделей функционирования горнотехнической системы [155].

Совокупное использование природных и техногенных георесурсов требует дифференцирование всех горных пород, осваиваемого участка недр и целенаправленным формированием из них обособленных потоков рудной массы и вскрыши. Стабилизация качества рудопотоков и обеспечение требуемых технологических характеристик потоков вскрыши достигается управлением единичными объемами выемки в соответствии с установленной, на основе разработанной геоинформационной модели динамической оптимизации очередности обработки участков и порядка подачи транспортных средств к каждому забою и месту выгрузки (рисунок 4.9). Результатом управления обособленными потоками горной массы является обеспечение в пункте выгрузки заданных количественно-

качественных показатели руды (ПИ) и вскрышных пород (ВС), используемых для формирования в режиме реального времени техногенных георесурсов.



U_i – содержание полезного компонента в единице i -го объема кузова транспортного средства, принятого за единичный выемочный объем при стабилизации качества рудопотока, %; $U_{треб}$ – требуемое содержание полезного компонента в руде со стороны потребителя, %; $f(M_j)$ – физико-механические свойства горных пород в единице j -го объема кузова автосамосвала, перемещаемого для формирования техногенных георесурсов; $f(M_{треб})$ – требуемые прочностные и фильтрационные характеристики формируемого техногенного объекта; c_{ij} – затраты на добычу, перевозку вскрышных пород и полезного ископаемого, его обогащение, а также формирование техногенных георесурсов и их использование, сортировку и перевозку i -го и j -го выемочного объема, руб./т; $\Delta_{ПИ}$, $\Delta_{ВП}$ – допустимое отклонение от требуемых показателей качества, прочности и фильтрации соответственно для полезных ископаемых и вскрышных пород, %

Рисунок 4.9 – Структура геоинформационной модели горнотранспортной схемы, реализованной на методе динамического программирования

Эффективность функционирования всей горнотехнической системы при управлении качеством потоков рудной массы и породных разностей обеспечивается минимизацией удельных затрат (Z^y) на эксплуатацию горнотранспортной схемы при освоении природных и формировании техногенных георесурсов. При этом оптимизация показателей качества потоков руды и вскрышных пород осуществляется на основе поэтапного перехода от одного состояния системы к другому. Условием перехода считается выемка в забое каждого ковша экскаватора и погрузка отдельного транспортного средства. Процедура перехода на каждом этапе выполняется с учетом целевой функции и удовлетворения условий следующей системы:

$$Z^y = (Z_B^{ПИ} + Z_{ТР}^{ПИ} + Z_B^{ВС} + Z_{ТР}^{ВС} + Z_{ОФ}^{ПИ} + Z_{Ф}^{ТР} + Z_{ИСП}^{ТР} + Z_{СОВ}^{РЕК} + Z_{ФУНК}^{ГТС} + Z_{МАТ}^{ДОП}) \rightarrow \min, \quad (4.9)$$

где $Z_B^{ПИ}$, $Z_B^{ВС}$ – удельные затраты на добычу полезных ископаемых и вскрышных пород, соответственно, руб./т;

$z_{TP}^{III}, z_{TP}^{BC}$ – удельные затраты на транспортировку полезных ископаемых и вскрышных пород, соответственно, руб./т;

z_{OF}^{III} – удельные затраты на усреднение, сепарацию и обогащение полезных ископаемых, руб./т;

$z_{\Phi}^{ТП}$ – удельные затраты на формирование техногенных георесурсов, руб./т;

$z_{ИСП}^{ТП}$ – удельные затраты на использование техногенных георесурсов, руб./т;

z_{COB}^{PEK} – удельные затраты на рекультивацию в процессе ведения добычных работ, руб./т;

$z_{ФУНК}^{ГТС}$ – удельные затраты на функционирование горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов, руб./т;

$z_{МАТ}^{ДОП}$ – удельные затраты на дополнительные материалы которые не могут быть получены в рамках горнотехнической системы при освоении запасов крутопадающего месторождения, руб./т.

Удельные затраты предлагается рассчитывать:

$$\begin{aligned} z_B^{III} &= \sum V_i \cdot U_i \cdot c_i^e; & z_B^{BC} &= \sum V_i^K \cdot M_j \cdot c_j^e; \\ z_{TP}^{BC} &= \sum V_i^K \cdot M_j \cdot c_j^{mp}; & z_{TP}^{III} &= \sum V_i \cdot U_i \cdot c_i^{TP}; \\ z_{OF}^{III} &= \sum V_i \cdot U_i \cdot c_i^{OF}; & z_{\Phi}^{ТП} &= \sum V_i^K \cdot M_j \cdot c_j^{\Phi}; \\ z_{ИСП}^{ТП} &= \sum V_i^K \cdot M_j \cdot c_j^{ИСП}; \end{aligned} \quad (4.10)$$

Обеспечение и контроль качества учитывается системой уравнений

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^k U_i(t) = U_{треб} \pm \Delta_{III}; \\ \sum_{j=1}^k M_j(t) = M_{треб} \pm \Delta_{BC}; \\ \sum_{i=1}^k V_{ij}(t) = U_i + M_j, \end{cases} \quad (4.11)$$

где U_i – содержание полезного компонента в единице i -го объема кузова транспортного средства, принятого за единичный выемочный объем при стабилизации качества рудопотока, %;

$U_{треб}$ – требуемое содержание полезного компонента в руде со стороны потребителя, %;

M_j – физико-механические свойства горных пород в единице j -го объема кузова автосамосвала, перемещаемого для формирования техногенных георесурсов;

$M_{треб}$ – требуемые прочностные и фильтрационные характеристики формируемого техногенного объекта, %;

c_{ij} – затраты на добычу, перевозку вскрышных пород и полезного ископаемого,

его обогащение, а также формирование техногенных георесурсов и их использование, сортировку и перевозку i -го и j -го выемочного объема, руб./т; $\Delta_{ПИ}$, $\Delta_{ВП}$ – допустимое отклонение от требуемых показателей качества, прочности и фильтрации, соответственно, для полезных ископаемых и вскрышных пород, %.

В качестве условия оптимальности принят минимум удельных затрат на выемку полезных ископаемых и пород вскрыши, транспортировку горной массы, управление качеством руды при ее переработке на всех этапах в расчете на единицу извлекаемого металла, формирование и использования техногенных георесурсов в расчете на 1 м^3 сформированной емкости или объекта:

Функции оптимальности содержания полезных компонентов $V_i(t)$ и технологических характеристик $V_j(t)$ в единичном объеме на каждом этапе оптимизации, представлены в виде уравнений динамики:

$$V_i(t) = \left(\frac{\sum_{i=1}^k U_i(t) \cdot i + \sum_{i=1}^k U_i(t+1)}{i(t) + i(t+1)} \right), \quad V_j(t) = \left(\frac{\sum_{j=1}^k M_j(t) \cdot j + \sum_{j=1}^k M_j(t+1)}{j(t) + j(t+1)} \right). \quad (4.12)$$

Пример алгоритма оптимизации параметров потоков рудной массы и пород вскрыши, реализованного в AnyLogic представлен на рисунке 4.10

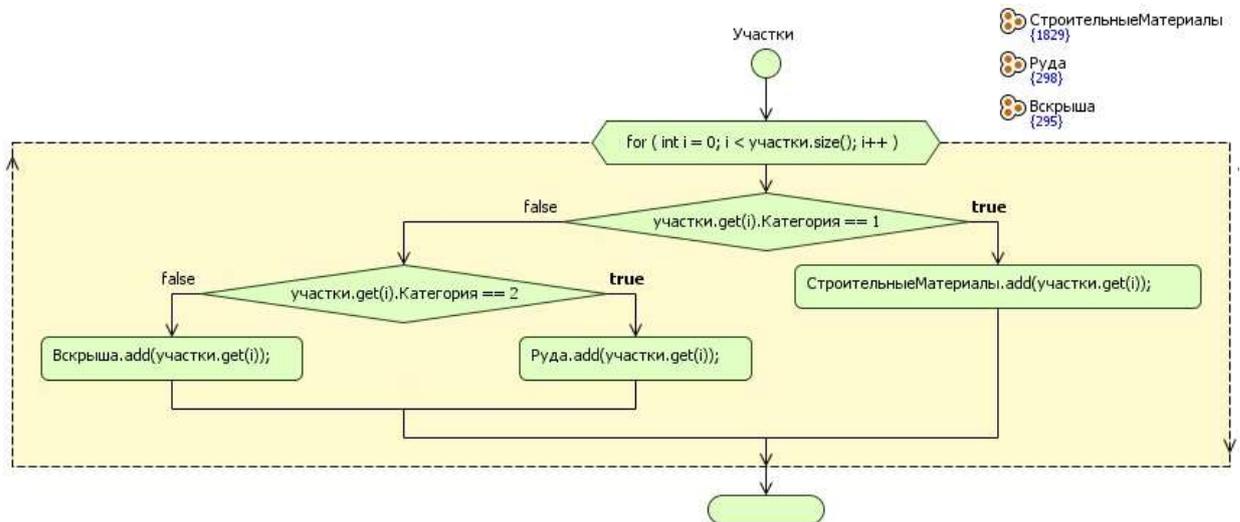


Рисунок 4.10 – Фрагмент алгоритма оптимизации потоков рудной массы и пород вскрыши при определении участка их выемки

Оптимизация потоков горной массы при ее дезинтеграции в забое и последующего упорядочения в процессе перемещения, обеспечивает заданные показатели качества полезных ископаемых и физико-механических характеристик пород вскрыши в пунктах их приема. При этом, на ряду со стабилизацией качества рудо-

потока, одновременно достигаются требуемые показатели прочностных и фильтрационных свойств вскрышных пород, используемых в качестве материалов для создания техногенных объектов. Принципиальная схема поточной стабилизации качества руды и управления характеристиками вскрышных пород базируется на использовании навигационных систем, а также повышения степени автоматизации горного производства и внедрении комплексов роботизированного горнотранспортного оборудования (рисунок 4.11). Требуемые показатели качества полезных ископаемых и физико-механических свойств пород вскрыши обеспечивается поточным управлением единичных выемочных блоков [127, 164].



Рисунок 4.11 – Принципиальная схема обеспечения поточной стабилизации качества руды и управления характеристиками пород вскрыши

С целью определения параметров потоков полезных ископаемых и вскрышных пород, обеспечивающих заданные показатели качества и физико-механических характеристик в заданной точке и момент времени в работе предложен алгоритм управления потоками горной массы при одновременной стабилизации качества руды и формировании техногенных объектов (рисунок 4.12).

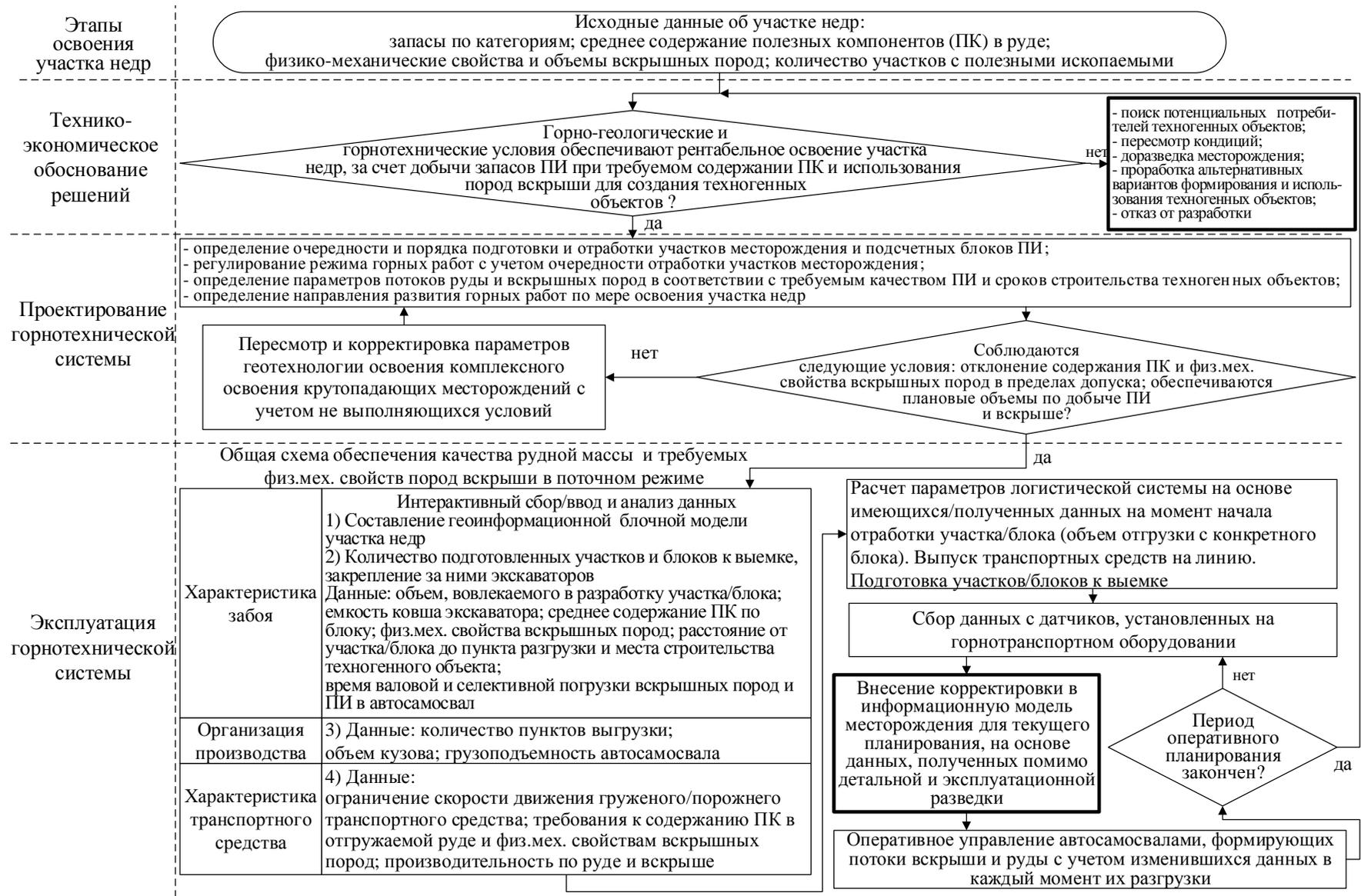


Рисунок 4.12 – Алгоритм управления потоками горной массы с целью стабилизации качества ПИ и обеспечения минимальных показателей физико-механических характеристик вскрыши при одновременной добыче руды и формировании техногенных объектов

Таким образом, управление потоками горной массы с целью одновременной стабилизации качества руды и формирования техногенных объектов с заданными потребительскими характеристиками может быть обеспечено на основе предложенной математической модели учитывающей не только изменение содержания полезных компонентов, но и физико-механических характеристик вскрышных пород в каждой точке забоя в конкретный момент времени и позволяет методом динамического программирования определить оптимальные параметры стабилизации качества рудной массы и потоков породных разностей. Условием эффективного функционирования горнотехнической системы является то, что исходные данные должны по содержанию полезных компонентов и физико-механическим свойствам пород должны поступать в условиях реального времени и обеспечивать своевременную корректировку геоинформационной модели горнотехнической системы, что обеспечивается только применением современных аппаратно-программных комплексов и систем управления горнотранспортным оборудованием. Передовые системы управления производственными комплексами позволяют проводить сбор и корректировку геоинформационной модели за счет передачи информации с датчиков каждой мобильной единицы горнотранспортного комплекса об их местоположении и характеристиках обуриваемых, экскавируемых и перевозимых пород и руд.

Снизить амплитуду отклонения качественных показателей вскрышных пород и руды, отгружаемых из забоя в конкретный момент выемки из массива экскаватором каждого ковша горной массы, а впоследствии на протяжении периода времени ее перевозки, возможно обоснованием параметров выемочно-погрузочного и транспортного оборудования [8, 14, 124, 82, 177]. При этом подбор соотношения емкости ковша экскаватора и объема кузова автосамосвала осуществляется не только исходя из экономических показателей перевозки руды и вскрышных пород, но и обеспечение поточной стабилизации качества рудопотока и требуемых физико-механических характеристик вскрышных пород. Это обуславливается тем, что дифференцирование горной массы в забое и последующее формирование потоков руды и вскрыши с заданными характеристиками в

местах приема полезных ископаемых и строительства техногенных объектов осуществляется дискретными порциями, которые характеризуются количественно-качественными показателями и целенаправленно изменяются с учетом времени и расстояния (L) их перевозки. Использование геоинформационной модели позволяет управлять количеством и объемом данных порций, что обеспечивает заданные показатели качества руды и требуемые характеристики горных пород, используемых для формирования техногенного объекта (рисунок 4.13).

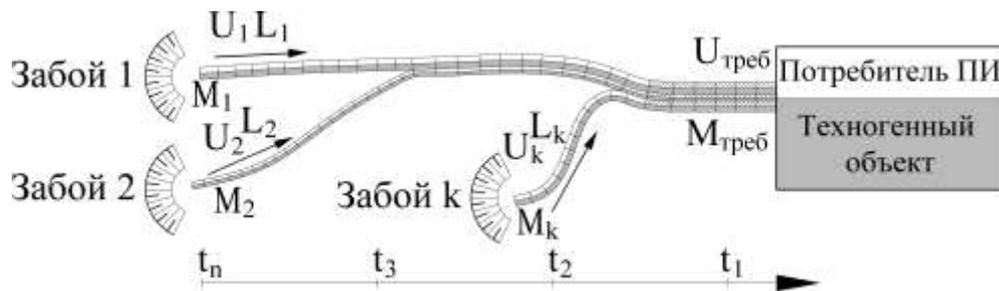


Рисунок 4.13 – Схема порционной поточной стабилизации качества руды

В работе исследовано влияние объема единичного выемочного блока от разброса содержания полезных компонентов в руде и отклонения показателей физико-механических свойств вскрышных пород при обеспечении поточной стабилизации качества рудной массы, а также прочностных и фильтрационных характеристик пород, используемых при формировании техногенных объектов. Результатом обособленной стабилизации потоков руды и вскрышных пород является обеспечение в заданном пункте их разгрузки показателей по содержанию полезных и вредных компонентов, а также физико-механических свойств с учетом допустимых отклонений, в пределах заданных объемов перевозки. При этом предусмотрено выполнение следующих условий функционирования горнотехнической системы:

- все горнотранспортное оборудование должно быть оснащено датчиками высокой точности и чувствительности, позволяющих определить содержание ПК в руде и физико-механические свойства вскрышных пород для каждого единичного выемочного объема, при условии постоянного контроля про-

странственного положения всего технологического оборудования и единичных объемов, формирующих потоки горной массы;

- программно-аппаратная часть автоматизированной системы управления в рамках горнотехнической системы в режиме реального времени должна обеспечивать контроль всех пунктов погрузки и выгрузки единичных выемочных объемом с учетом допустимых значений скорости перемещения каждого единичного объема и времени цикла экскаватора при погрузке автосамосвала;
- удельные затраты на подготовку, дифференцированную выемку, транспортировку, разгрузку (прием, укладку) единичного выемочного объема должны быть минимальными.

Исследование поточной стабилизации качества рудной массы и обеспечения заданных показателей физико-механических свойств вскрышных пород проводилось на динамической модели, графическое представление которой в общем виде сведено к отображению количества добычных участков и экскаваторных забоев на них, маршрутов перемещения автосамосвалов с учетом затрат на перевозку от каждого пункта погрузки до пункта выгрузки, а также требования к содержанию ПК в руде и физико-механических характеристикам вскрышных пород с учетом допустимых отклонений (рисунок 4.14).

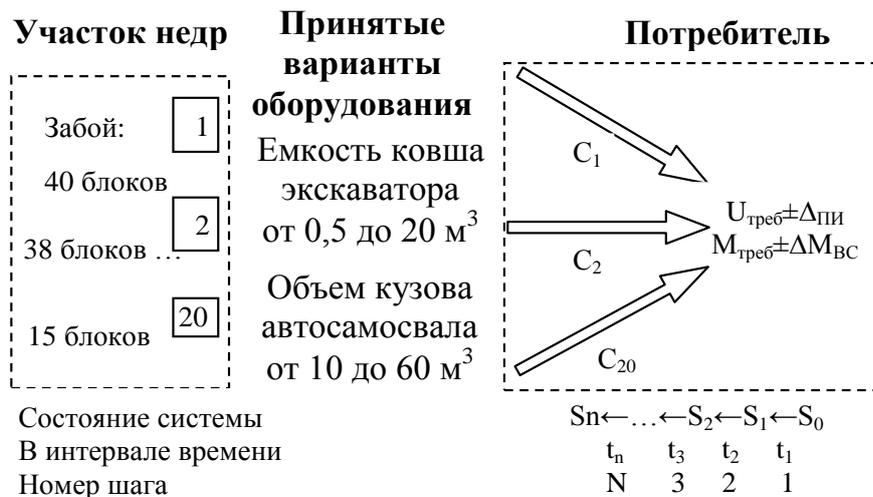


Рисунок 4.14 – Схема моделирования поточной стабилизации качества руды и физико-механических характеристик вскрышных пород методом динамического программирования

Моделирование проводилось с учетом системы ограничений, накладываемая на уравнение динамики (4.10). В качестве исходных данных принято следующее: требуемое содержание ПК в руде – $U_{треб} = 47\%$; коэффициент фильтрации вскрышных пород $M_{треб}$ не менее 0,001 м/сут., сцепление (C) – не менее 0,06МПа; угол внутреннего трения (φ)= $22^\circ \div 28^\circ$; удельный вес (γ)= $2,3 \div 2,7 \text{т/м}^3$.

В результате динамического моделирования поточной стабилизации руды и физико-механических характеристик вскрышных пород (рисунок 4.15), исходя из размера выемочного блока, соответствующего параметрам применяемого выемочно-погрузочного оборудования, на большинстве горнодобывающих предприятиях страны, были установлены следующие зависимости:

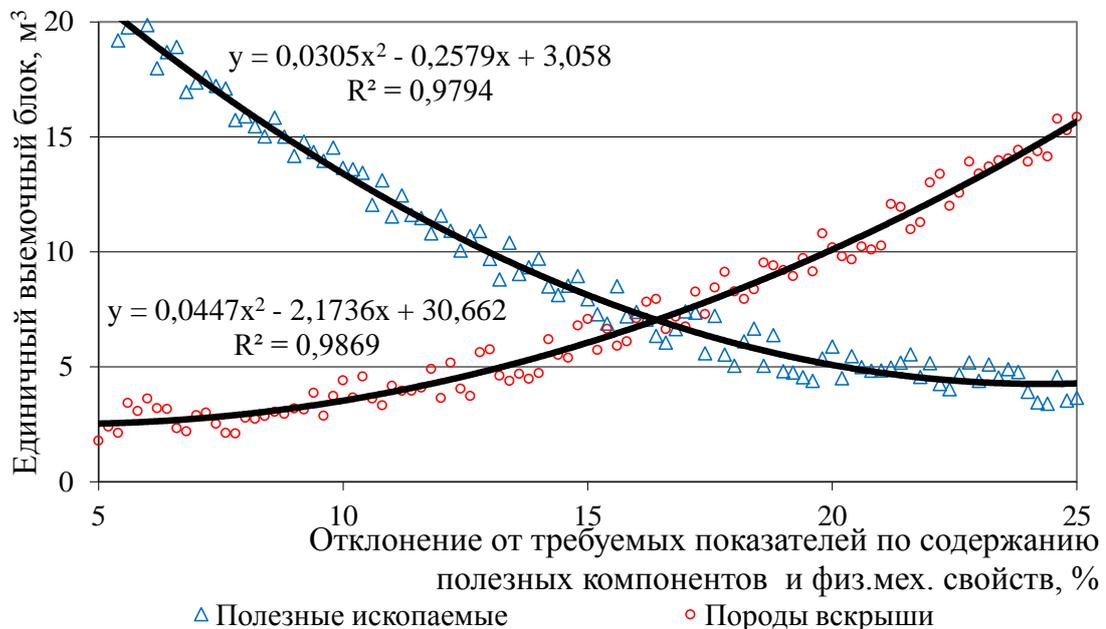


Рисунок 4.15 – Зависимость объема элементарного выемочного блока от разброса содержания полезных компонентов в забое при добыче руды и физико-механических свойств пород вскрыши при их выемке

При моделировании учитывалось, что отклонение содержания полезных компонентов в руде осуществляется в обе стороны; снижения и увеличения. При этом показатели физико-механических свойств вскрышных пород изменяются только в сторону увеличения. Это объясняется необходимостью обеспечения требований фильтрационных и прочностных характеристик в каждой точке формируемого техногенного объекта.

В результате анализа графиков, представленных на рисунке 4.14, сделан

вывод о том, что при увеличении разброса содержания полезных компонентов в забое от требуемой величины поточная стабилизация качества рудопотока может быть обеспечена уменьшением емкости ковша выемочного оборудования. Полностью противоположная ситуация наблюдается при увеличении разброса в сторону превышения требуемых значений показателей прочностных и противofiltrационных характеристик пород вскрыши, что позволяет применять выемочное оборудование с повышенной емкостью ковша для обеспечения их валовой выемки.

С целью выявления влияния количества участков/забоев и определения их минимального количества при обеспечении поточной стабилизации показателей качества рудопотока и физико-механических свойств вскрышных пород в работе, на основе разработанной динамической геоинформационной модели горно-технической системы было произведено моделирование процесса выемки, транспортировки и выгрузки дезинтегрированной в забое горной массы в пунктах приема руды и формирования техногенных объектов. Исходные данные и условия моделирования процесса поточного обеспечения заданного качества руды и вскрышных пород, поступающих с нескольких участков/забоев приняты следующие:

- количество участков/забоев – от 1 до 12;
- производительность карьера по вскрыше – от 1 до 10 млн м³ в год;
- производительность карьера по руде – от 1 до 20 млн т в год;
- отклонение содержания руды от требуемых показателей – от 3 до 25%;
- отклонение показателей физико-механических свойств вскрышных пород от требуемых значений – не менее 5%;
- объемы подготовленных запасов к выемке на каждом участке – от 1 до 150 элементарных выемочных блоков;
- объемы элементарных выемочных блоков вскрышных пород на каждом участке – до 100 шт.;
- объем кузова автосамосвала – 25 м³;
- емкость ковша экскаватора – 5 м³;

- расстояние перемещения руды – до 5 км, вскрышных пород – до 10 км;
- удельные затраты на добычу и транспортировку руды – 700 руб./т;
- удельные затраты на выемку, транспортировку и укладку вскрышных пород – 320 руб./м³.

Общий вид графического представления схемы поточной модели обеспечения заданных показателей качества рудной массы и вскрышных пород, поступающих с различного количества участков/добычных забоев показан на рисунке 4.13. В соответствии с указанными исходными данными обеспечивается взаимоувязка добычных забоев с потребителями руды и формируемыми техногенными объектами за счет своевременной подачи транспортных средств под погрузки и их последующего перемещения по имеющимся транспортным коммуникациям (рисунок 4.16).

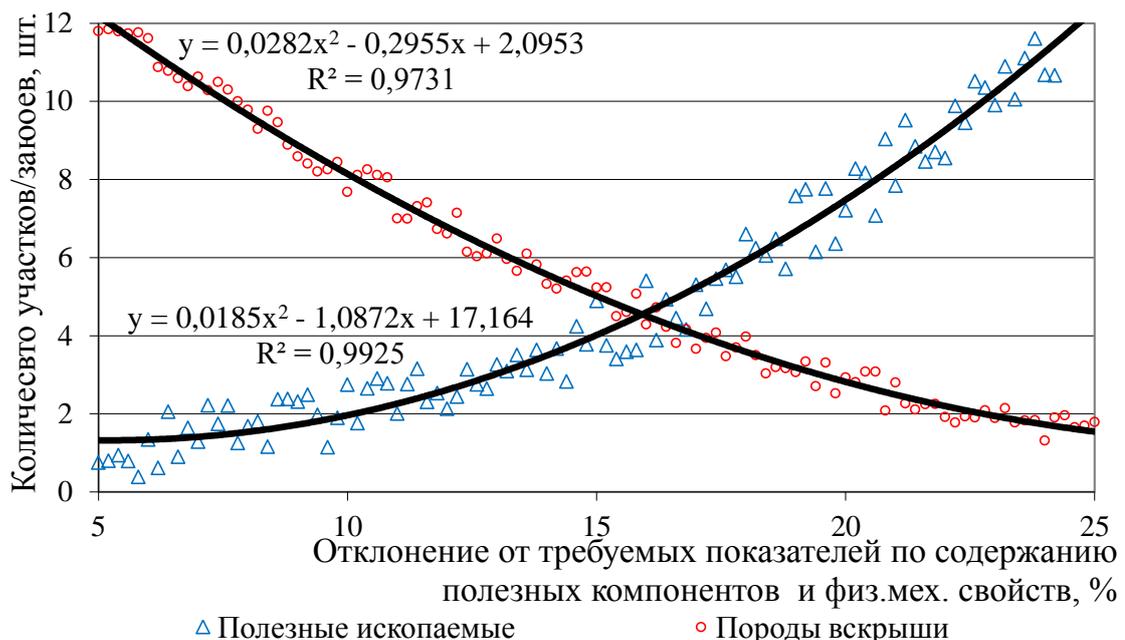


Рисунок 4.16 – Зависимость минимального количества участков/забоев необходимых для обеспечения требуемых качественных показателей руды и вскрышных пород при различной величине отклонения их фактических значений

В результате анализа графиков, представленных на рисунке 4.15, сделан вывод о том, что при увеличении разброса содержания полезных компонентов в забое от требуемой величины поточная стабилизация качества рудопотока должна быть обеспечена увеличением количества участков/забоев по выемке полезных ископаемых из массива. При этом снижение отклонения содержания руды с 25 до 5%

приводит к сокращению минимально необходимому количеству забоев от 6 до 12 раз. В тоже время, увеличение отклонения показателей физико-механических свойств вскрышных пород в том же диапазоне значений, позволяет снизить количество участков/забоев до 6 раз, что значительно сказывается на эффективности функционирования горнотехнической системы. Это объясняется тем, что отклонение от требуемых показателей по физико-механическим свойствам вскрышных пород допускается только в сторону их увеличения. В связи с этим, количество забоев требуемых для обеспечения требуемых показателей сокращается.

С целью выявления влияния годовой производительности карьера по полезному ископаемому и вскрышным породам на эффективность логистической схемы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов в рамках горнотехнической системы, проведено моделирование ее функционирования, на основе разработанной геоинформационной модели, с целью установления зависимостей удельных затрат на оптимизацию показателей качества дезинтегрированной горной массы при обеспечении поточной стабилизации качественных показателей руды и вскрыши (рисунок 4.17, рисунок 4.18). Исходные данные соответствуют данным, используемых для установления зависимостей, представленных на рисунке 4.16.

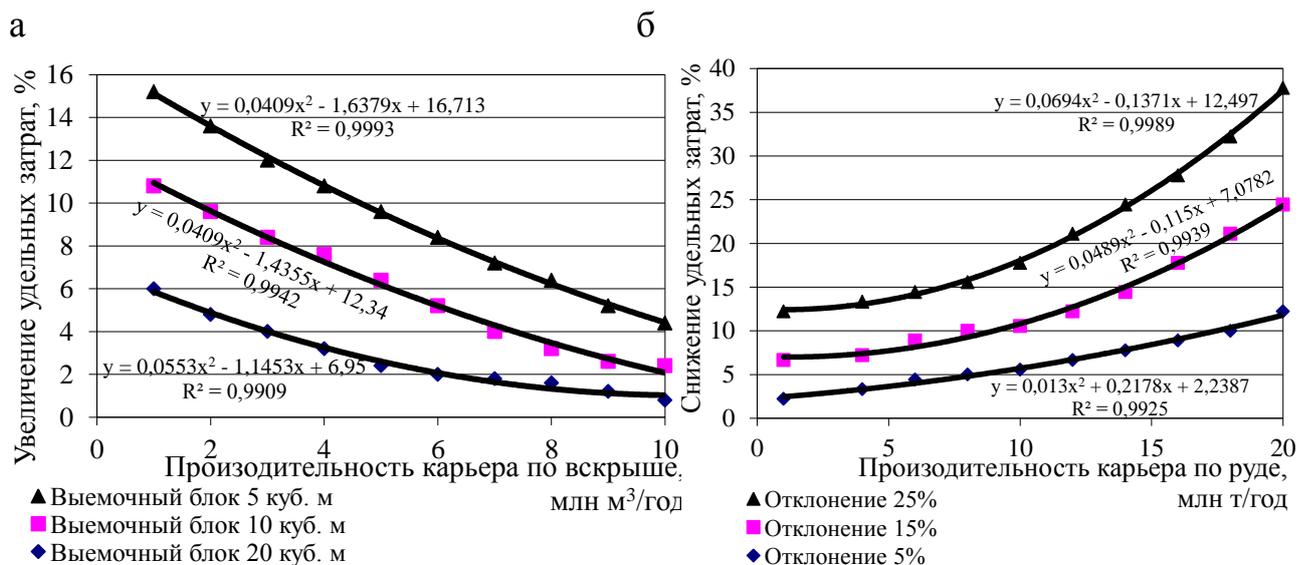


Рисунок 4.17 – Зависимость изменения удельных затрат на обеспечения требуемых качественных показателей руды (а) и вскрышных пород (б) при различной производительности карьера по горной массе, относительно традиционной технологии ведения горных работ

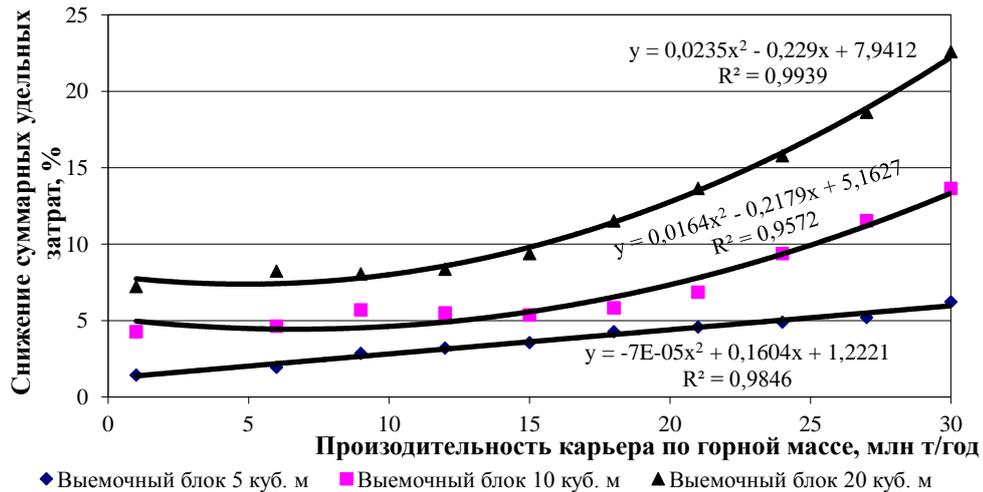


Рисунок 4.18 – Зависимость снижения суммарных удельных затрат на обеспечения требуемых качественных показателей дезинтегрированной горной массы при различной производительности карьера

Результат анализа зависимостей, представленных на рисунках 4.17 и 4.18 позволяет сделать вывод о том, что увеличение размера выемочного блока в 4 раза, как на вскрыше, так и на руде, приводит к повышению эффективности логистической схемы горнотехнической системы не менее чем на 60%. При этом, чем выше величина отклонения показателей качества рудной массы, тем выше эффективность применения логистической схемы, обеспечивающей поточную стабилизацию качества рудопотока. Так при отклонении качества руды в 2 раза предложенная логистическая схема, основанная на данных разработанной геоинформационной модели, позволяет повысить эффективность функционирования горнотехнической системы не менее чем на 50%.

Таким образом, обособленное управление потоками рудной массы и вскрыши, соответственно, обеспечивает за счет усреднения показателей единичных выемочных объемов, стабилизацию качества руды и формирование техногенных объектов с заданными технологическими характеристиками. Это достигается определением с использованием разработанной геоинформационной модели порядка и очередности выемки, погрузки, перемещения и выгрузки каждого единичного объема на интервале времени t ведения горных работ. При этом наибольший эффект комплексного освоения крутопадающих месторождений обеспечивается применением интеллектуальных технологий.

4.4 Влияние используемых интеллектуальных технологий на экономическую эффективность комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем

Стремительное развитие в современном мире компьютерных и цифровых технологий способствует с одной стороны их повсеместному внедрению, с другой стороны резкому повышению эффективности хозяйственной деятельности при удешевлении процесса производства. Касаемо горнодобывающей отрасли, следует констатировать, что интеллектуальные технологии уже успешно внедрены в производство, но они представлены в качестве локальных обособленных программных продуктов и технических средств, обеспечивающих выполнение узкоспециализированных задач. К которым в первую очередь относятся средства проектирования и планирования открытых горных работ по критериям оптимизации качества полезных ископаемых, на основе статичных данных геологической модели, а также минимизации текущего коэффициента вскрыши. Непосредственно к процессам открытых горных работ такие технологии представлены программно-аппаратными комплексами, обеспечивающими мониторинг, контроль и учет выполняемой работы всего горнотранспортного комплекса. Постоянное развитие информационных технологий и оснащение ими горных предприятий приводит к расширению спектра задач, которые постепенно переходят от функций контроля к функциям управления.

Уже сегодня совокупность информационных технологий, программно-аппаратных комплексов и технических средств позволяет в полной мере говорить о масштабной реализации на горнодобывающих предприятиях интеллектуальных технологий, которые способны в кратчайшие сроки внедрить роботизированное горнотранспортное оборудование, функционирующее на основе навигационных систем и исключающих присутствие человека в рабочей зоне карьера [201, 164, 18, 146, 134, 131].

Несмотря на кажущуюся значительную стоимость реализации интеллектуальных технологий на горнодобывающем предприятии, внедрение роботизированного горнотранспортного оборудования не сопряжено со значимыми для предприятия затратами. Это объясняется тем, что основная часть инфраструк-

туры, включающая основные элементы - технологические коммуникации и диспетчерское управление, для успешного внедрения уже созданы и эксплуатируются на предприятии, а оснащение горнотранспортного оборудования необходимыми датчиками, обеспечивающими интерактивный контроль местоположения и анализ требуемых показателей полезных ископаемых и вскрыши, по затратам не сопоставима с получаемым эффектом.

С целью оценки технико-экономических показателей функционирования горнотехнической системы с внедрением роботизированного горнотранспортного оборудования предлагается использовать укрупненные расчеты основных по общепринятой при проектировании карьеров методике, в которой дополнительно следует учитывать применение промышленных роботов в процессах открытых горных работ [7, 9]. Так, капитальные затраты на строительство горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов с применением роботизированного горнотранспортного оборудования определяется следующим образом

$$K^{ИТ} = (K_{Г.К.}^{ИТ} + K_{О.П.}^{ИТ} + K_{ВСП}^{ИТ} + K_{ГИМуАСУ}^{ИТ})a_1B_1, \quad (4.13)$$

где $K_{Г.К.}^{ИТ}$ - капитальные затраты на ГКР, с учетом формирования техногенных объектов и применения роботизированного горнотранспортного оборудования, млн руб.;

$K_{О.П.}^{ИТ}$ - капитальные затраты по каждому производственному процессу, с учетом применения роботизированного оборудования, млн. руб.;

$K_{ВСП}^{ИТ}$ - капитальные затраты на обслуживание и вспомогательные процессы, с учетом внедрения роботизированного горнотранспортного оборудования, млн руб.;

$K_{ГИМуАСУ}^{ИТ}$ - капитальные вложения на разработку и внедрение геоинформационной модели и автоматизированных систем управления, обеспечивающих функционирования роботизированного оборудования при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов млн руб.;

a_1 - коэффициент, позволяющий учесть неучтенные затраты, $a_1=1,1$;

B_1 - коэффициент, позволяющий учесть прочие затраты и работы, которые отражаются в сметно-финансовом расчете и принимается руководством.

Если на предприятии на начальном этапе строительства возникает необходимость приобретения полного комплекта роботизированной горнотранспортной техники, то капитальные вложения следует рассчитывать как

$$K_{О.П.}^{ИТ} = K_{ВС}^{ИТ} + K_{ПШ}^{ИТ}, \quad (4.14)$$

где $K_{ВС}^{ИТ}$ - капитальные затраты на выемку вскрышных пород, их транспортировку и укладку, с использованием роботизированного горнотранспортного оборудования при формировании техногенного объекта, млн руб.;

$K_{ПШ}^{ИТ}$ - капитальные затраты на добычу полезных ископаемых, поточную стабилизацию их качества при использовании роботизированного оборудования, млн руб.

В случае использования механизированного горнотранспортного оборудования с дооснащением его соответствующими датчиками и системами с целью перевода в роботизированное горнотранспортное оборудование, капитальные затраты на выполнение комплекса добычных и вскрышных работ, при котором обеспечивается поточная стабилизация качества руды и требуемых физико-механических показателей вскрыши следует рассчитывать по формулам

$$K_{ВС}^{ИТ} = k_1 K_{БВП} + k_2 K_{3.А.} + k_3 K_{Э} + k_4 K_{П} + k_5 K_{ТО} + k_6 K_{Б} + k_7 K_{ТР} \quad (4.15)$$

$$K_{ПШ}^{ИТ} = k_1^{ИТ} K_{БВП}^1 + k_2^{ИТ} K_{3.А.}^1 + k_3^{ИТ} K_{Э}^1 + k_4^{ИТ} K_{ТР}^1, \quad (4.16)$$

где $K_{БВП}, K_{БВП}^1$ - капитальные затраты на буровое оборудование, задействованного, соответственно, на вскрышных и добычных работах при комплексном освоении участка недр, млн руб.;

$K_{3.А.}, K_{3.А.}^1$ - капитальные затраты на смесительно-зарядные и зарядные машины, задействованных, соответственно, на вскрышных и добычных работах, млн руб.;

$K_{Э}, K_{П}, K_{ТО}$ - капитальные затраты, на выемочное оборудование, задействованное, соответственно, на выемки единичных блоков из массива, их перевалке и формировании техногенных объектов, млн руб.;

$K_{Б}$ - капитальные затраты на бульдозеры, млн руб.;

$K_{Э}^1$ - капитальные затраты на выемочное оборудование, задействованное на добыче руды и обеспечении поточной стабилизации ее качества, млн руб.;

K_{TP}, K_{TP}^1 - капитальные затраты на перемещение соответственно вскрыши и руды от забоя до потребителей, млн руб.;

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7$ - коэффициент, обеспечивающий учет увеличения капитальных затрат, на выполнение вскрышных работ, при дооснащении механизированной техники, соответствующими датчиками и системами с целью формирования техногенных объектов;

$k_1^{ИТ}, k_2^{ИТ}, k_3^{ИТ}, k_4^{ИТ}$ - коэффициент, обеспечивающий учет увеличения капитальных затрат, на выполнение добычных работ, при дооснащении механизированной техники, соответствующими датчиками и системами с целью обеспечения поточной стабилизации качества руды.

Суммарные годовые эксплуатационные расходы на функционирование горнотехнической системы при использовании роботизированного горнотранспортного оборудования следует определять по формуле

$$C^{ИТ} = (C_{ГКР}^{ИТ} + C_{ПОГР}^{ИТ} + C_{ВСП}^{ИТ} + C_{УП}^{ИТ} + C_{УБМПЭ}^{ИТ})a_2, \quad (4.17)$$

где $C_{ГКР}^{ИТ}$ - амортизация ГКР, выполненных с применением роботизированного горнотранспортного оборудования, млн руб.;

$C_{ПОГР}^{ИТ}$ - эксплуатационные расходы по всем процессам, связанным с использованием роботизированного горнотранспортного оборудования при обеспечении поточной стабилизации качества полезных ископаемых и формировании техногенных объектов с заданными потребительскими характеристиками, млн руб.;

$C_{ВСП}^{ИТ}$ - эксплуатационные расходы на обслуживающие и вспомогательные работы, выполнение которых осуществлялось с использованием роботизированного горнотранспортного оборудования, млн руб.;

$C_{УП}^{ИТ}$ - эксплуатационные расходы на содержание административно-управленческого и участкового персонала карьера, при использовании роботизированного горнотранспортного оборудования, млн руб.;

$C_{УБМПЭ}^{ИТ}$ - эксплуатационные расходы на обеспечении устойчивости откосов бортов карьера, целостности противотрационных экранов на техногенных объектах, млн руб.;

a_2 - коэффициент, позволяющий учесть неучтенные затраты, $a_2=1,15$.

Эксплуатационные расходы по всем процессам, связанным с использованием роботизированного горнотранспортного оборудования при обеспечении поточной стабилизации качества полезных ископаемых и формировании техногенных объектов с заданными потребительскими характеристиками, следует определять по формуле

$$C_{\text{ПОГР}}^{\text{ИТ}} = C_{\text{ЗП}}^{\text{ИТ}} + C_{\text{М}}^{\text{ИТ}} + C_{\text{А}}^{\text{ИТ}} + C_{\text{Э}}^{\text{ИТ}}, \quad (4.18)$$

где $C_{\text{ЗП}}^{\text{ИТ}}$ - эксплуатационные затраты, связанные с содержанием и оплатой труда

ремонтного персонала и горных рабочих, млн руб.;

$C_{\text{М}}^{\text{ИТ}}$ - эксплуатационные затраты на приобретение материалов и деталей, необходимых для функционирования роботизированного горнотранспортного оборудования, млн руб.;

$C_{\text{А}}^{\text{ИТ}}$ - амортизационные отчисления, млн руб.;

$C_{\text{Э}}^{\text{ИТ}}$ - эксплуатационные затраты на энергию, обеспечивающую эксплуатацию роботизированной техники, млн руб.

Внедрение интеллектуальных технологий позволяет в полной мере исключить присутствие персонала в рабочей зоне карьера, что обеспечивает значительное сокращение затрат на содержание горных рабочих при одновременном повышении качества и безопасности выполняемых работ. При этом уровень ответственности и интеллектуальных функций сотрудников горнодобывающих предприятий возрастает в значительной степени. Это обусловлено необходимостью поддержания постоянной работоспособности не только горнотранспортного оборудования, функционирующего в единой горнотехнической системе, обеспечивающей совокупное использование природных и техногенных георесурсов, но и контролем за своевременностью и адекватностью пополнения интерактивной геоинформационной ее модели. Помимо сокращения затрат на сотрудников карьера, внедрение интеллектуальных технологий позволяет осуществлять работу роботизированного горнотранспортного оборудования в оптимальном, с точки зрения нагрузочных характеристик, режиме. Это позволяет не только исключить простой оборудования за счет приближения его эксплуатационных характеристик к паспортным, но и сократить парк применяемого оборудования, а также затраты на энергию, обеспечивающую его функционирование, за счет обеспечения работы в оптимальных режимах.

Применение роботизированного горнотранспортного оборудования обеспечивает повышение эффективности функционирования горнотехнической системы при совокупном освоении природных и техногенных георесурсов за счет обеспечения высокой ритмичности работы выемочного и транспортного оборудования. Именно ритмичность и интерактивный контроль выполнения работ по выемки единичных блоков, их погрузке и перемещению по заданным маршрутам с установленной скоростью в требуемую, на данный момент времени, точку пространства позволяет выполнять поточную стабилизацию качества рудопотока и требуемых прочностных и фильтрационных характеристик создаваемых техногенных объектов.

Эффективность использования интеллектуальных технологий и принятия решений по их внедрению необходимо оценивать на основе критерия минимальных приведенных эксплуатационных и капитальных затрат на единицу извлекаемого из недр дезинтегрированного объема горной массы. При этом следует учитывать не только затраты на поточную стабилизацию качества руды и физико-механических характеристик пород вскрыши, но и затраты на непосредственное формирование техногенных объектов, использование дополнительных материалов и работ, позволяющих на пункте приема полезного ископаемого и вскрышных пород использовать их в качестве готовой продукции горнодобывающего предприятия. Кроме того, необходимо учитывать экономические риски, вызванные увеличением результирующих углов откосов борта карьера при использовании роботизированного горнотранспортного оборудования. В качестве критерия при технико-экономической оценке эффективности внедрения интеллектуальных технологий в работе предложено использовать такой показатель, как удельные приведенные удельные затраты [7].

$$Z^{IT} = C_{ПИ, y\delta}^{IT} + C_{BC, y\delta}^{IT} + E_H K^{IT} \rightarrow \min, \quad (4.19)$$

где Z^{IT} - удельные приведенные затраты на добычу полезных ископаемых, выемку, перемещение и укладку вскрышных пород при формировании техногенного объекта с использованием роботизированной техники, млн/м³;

$C_{ПИ, y\delta}^{IT}$, $C_{BC, y\delta}^{IT}$ - соответственно, удельные эксплуатационные затраты на выемку, поточную стабилизации качества полезных ископаемых и формиро-

вание требуемых потребительских характеристик формируемого с использованием пород вскрыши техногенных объектов с применением роботизированной техники, млн/м³;

E_n - коэффициент приведения нормативной эффективности капитальных вложений, следует принимать в диапазоне 0,08 – 0,15.

На основе разработанной геоинформационной модели горнотехнической системы было произведено экономическо-математическое моделирование затрат на разработку запасов крутопадающего месторождения с совокупным использованием природных и техногенных георесурсов с применением интеллектуальных технологий. В качестве исходных данных для моделирования было принято условное крутопадающее месторождение с параметрами: производительность карьера по полезному ископаемому – 5,4 млн т/год, производительность карьера по вскрыше – до 20 млн м³/год, мощность рудного тела – 20 м, предельная глубина карьера 320 м, высота строенных уступов 30 м, результирующий угол бортов – 47°, создаваемые техногенные объекты – приемные емкости для размещения отходов III класса опасности в объеме 0,5 млн т, технологические площадки и коммуникации для доработки запасов подземным способом; срок освоения участка недр – 15 лет.

В связи с тем, что сегодня не накоплен достаточный опыт эксплуатации роботизированного горнотранспортного оборудования и систем на их основе, в работе, при определении технико-экономических показателей функционирования горнотехнической системы значения величин были приняты на основе анализа затрат на использование роботизированной техники, а также автоматизированных систем применяемых на отечественных карьерах. По результатам моделирования установлена зависимость удельных приведенных затрат на разработку крутопадающего месторождения от производительности карьера по горной массе при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов с применением роботизированного и не роботизированного горнотранспортного комплекса оборудования (рисунок 4.19).

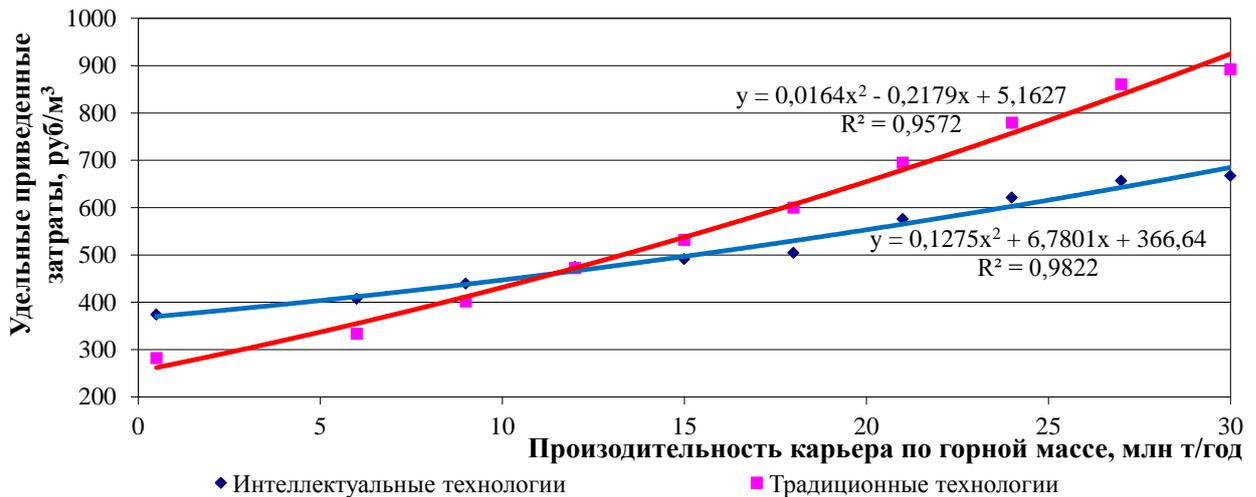


Рисунок 4.19 – Зависимость удельных приведенных затрат при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов с применением не роботизированного и роботизированного оборудования

Анализ результатов моделирования позволили сделать вывод о том, что производительность карьера по горной массе менее 12 млн т/год, для обозначенных условий, использование роботизированного горнотранспортного оборудования является экономически нецелесообразным. При этом эффективность его применения на карьерах с более высокой производительностью по сравнению с не роботизированным оборудованием увеличивается до 25%. В первую очередь это обеспечивается за счет снижения затрат на выемку и перемещение полезных ископаемых и вскрышных пород роботизированными автосамосвалами от участков/забоев до пункта выгрузки (рисунок 4.20).



Рисунок 4.20 – Зависимость снижения затрат на выемку и транспортировку горной массы при внедрении роботизированного горнотранспортного оборудования

Проведенными исследованиями, выявлено, что на обеспечение заданных потребительских и качественных характеристик формируемых техногенных ге-

ресурсов наиболее значимое влияние оказывает внедрения на горнодобывающем предприятии автоматизированных систем управления горнотранспортным оборудованием и технологическими процессами. Поэтому, полная информатизация горного производства позволяет реализовать концепцию устойчивого развития горнотехнической системы, в том числе и при эксплуатации механизированного горнотранспортного оборудования. Установлено, что применение роботизированного горнотранспортного оборудования при разработке крутопадающих месторождений при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов обеспечивает снижение удельных затрат на единицу вещества литосферы, перерабатываемого в раках горнотехнической системы.

При этом, наиболее эффективное функционирование горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов может быть обеспечено за счет начала работ по строительству карьера с применением механизированного оборудования с последующим переходом к роботизированному горнотранспортному оборудованию, как за счет полной замены действующего комплекса, так и постепенного его дооснащения. В этот период имеется возможность отладки геоинформационной модели, а также монтажа, запуска и настройки всех элементов автоматизированной системы управления горнотехнической системы, в том числе единичного роботизированного оборудования.

Таким образом, экономическая эффективность функционирования горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов достигается применением интеллектуальных технологий управления дезинтегрированными потоками горной массы, обеспечивающих поточную стабилизацию рудной массы, а также прочностные и фильтрационные показатели пород вскрыши с учетом их исходного состояния на каждом вовлеченном в разработку участке месторождения и параметров применяемого горнотранспортного оборудования.

Выводы по главе 4

1. Анализ условий обеспечения размещения промышленных отходов различного класса опасности и фазового состояния, показал, что обеспечение экологических требований по защите окружающей среды может быть достигнуто не только применением современных синтетических материалов, но и горными породами, коэффициент фильтрации которых не выше 0,001 м/сут. При разработке вновь вводимого в эксплуатацию месторождения вскрыша, как правило, представлена рыхлыми породами, удовлетворяющими указанным требованиям, объем которых значительно превышает потребность в них.

2. Разработана схема и технология формирования ограждающих дамб непосредственно в процессе ведения добычных работ для создания техногенного объекта с целью размещения промышленных отходов различного фазового состояния и годового объема поступления. При этом скальные породы вскрыши предусмотрено использовать с целью обеспечения прочностных свойств формируемых дамб, что в полной мере обеспечивает совокупное использование природных и техногенных георесурсов.

3. Систематизированы способы управления устойчивостью откосов бортов карьера и создаваемых техногенных объектов, обеспечивающие возможность значительного повышения эффективности горных работ за счет использования принципа временной устойчивости с последующим ее восстановлением до нормативных значений. Эффект достигается за счет резкого снижения объема вскрышных работ при осуществлении добычи полезных ископаемых на нижних горизонтах карьера, а также увеличении глубины карьера и запасов, обрабатываемых открытым способом.

4. Обоснованы принципиальные схемы к оценке устойчивости откоса борта карьера при восстановлении устойчивости за счет размещения в его выработанном пространстве текучих отходов. Доказана целесообразность применения способов управления устойчивостью откосов бортов карьера и создаваемых техногенных емкостей с целью размещения промышленных отходов различного агрегатного состояния, что обеспечивает устойчивое развитие горнотехнической системы не только в процессе освоения запасов месторождения, но и в период эксплуатации техногенных объектов.

5. Использование геоинформационной модели горнотехнической системы с интерактивным пополнением данных и корректировкой ее состояния по мере функционирования, обеспечивает не только поточную стабилизацию качества рудной массы в процессе ее перемещения от забоя до пункта выгрузки, но и формирование из пород вскрыши техногенных объектов с заданными потребительскими свойствами, непосредственно в процессе ведения добычных работ.

6. Разработан алгоритм управления потоками горной массы с целью стабилизации качества ПИ и обеспечения минимальных показателей физико-механических характеристик вскрыши при одновременной добыче руды и формировании техногенных объектов, использование которого совместно с динамической моделью порционной поточной стабилизации качества руды обеспечивает повышение эффективности функционирования горнотехнической системы не менее чем на 50% по сравнению с традиционным подходом к комплексному освоению месторождения.

7. Обоснована целесообразность и перспективность применения интеллектуальных технологий при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов. Кроме того, доказано, что внедрение роботизированных комплексов горнотранспортного оборудования является необходимым условием высокоэффективной реализации поточной стабилизации качества рудной массы и обеспечения требуемых физико-механических характеристик вскрышных пород, используемых при формировании техногенных объектов.

8. Доказано, что внедрение роботизированного горнотранспортного оборудования для обеспечения устойчивого развития горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов может быть осуществлено плавным переходом от механизированных комплексов горнотранспортного оборудования, за счет постепенного дооснащения имеющейся техники соответствующими датчика и техническими средствами. При этом, максимальное снижение затрат на выемку и перемещение дезинтегрированной на потоки горной массы может быть достигнуто до 40% в сравнении с традиционной технологией ведения горных работ.

5 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВОКУПНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ

5.1 Определение ценности техногенных георесурсов, формируемых в процессе освоения запасов месторождения

Целенаправленное создание техногенных объектов обуславливает формирование их ценности при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов. В зависимости от выбранного перспективного направления эксплуатации создаваемого объекта, в соответствии с определением ценности техногенного георесурса, полезным свойством или качеством будет либо полезная емкость, либо площадь технологической площадки, обеспечивающая выполнение необходимых мероприятий или размещение сооружений и технологического оборудования, либо протяженность коммуникаций, позволяющих существенно сократить затраты на доработку запасов комбинированной геотехнологией.

С учетом того, что ценность техногенных георесурсов, по своей сути является не экономическим показателем оценки стоимости создаваемых техногенных объектов, а основополагающим критерием определения общего экономического потенциала, ее расчет предлагается осуществлять обособленно для каждого перспективного направления формирования и использования техногенных объектов.

В работе предложена блок-схема алгоритма формирования ценности создаваемых техногенных объектов при освоении балансовых запасов крутопадающего месторождения с оптимизацией по максимуму совокупного эффекта от эксплуатации участка недр (рисунок 5.1) обеспечивает условия устойчивого развития горнотехнической системы на длительный период. При этом учитываются не только исходные параметры и характеристики карьерного поля, но и их целенаправленное изменение путем формирования техногенных объектов с заранее заданными потребительскими характеристиками, определяющими конечное состояние осваиваемого участка недр.



Рисунок 5.1 – Блок схема формирования ценности создаваемых техногенных объектов при освоении балансовых запасов крутопадающего месторождения

При формировании техногенного объекта в качестве приемной емкости для размещения промышленных отходов II-V класса опасности различного агрегатного состояния, а также продуктов их переработки в работе ценность данного техногенного георесурса предлагается определять по формуле

$$C_{ТГО}^{емкость} = k_D (1 - k_{II}) \cdot \sum_{t=1}^T \sum_{z=1} V_z \cdot \gamma_z \cdot C_{лз.отх} \cdot \eta_t - \Delta Z_{\Phi} - Z_P - Z_{ИСЗ} - Z_T, \quad (5.1)$$

где k_D – коэффициент дефляции, принятый на момент создания емкости;

k_{II} – доля нормативной платы, взимаемой при размещении пром. отходов на спец. площадках и полигонах;

z – вид пром. отходов и продукта их переработки;

$C_{лз.отх}$ – ставка платы за негативное воздействие при размещении 1 т z -го отхода в пределах установленных лимитов, руб.;

V_z – полезный объем техногенной емкости для размещения z -го отхода, м³;

γ_z – объемный вес отходов, т/м³;

t – дискретность моделирования ($t = 1, 2, 3, \dots, T$), год;

T – период создания и эксплуатации техногенной емкости, лет;

η_t – коэффициент дисконтирования;

ΔZ_{Φ} – разность затрат на основные процессы открытых горных работ и на формирование техногенной емкости, руб.;

Z_P – затраты на размещение промышленных отходов и продуктов их переработки в техногенной емкости, руб.;

$Z_{ИСЗ}$ – затраты создание инженерной системы защиты, руб.;

Z_T – затраты на доставку отходов от места образования до места размещения в техногенной емкости, руб.

При формировании техногенного объекта для обеспечения работ по рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами, его ценность следует определять в соответствии с формулой (5.1), с учетом того, что $k_D=1$; $k_{II}=0$; $C=1$.

При формировании техногенного объекта в качестве технологических площадок и коммуникаций, его ценность следует определять по формуле

$$C_{ТГО}^{ТПК} = \Delta Z_{ПР} + \Delta Z_P - \Delta Z_\Phi, \quad (5.2)$$

где $\Delta Z_{ПР}$ – разница затрат на строительство подземного рудника с дневной поверхностью и отработкой запасов с использованием технологических площадок и коммуникаций, целенаправленно созданных в выработанном пространстве карьера, руб.;

ΔZ_P – разница затрат на размещение промышленных отходов или иных строительных сооружений без использования технологических площадок и с их использованием, при условии целенаправленного формирования в процессе ведения добычных работ, руб.

Ведение добычных работ с обеспечением целенаправленного формирования техногенного объекта до момента начала его эксплуатации требует дополнительных материальных и финансовых ресурсов. В момент начала эксплуатации техногенной емкости или технологических площадок и коммуникаций, горнодобывающее предприятие начинает либо получать дополнительный доход, либо значительно сокращать затраты на освоение участка недр. Это необходимо учитывать на этапе проектирования горнотехнической системы при обосновании предельной глубины ведения открытых горных работ в соответствии с формулой (2.11).

В работе, на базе месторождений Уральского региона, проведено моделирование совокупного использования природных и техногенных георесурсов при разработке крутопадающего месторождения с целью выявления ценности формируемых техногенных объектов на характер динамики доходов и затрат на

комплексное освоение участка недр (рисунок 5.2). В качестве усредненных исходных данных было принято следующее:

1. Объем балансовых запасов золотосодержащей руды – 5,4 млн т;
2. Проектная мощность карьера по руде – 0,55 млн т / год;
3. Производственная мощность подземного рудника – 75 тыс. т/год;
4. Внешние потребители – промышленные предприятия:
 1. Емкость для отходов II класса опасности – 30 тыс. м³;
 2. Две емкости для отходов III класса опасности – 50 тыс. м³;
5. Проектируется месторождение с доработкой запасов подземным способом.

Рассмотренный пример предусматривает использование пород вскрыши для формирования техногенных емкостей с целью размещения в них промышленных отходов. Ввод в эксплуатацию данных емкостей осуществляется сразу после завершения их строительства. По мере постановки борта карьера в проектный контур в предлагаемом варианте предусматривается формирование технологических площадок в виде отдельных горизонтальных вставок размером 35×70 м, а также уширенной до 15 м бермы на отметке, соответствующей половине глубины карьера для вскрытия запасов подземным способом.

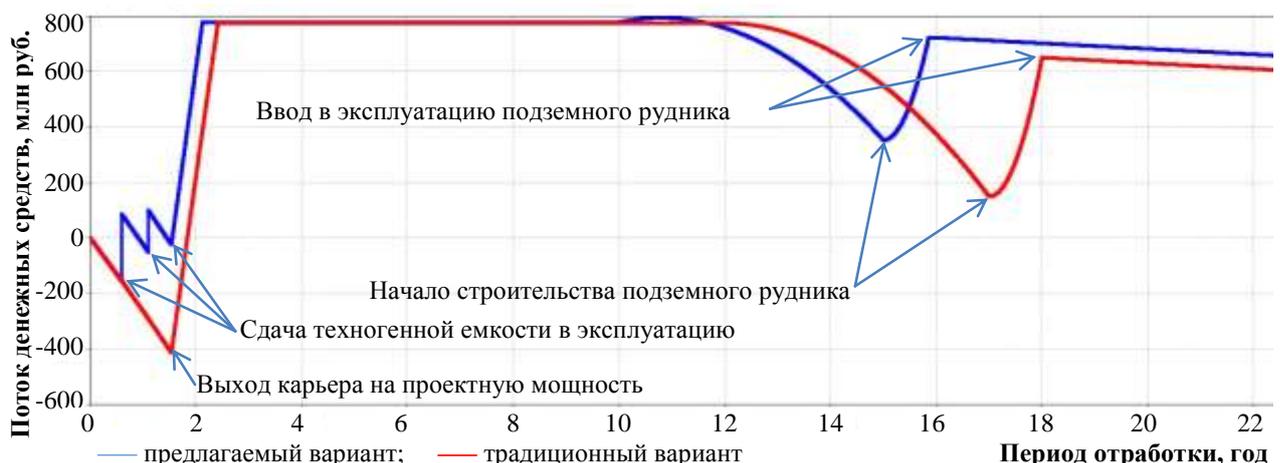


Рисунок 5.2 – Сравнение зависимостей доходов и затрат при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов

В результате моделирования совокупного использования природных и техногенных георесурсов обеспечивается:

1. Сокращение затрат на строительство карьера – на 38%;

2. Сокращение срока строительства карьера – на 5%;
3. Сокращение затрат на строительство подземного рудника – на 27%;
4. Сокращение срока строительства подземного рудника – на 25%;
5. Созданные техногенные объекты – полигон для размещения промышленных отходов II и III классов опасности.

В рамках проведенного моделирования дополнительно исследовалось изменение ценности формируемых техногенных объектов на протяжении всего срока их создания (рисунок 5.3).

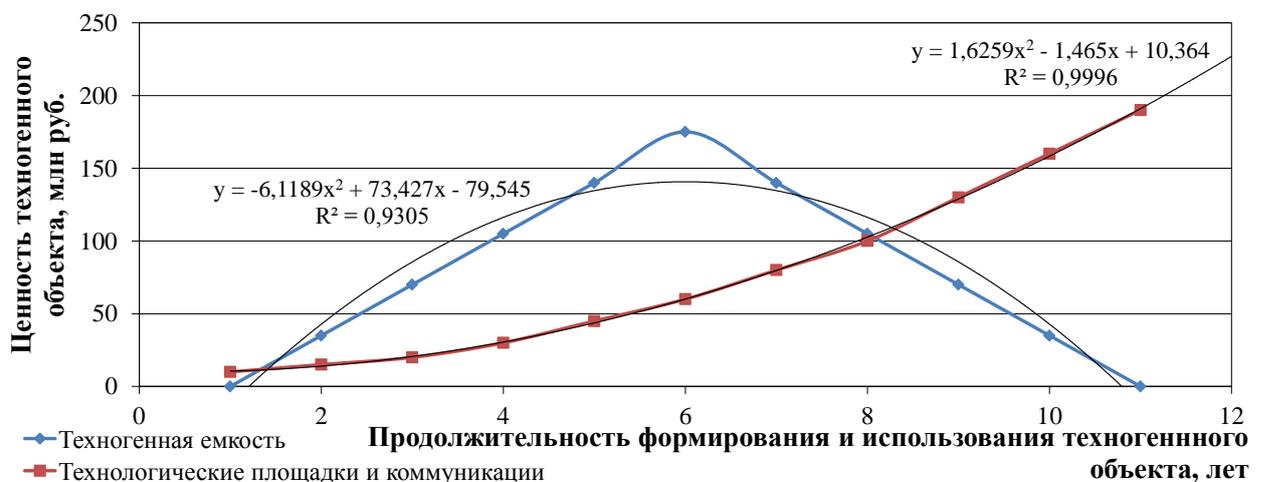


Рисунок 5.3 – Изменение ценности техногенных объектов по мере их формирования и использования

Из анализа зависимостей, представленных на рисунке 5.2 можно сделать вывод о том, что ценность техногенной емкости имеет монотонный возрастающее-убывающий характер, определяющийся интенсивностью ее формирования и использования. Рост потенциальной ценности происходит в период строительства техногенного объекта, а максимальное ее значение – на момент сдачи в эксплуатацию. При этом ценность технологических площадок и коммуникаций имеет восходящий характер и количественно увеличивается по мере формирования и использования.

Учет объема вскрышных пород, задействованных при формировании техногенных объектов в процессе совокупного использования природных и техногенных георесурсов в соответствии с системой целевых функций (2.8 и 2.11), с также системы ограничений (2.16) при моделировании комплексного освоения участка недр для условий рассматриваемого примера позволил установить за-

висимость коэффициента эффективности использования техногенных георесурсов (рисунок 5.4). В качестве дополнительного условия при этом принято то, что в процессе отработки запасов открытым способом осуществляется формирование выработанного пространства карьера для последующего размещения текущих отходов, используемых в качестве рекультиванта.

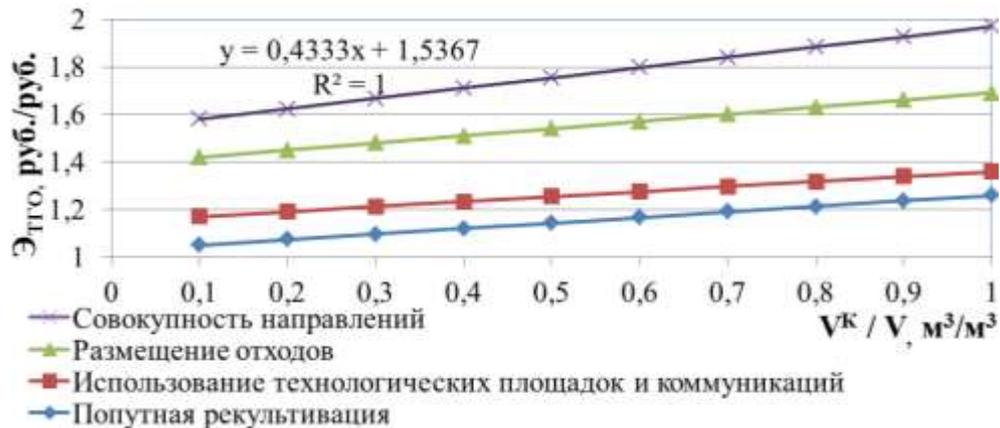


Рисунок 5.4 – Зависимость коэффициента эффективности использования техногенного объекта ($\mathcal{E}_{\text{ТГО}}$) от удельного объема пород вскрыши, задействованных на его формирование

Установлено, что выбранные направления совокупного использования природных и техногенных георесурсов обеспечивают устойчивое развитие горнотехнических систем и рост эффективности комплексного освоения участка недр: попутной рекультивацией – не менее 10%; формированием технологических площадок и коммуникаций – 20%; размещением отходов – более 40%.

Таким образом, целенаправленное создание техногенных объектов с заданными потребительскими характеристиками при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов обеспечивает устойчивое развитие горнотехнической системы за счет формирования и увеличения их ценности. Переход ценности техногенных объектов в реальную стоимость осуществляется в момент ввода их в эксплуатацию в виде добавленной стоимости конкретных техногенных георесурсов, являющихся самостоятельной продукцией, непосредственно не связанной с добычей полезных ископаемых. При этом объемы вскрышных пород, задействованных на создание техногенных объектов обеспечивают интенсификацию вскрышных работ на данных участках, это необходимо учитывать при осуществлении планирования и регулирования режима горных работ.

5.2 Взаимосвязь совокупного использования природных и техногенных георесурсов с режимом горных работ

Совокупное использование природных и техногенных георесурсов предусматривает корректировку подхода к освоению участка недр, в части определения очередности и порядка производства горных работ. В отличие от действующей сегодня концепции, подразумевающей – следование за залежью полезных ископаемых, с целью максимального извлечения запасов при достижении минимальных затрат на выполнение вскрышных работ, в рамках предлагаемого подхода вскрышные работы рассматриваются как неотъемлемая часть формирования продукции горнодобывающего предприятия, не связанной с добычей полезных ископаемых. Именно целенаправленное использование пород вскрыши и формирование с их использованием техногенных объектов в процессе разработки крутопадающего месторождения обеспечивает устойчивое развитие горнотехнической системы.

Таким образом, происходит расширение функциональности горных работ, в части разделения вскрышных работ на непосредственно вскрышные работы и обеспечивающие строительство техногенных объектов. При этом сами параметры горных работ не подлежат изменению по сравнению с применяемым сегодня подходом, однако, на этапе проектирования их значения, с учетом необходимости корректировки распределения объемов вскрышных и добычных работ с целью не только обеспечения подготовленных, вскрытых и готовых к выемке запасов, но и строительства техногенных объектов. В этом случае основными показателями, определяющие эффективность ведения горных работ являются объемы вскрышных и добычных работ, а точнее их распределение во времени при освоении запасов крутопадающего месторождения. В связи с этим, расширяется понятие [158] *режима горных работ*, под которым следует понимать *обоснованно установленную во времени очередность выполнения объемов вскрышных и добычных работ, которая обеспечивает планомерное, своевременное, безопасное и экономически эффективное освоение участка недр за весь срок ведения горных работ.*

Поскольку регулирование режима горных работ сводится к календарному распределению объемов вскрышных и добычных работ, при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов методологический подход принципиально не меняется, происходит деление объемов вскрышных пород по показателям физико-механических свойств с целью их первоочередного применения при создании техногенных объектов с заданными потребительскими свойствами. Схема к регулированию режима горных работ при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов представлена на рисунке 5.4.



1 – объем полезных ископаемых 2 – объем вскрышных пород, используемых на формирование техногенных георесурсов

Рисунок 5.4 – Схема предлагаемого подхода к обоснованию режима горных работ открытой геотехнологии при комплексном освоении крутопадающего месторождения

В работе, выявление участков с требуемыми характеристиками горных пород осуществляется с использованием предложенной геоинформационной модели, в которой на основе критериев оптимальности показателей качества полезных ископаемых и физико-механических характеристик пород вскрыши, а также затрат на выполнение добычных, вскрышных и вспомогательных работ с целью формирования техногенных объектов производятся вычисления количественных показателей горных работ, обеспечивающих экономически эффективное освоение участка недр в результате устойчивого функционирования горнотехнической системы. Схема к определению очередности выемки горной массы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов

представлена на рисунке 5.5.

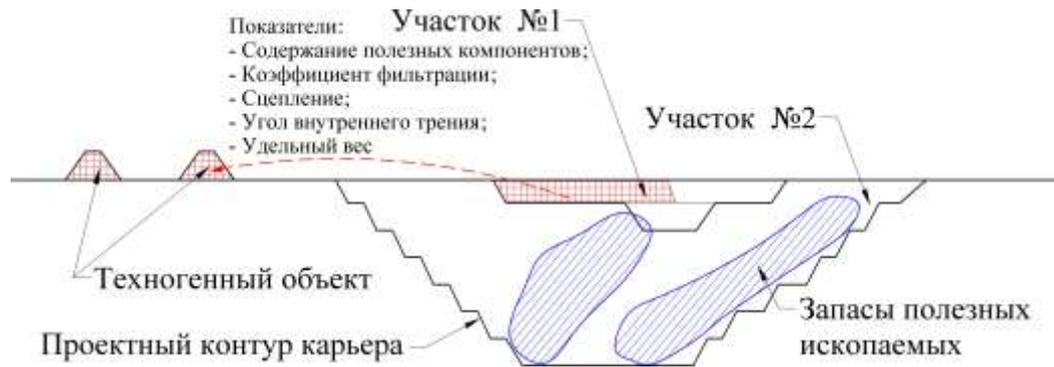


Рисунок 5.5 – Схематическое изображение мест заложения строительства карьера и очередности отработки участков месторождения

Определение календарных объемов вскрышных и добычных работ с учетом полного или частичного использования первых для формирования техногенных объектов при наличии современных интегрированных систем проектирования по своей сути сводится к определению геометрических размеров участков карьерного поля и конфигурации предельного контура карьера. То есть в границах участка недр, заключенного между топографической поверхностью местности и проектным контуром карьера. При этом, данные о физико-механических характеристиках горных пород всего карьерного поля и показателях качества полезных ископаемых, задолженные в разработанную геоинформационную модель участвуют в решении оптимизационной задачи. В качестве критерия оптимальности выступает коэффициент эффективности использования техногенного ресурса ($\mathcal{E}_{ТГР}$), а затраты на его формирование определяются с учетом наличия в необходимом количестве горных пород с набором свойств, обеспечивающих формирование заданных потребительских характеристик каждого создаваемого техногенного объекта, а также приоритета ввода его в эксплуатацию. При этом скорейший выход карьера на проектную мощность является основным из условий модели.

Поскольку ввод в эксплуатацию техногенного объекта обеспечивает поступление финансовых ресурсов или их сокращение в процессе ведения горных работ, затраты на их формирование в период строительства могут превышать затраты на обеспечение объемов готовых к выемке запасов. Увеличение затрат

носит временный характер и потребность в дополнительном парке горнотранспортного оборудования может быть восполнена аутсорсингом, без приобретения горного оборудования. В разработанной геоинформационной модели оценивается общая эффективность освоения участка недр. При этом такие параметры горнотехнической системы, как глубина карьера, результирующий и рабочий угол борта карьера, многофункциональная схема вскрытия, скорость понижения горных работ пересматриваются автоматически и комплексно в пределах установленных ограничений по физико-механическим характеристикам горных пород, применяемого горнотранспортного оборудования, наличии потребителей техногенных объектов. В результате определения оптимальных параметров режима горных работ строится календарный график горных работ.

Для примера, рассмотренного в параграфе 5.1, построен календарный график горных работ, представленный на рисунке 5.6. При регулировании режима горных работ была учтена не только производственная мощность карьера по полезному ископаемому, но вид создаваемого техногенного объекта, его потребительские характеристики и сроки формирования, а также физико-механические свойства породных разностей и размещаемых промышленных отходов.

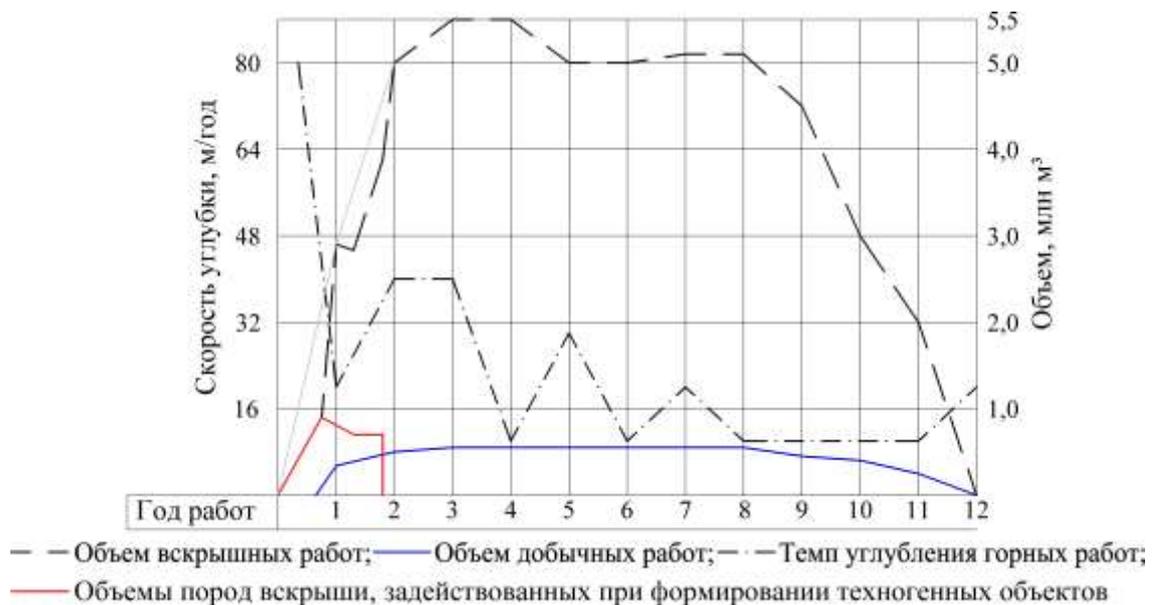


Рисунок 5.6 – Календарный график горных работ при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов

В результате моделирования горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов, на рассмотренном при-

мере, установлено, что извлекаемые горные породы, задействованные для создания техногенных емкостей обеспечивают повышение объема использования вскрышных пород более чем на 25% при размещении промышленных отходов II-III класса опасности. За счет опережающей выемки вскрышных пород в период строительства карьера объем подготовленных к выемке запасов составляет более 10%.

Таким образом, определенная на основе разработанной геоинформационной модели горнотехнической системы последовательность и очередность отработки участков карьерного, обеспечивающая вовлечение в разработку пород с требуемыми физико-механическими свойствами для создания техногенных объектов с заданными потребительскими свойствами достигается регулированием режима горных работ. При этом в календарном графике отображаются объемы вскрышных пород, дезинтегрированных по мере выемки из забоя по прочностным и фильтрационным показателям и перемещаемых от него до формируемого техногенного объекта установленными порциями, что обеспечивает создание требуемой его структуры в пределах проектного контура. Увеличение производительности карьера по вскрыше и связанные с этим затраты компенсируются возможностью ввода в эксплуатацию техногенных объектов до момента начала добычи полезных ископаемых. При этом конструкционные параметры и структура техногенного объекта определяется на этапе проектирования с учетом потребности в нем и его сроков сдачи в работу. Обособленная отработка карьерного поля в первоначальный период разработки месторождения, после выхода карьера на проектную мощность обеспечивает увеличение объемов подготовленных к выемке запасов не менее чем на 10%. При этом, эффективность выполнения горных работ обеспечивается обоснованием параметров геотехнологии при совокупного использования природных и техногенных георесурсов с применением как механизированного, так и роботизированного горнотранспортного оборудования.

5.3 Методика обоснования параметров совокупного использования природных и техногенных георесурсов при применении механизированной и роботизированной геотехнологии

Комплексное освоение участка недр Земли предполагает целенаправленное формирование непосредственно в процессе добычи техногенных георесурсов с данными потребительскими свойствами. При этом на этапе проектирования горнотехнической системы производится обоснование параметров всех конструкций, обеспечивающих ее устойчивое развитие. Комплексное и динамическое определение конструктивных и технологических параметров горнотехнических сооружений, которые обеспечивают планомерную добычу полезных ископаемых с заданной производительностью при попутном формировании техногенных объектов, которые, в свою очередь определяют эффективность использования всех видов ресурсов и комплексность освоения участка недр. Это происходит по причине того, что по мере выемки из забоя, транспортировки и целенаправленной укладки вскрышных пород в соответствии с реализацией выбранного направления формирования техногенных объектов обеспечивается не только повышение полноты использования вещества литосферы, но и улучшение экономических показателей функционирования горнодобывающего предприятия, в том числе при использовании роботизированных комплексов. Именно это является отличительной особенностью предлагаемого подхода к проектированию горнотехнической системы, поскольку традиционные методики базируются на определении экономически оптимальных параметров карьеров и отвалов, обеспечивающих максимум дохода от реализации на рынке исключительно полезных ископаемых, при минимальных затратах на их добычу [120, 91]. При этом фактически игнорируются или косвенно оцениваются затраты на рекультивацию земель, нарушенных горными работами. Это приводит к тому, что сформированные по завершению горных работ отвалы и выработанное пространство карьеров, на этапе их ликвидации и рекультивации требуют значительных объемов работ и затрат до 30% от затрат на разработку месторождения, что не позволяет в полной мере говорить о комплексном осво-

ении участка недр.

Таким образом, методика обоснования параметров совокупного использования природных и техногенных георесурсов при применении механизированной и роботизированной геотехнологии заключается в следующем условном блокам:

1. Сбор и анализ данных о гидрогеологических характеристиках месторождения, его географическом местоположении, наличии инфраструктуры и близлежащих промышленных предприятиях, потенциальных источников отходов производств;
2. Определение направления использования техногенных георесурсов с учетом потребностей в приемных емкостях, комбинированной разработке месторождения и необходимости преобразование прилегающего ландшафта.
3. Разработка геоинформационной модели, выявление и фиксирование в ней требуемых показателей производственной мощности карьера по полезному ископаемому, комплексов применяемого горнотранспортного оборудования, а также потребительских свойств техногенных объектов и сроков ввода их в эксплуатацию;
4. Определение параметров открытой геотехнологии и обеспечение их достижения в процессе эксплуатации в соответствии с установленными значениями.

Основными конструктивными параметрами открытой геотехнологии, оказывающими влияние на эффективность разработки месторождения являются глубина карьера, его размеры в плане и результирующие углы его откосов. При этом, достижение в процессе эксплуатации горнотехнической системы проектных контуров каждой горной конструкции обеспечивается технологическими параметрами, основными из которых является угол рабочего борта и параметры элементов системы разработки. В свою очередь, предлагаемая многофункциональная схема вскрытия с одной стороны, при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов, определяет одновременно конструктивные

и технологические параметры карьера.

С целью обоснования параметров открытой геотехнологии при комплексном освоении природных и техногенных георесурсов, разработаны методические принципы их определения с учетом выбранного направления использования техногенных объектов (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Методические принципы определения параметров открытой геотехнологии при комплексном освоении природных и техногенных георесурсов

Параметр	Метод расчета	Примечание
Глубина карьера на основе коэффициента горной массы	$M_K^K = M_{zp}^K$ $M_{zp}^K = \frac{C_{II} - 3_{III}^y + J^y}{3^y}$	M_K^K, M_{zp}^K – соответственно контурный и граничный коэффициент горной массы, м ³ /м ³ ; C_{II} – максимально допустимая себестоимость добычи полезных ископаемых, руб./м ³ ; 3_{III}^y – удельные затраты на добычные работы, руб./м ³ ; $J^y, 3^y$ – соответственно удельный доход и затраты при комплексном освоении участка недр, руб./м ³
Угол откоса рабочего борта карьера	$tg\varphi_{PB} = \frac{H}{\sum(Ш_{BC} + Ш_{III}) + \sum h_y ctg\alpha_y^p}$	H – глубина карьера, м; h_y – высота уступа, м; α_y^p, α_y^H – соответственно угол откоса рабочего и нерабочего уступа при использовании роботизированного оборудования, град; $Ш_{BC}, Ш_{III}$ – соответственно минимальная ширина рабочей площадки на вскрышном и добычном горизонте, м;
Угол откоса нерабочего борта карьера	$tg\varphi_{HB} = \frac{H}{\sum(B_{БП} + B_{ТПК}) + \sum h_y ctg\alpha_y^H}$	$В_{БП}, В_{ТПК}$ – соответственно ширина бермы безопасности и технологических площадок и коммуникаций, м
Многофункциональная система вскрытия	$i_p^{kan} = \frac{h_y}{L_{сектор}}$ $i_p^{kp} \leq tg\varphi_{HB} + (2 \div 5^\circ)$	Применение петлевых форм трасс. i_p^{kan} – уклон капитальной траншеи, %; i_p^{kp} – уклон крутой траншеи, град
Режим горных работ	$V_{III} = P;$ $V_{BC} = V^{II3} - V^K;$	V^{II3} – объем вскрышных работ, обеспечивающий требуемый объем подготовленных в выемке запасов, м ³

При совокупном использовании природных и техногенных георесурсов применение классических методов определения глубины карьера не представляется возможным в первую очередь с технической точки зрения. Это объясняется тем, что для достижения целей и параметров горнотехнической системы необхо-

дима взаимоувязка и обработка всех технологических процессов по добыче полезных ископаемых и формированию техногенных объектов, при условии, фактически, постоянной неопределенности показателей вовлекаемых в разработку горных пород. Что, кроме того, требует статистическую обработку полученной информации в результате геологического опробования, технологических испытаний проб горных пород, выявления присутствующих трендов, исключение вырожденных значений. То есть проектирование, по сути, осуществляется в динамическом режиме с использованием современных интегрированных систем, основанных на блочной геологической модели. При этом, предлагаемый подход предполагает представление в блочном виде не только запасов месторождения и остальных пород в пределах карьерного поля, а также проектируемых техногенных объектов. Глубина карьера в этом случае определяется на основе экономических критериев представленных в параграфе 2.4, с учетом системы ограничений технического и технологического характера, а также требований промышленной и экологической безопасности.

На этапе проектирования горнотехнической системы параметры определяются методом динамического моделирования, при котором выемка элементарного блока, его перемещение и укладка считается конечным состоянием системы на данном шаге моделирования и производится проверка ее оптимальности. В случае достижения оптимума параметры открытой геотехнологии считаются определенными, в противном случае, производится дальнейшее моделирование.

На этапе эксплуатации горнотехнической системы производится постоянный мониторинг фактического состояния и характеристик горных пород и осуществляется интерактивная корректировка геоинформационной модели, а в случае необходимости - изменение технологических и конструктивных параметров.

Определение параметров горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов осуществляется на основе определения и управления дифференцированными по назначению объемам вскрышных пород и полезных ископаемых. При этом предельная глубины карьера определяется на основе коэффициента горной массы, согласно данным параграфа 2.4. В качестве иллюстрации следует привести схематическое изображение

сечения трехмерную модель карьера с расчетными горизонтами и единичными выемочными блоками на рисунке 5.7.

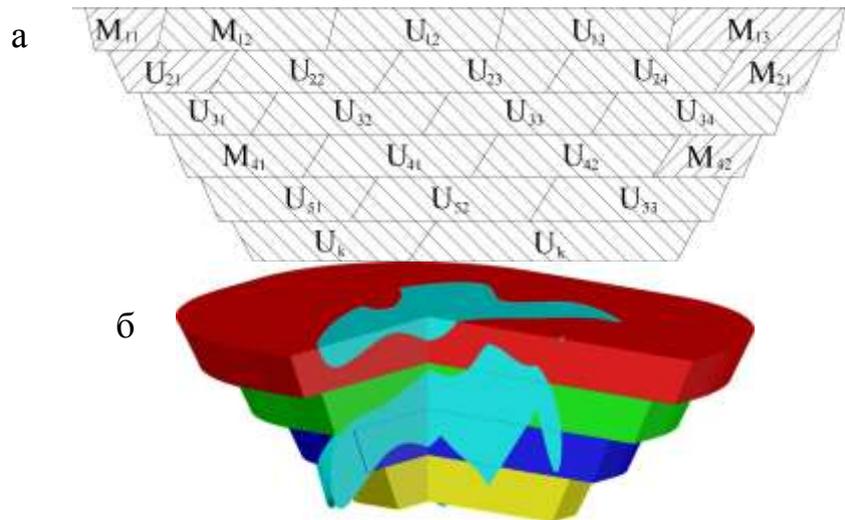


Рисунок 5.7 – Поперечное сечение (а) и трехмерная модель (б) карьера в структуре геоинформационной модели

Геоинформационная модель производит оптимизацию проектируемого контура карьера по экономическому критерию с учетом показателей качества руды и физико-механических характеристик вскрышных пород в каждом блоке. При этом оптимизация предельного контура карьера и отдельных участков выполняется по алгоритму Лерча-Гроссмана. Данный алгоритм основан на «плавающем конусе» и позволяет получить максимальный экономический эффект от совокупного использования природных и техногенных георесурсов с использованием комплексов механизированного или роботизированного горнотранспортного оборудования. Основное преимущество данного алгоритма заключается в оптимизации параметров горнотехнической системы, как с использованием экономического критерия, так и показателей качества полезных ископаемых и физико-механических свойств пород вскрыши при заданном их объеме извлечения на каждом этапе моделирования.

С целью определения рациональных эксплуатационных параметров горнотехнической системы необходимо использовать современное оборудование, обеспечивающее высокоточный и интерактивный анализ горных пород, сканирование состояния горных работ и позиционирования всего горнотранспортного

оборудования в карьере. Это обеспечивает максимальную точность исходных данных для проектирования, что приводит к наиболее рациональной отработке запасов месторождения и повышению эффективности горнодобывающего предприятия.

При совокупном использовании природных и техногенных георесурсов технологические параметры определяются не только при производстве горных работ в контуре карьера, но и при создании техногенных объектов. В частности производится расчет минимальных размеров участков выемки, количества и параметров зон разгрузки и скорости продвижения фронта работ. Что напрямую влияет на экономическую эффективность функционирования горнотехнической системы.

Практическим отечественным опытом доказано, что фактическая себестоимость ведения добычных работ, на прямую не зависит от величины среднего и контурного коэффициентов вскрыши, а основе влияние оказывает эксплуатационный коэффициент вскрыши [212, 223, 219]. Величина эксплуатационного коэффициента вскрыши зависит от применяемого горнотранспортного оборудования, использование которого в свою очередь определяет угол откоса рабочего борта. В работе для условий представленных в параграфе 5.1 проведено моделирование изменения положения рабочего угла откоса по мере понижения горных работ для условий использования комплексов механизированного и роботизированного горнотранспортного оборудования при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов в соответствии с данными представленными в параграфе 3.3, результаты представлены на рисунке 5.8.

На графике рисунка 5,8 нанесены кривые, которые характеризуют крайние положения работы карьера. Одна линия – $\alpha_0=0^\circ$ соответствует углу откоса рабочего борта при работе карьера с максимальными рабочими площадками, две другие - α_p , α'_p и α_m , α'_m – с минимальными рабочими площадками с применением, соответственно, комплексов роботизированного и механизированного горнотранспортного оборудования при традиционном и совокупном использовании природных и техногенных георесурсов.

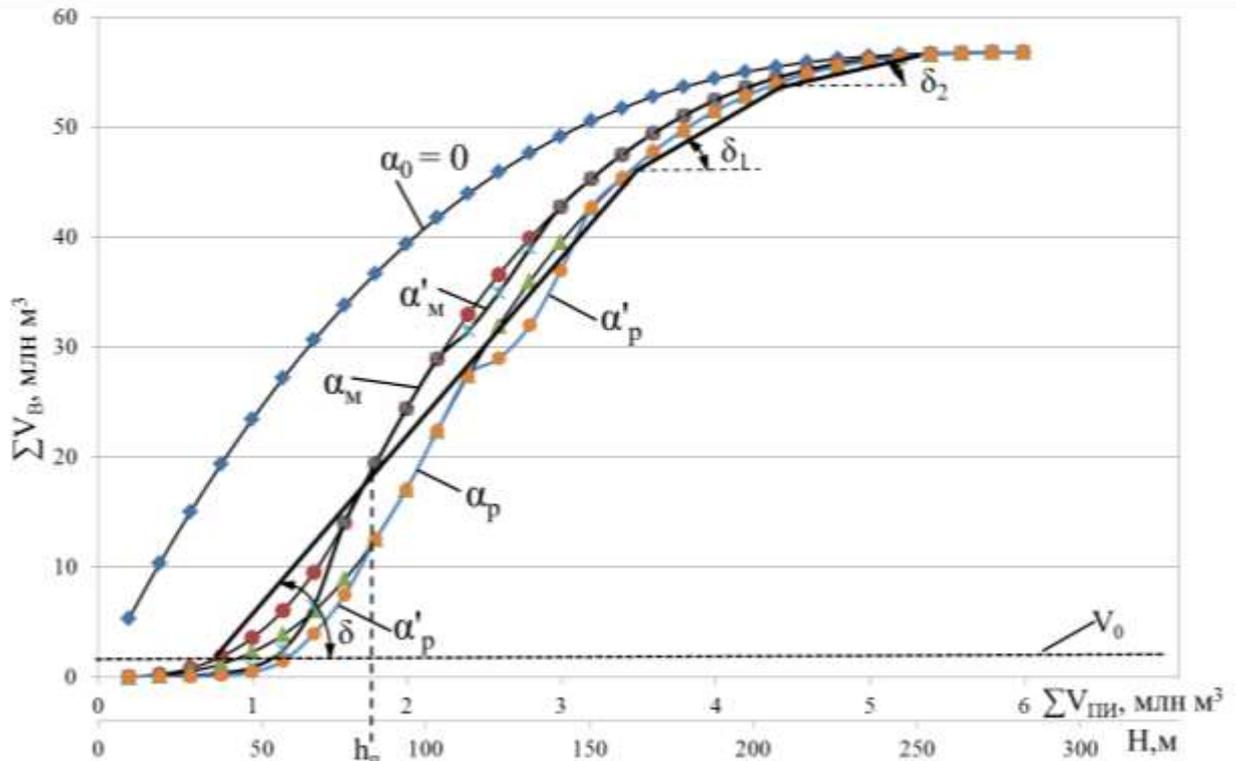


Рисунок 5.8 – Кумулятивные кривые объемов пород вскрыши и объемов добычи руды, при различных значениях углов откосов рабочего борта карьера: с использованием роботизированного и механизированного горнотранспортного оборудования: h_n – эффективная глубина перехода на использование роботизированной техники, м; V_0 – объем ГКР, м^3 ; δ – линия, характеризующая эксплуатационный коэффициент вскрыши, который равен тангенсу угла ее наклона

Представленный на рисунке 5.8, календарный график, на практике используется для обоснования рационального эксплуатационного коэффициента вскрыши на расчетный период работы карьера. Для этого линию вдоль кривой с углом рабочего борта $\alpha \rightarrow \text{тах}$ отстраивают прямые линии, тангенс угла которых характеризует эксплуатационный коэффициент вскрыши. Линии строятся таким образом, чтобы кривая, соответствующая минимальной ширине рабочей площадки находилась ниже них [219].

Выполненный анализ систем разработки, технологических схем формирования техногенных георесурсов с учетом применяемых комплексов горнотранспортной техники позволяет сделать вывод о том, что при использовании механизированного оборудования на карьерах угол откоса рабочего борта (рисунок 5.9) изменяется в диапазоне от 13° до 25° , а роботизированного – на $4-7^\circ$ круче. Данный параметр определяется на основании формулы предложенной

академиком В.В. Ржевским [158].

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{H}{\Sigma D + \Sigma h_y \cdot \operatorname{ctg} \alpha_y} \quad (5.1)$$

где H – глубина карьера на рассматриваемый период, м;

h_y – высота уступа, м;

α_y – рабочий угол уступа, град.

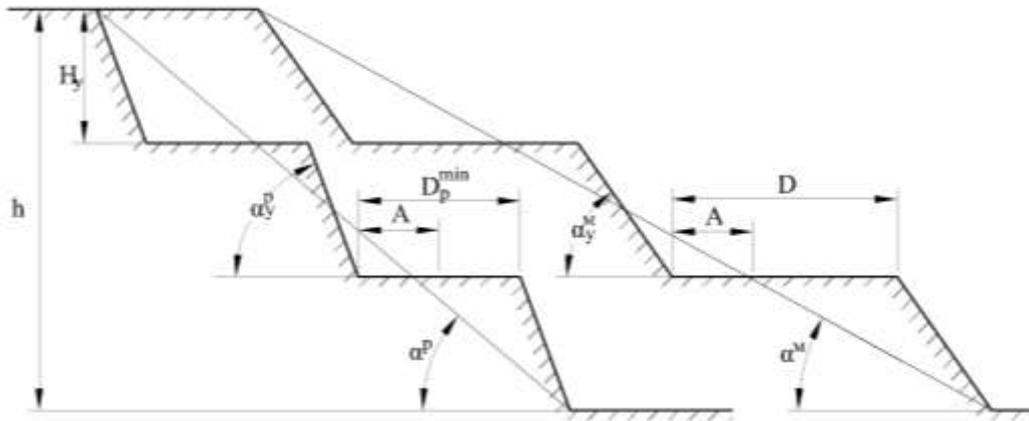


Рисунок 5.9 – Схема к определению угла откоса рабочего борта: A – ширина заходки экскаватора, м; α_y^M , α_y^P – углы откоса уступа при добыче полезного ископаемого с использованием механизированной и роботизированной техники, град.; α^M , α^P – результирующие углы откоса бортов карьера при добыче полезного ископаемого с использованием механизированной и роботизированной техники, град.; h_y – высота уступа, м.

Основополагающее влияние на величину откоса рабочего борта карьера оказывает совокупность таких параметров как конечная глубина, угол откоса уступа, технологические параметры применяемого оборудования и ширина рабочей площадки, а также принятая технологическая схема комплексного освоения крутопадающих месторождений, конструкция борта карьера, особенности залегания рудных тел. На основе выполненного моделирования установлено, что при условии использования сопоставимых по типоразмеру комплексов механизированного и роботизированного горнотранспортного оборудования, последние имеют значительное преимущество, поскольку позволяют увеличить угол рабочего борта карьера, что особенно важно при работе на нижних горизонтах карьера при подготовке их к последующему складированию текучих от-

ходов, а также обеспечить повышение эффективности ведения открытых горных работ.

Все применяемые на сегодняшний день способы управления горнотранспортным оборудованием условно можно разделить на основные группы:

1. Непосредственное воздействие человека (водителя или машиниста) на органы управления оборудования.
2. Дистанционное воздействие человека (оператора) на органы управления оборудования через специальные манипуляторы.
3. Автоматическое управление интеллектуальной системой без прямого участия человека.

С целью формулирования и описания условий совместной эксплуатации горнотранспортного оборудования с различными способами управления в рамках единой горнотехнической системы произведена их систематизация, представленная в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Систематизация способов управления горнотранспортным оборудованием

Способ управления	Вид управления	Тип горнотехнической системы
Контактный	Диспетчерское управление	Механизированная
	Автоматизированное управление	
Дистанционный	Дистанционное управление	Автоматическая
Автоматический	Интеллектуальное управление	

Именно способ управления горнотранспортным оборудованием и места их сопряжения обуславливает безопасность взаимодействия и эффективность функционирования горнотехнической системы. В качестве основных мест взаимодействия горного оборудования, оказывающих существенное влияние на безопасность и эффективность выполнения процессов открытых горных работ являются: забои, транспортные коммуникации и технологические площадки. Независимо от способа управления и места сопряжения горнотранспортного оборудования условия их безопасной эксплуатации первоначально должны обеспечиваться по отношению к тому оборудованию, в котором находится человек. В связи с этим, все мобильные объекты в рамках горнотехнической системы долж-

ны быть оборудованы следующими системами:

1. Системой ведения по маршруту и контроля отклонения от заданной и предполагаемой траектории.
2. Системой обнаружения препятствий.
3. Системой прогнозирования пространственного положения всех единиц горнотранспортного оборудования согласно выполняемым ими процессам.
4. Система предупреждения и коррекции положения в пространстве горнотранспортного оборудования и его рабочих органов.
5. Системой экстренного торможения и остановки работы оборудования.

Реализация данных систем наиболее наглядно демонстрируется на примере транспортных средств. Так, независимо от способа управления для каждого автосамосвала, в информационной системе должен отстраиваться маршрут его следования от одного пункта до другого. При этом необходимо осуществлять постоянный контроль пространственного положения транспортного средства и сопоставление усредненных или крайних координат габаритов с траекторией движения в соответствии с построенным маршрутом. В случае отклонения фактических координат от прогнозируемых должна производиться активация системы предупреждения и коррекции положения в пространстве горнотранспортного оборудования. Отклонения от маршрута при контактном и дистанционном способах управления могут быть вызваны внешними, техническим и человеческими факторами к которым следует отнести: плохая видимость, неровность дорожного полотна, усталость и невнимательность водителя. Если в расчетный промежуток времени пространственное положение автосамосвала не приняло заданные параметры и направление движения, задействуется система экстренного торможения и остановки работы оборудования. В этом случае решение о дальнейших действиях принимаются исключительно человеком.

Система обнаружения препятствия должна функционировать независимо от системы ведения по маршруту, а дополнять ее и в режиме реального времени анализировать пространство вокруг горнотранспортного оборудования на наличие предметов препятствующих перемещению его самого или его рабочих орга-

нов. При обнаружении препятствия активируется система предупреждения и коррекции. В случае невозможности вывода горнотранспортного оборудования или его рабочего органа в прогнозный диапазон значений, активируется система экстренного торможения и остановки работы оборудования.

Аналогичным образом указанные системы призваны обеспечить безопасность на всех видах горнотранспортного оборудования их всевозможных сочетаниях и их взаимодействиях.

В количественном выражении условия совместного использования в карьере горнотранспортного оборудования с диспетчерским и интеллектуальным управлением могут быть представлены в следующем виде:

1. Величина отклонения определяется точностью системы позиционирования и качеством дорожного полотна.
2. Дальность обнаружения препятствия для автосамосвалов в движении должна быть в 1,5 раза больше тормозного пути. Для выемочно-погрузочного оборудования – не менее 3 величин точности систем позиционирования. Для бурового оборудования: со стороны верхней бровки горизонта – полутора величин ширины призмы возможного обрушения, относительно корпуса станка; со стороны нижней бровки горизонта – не менее 2 величин точности системы позиционирования, относительно рабочих органов станка.
3. Дискретность прогнозирования определяется в единицах времени и расстояния для каждого вида горнотранспортного оборудования и составляет для транспортного – равной длине съезда с одного горизонта на другой; для выемочного – не более времени цикла; для бурового – не более времени перестановки.
4. Осуществляется предупреждение оператора горнотехнической системы и горнотранспортного оборудования об его отклонении или несоответствии фактического положения прогнозируемым параметрам. При этом, в течение времени, зависящего от типа оборудования и выполняемой им операции - при автоматическом способе управления осуществляется коррекция пара-

метров и выход на прогнозные значения, в случае контактного и дистанционного способов управления происходит ожидание выхода на прогнозные параметры.

5. Срабатывание должно происходить при превышении предельных значений параметров предыдущих систем с целью недопущения аварийной ситуации и принятия мер для реагирования на внештатную ситуацию.

Наиболее сложными и ответственными схемами взаимодействия горнотранспортного оборудования с диспетчерским и интеллектуальным управлением являются пункты погрузки горной массы в автосамосвалы и их движение в пределах горнотранспортной системы. При этом, приоритетом обеспечения безопасности ведения работ является исключение аварийной ситуации с участием человека – непосредственного оператора горнотранспортного оборудования, возникновение которой может наступить в силу его психофизических особенностей. Потому минимальные расстояния между взаимодействующими механизмами в таких случаях должны определяться не точностью системы позиционирования, а восприимчивостью органов чувств человека и скоростью его реакции и составлять величины, кратные габаритам управляемого оборудования.

В качестве схем взаимодействия с точки зрения безопасности выполнения соответствующих операций следует применять существующие схемы при условии их разделения на контактное и бесконтактное. Контактное подразумевает взаимодействие оборудования или его рабочих органов через горную массу, в процессе ее погрузки, то есть при невозможности разделения в пространстве и во времени соответствующих процессов. Бесконтактное взаимодействие предполагает выполнение различных операций горнотранспортным оборудованием в пределах ограниченного участка пространства без необходимости контакта. В первом случае значительно повышаются требования к обеспечению безопасности выполняемых работ и внимание со стороны человека на разрешительные, предупредительные и запрещающие сигналы от информационной системы.

Совместное использование в карьере горнотранспортного оборудования с диспетчерским и интеллектуальным управлением предполагает наличия единой информационной системы планирования, учета и контроля работ в рамках горнотехнической системы. Отличительной особенностью данной системы должно быть дополнительные подсистемы обеспечения контроля и прекращения работы механизмов, а также предоставление приоритета выполнения определенных операций оборудованию с диспетчерским управлением, при постоянном сопоставлении параметров его работы прогнозируемым значениям. При этом допустимая величина отклонений от прогнозируемых величин для оборудования с интеллектуальным управлением должна определяется величиной точности систем позиционирования, а для диспетчерского управления – габаритами горнотранспортного оборудования.

Таким образом, методика определения параметров совокупного использования природных и техногенных георесурсов при применении механизированной и роботизированной геотехнологии позволяет осуществлять выбор типа горнотранспортного оборудования для обеспечения устойчивого развития горнотехнической системы с оптимальными конструктивными и технологическими параметрами.

5.4 Алгоритм определения параметров открытой геотехнологии при совокупном использовании природного и техногенного сырья

Комплексное освоение участка недр при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов определяется основными тремя перспективными направлениями формирования техногенных объектов:

1. Создание техногенных емкостей для размещения промышленных отходов различного класса опасности и агрегатного состояния. Ввод в эксплуатацию приемных емкостей предусматривается как непосредственно в процессе ведения добычных работ, так и после полной отработки запасов открытым способом.
2. Подготовка, создание и обустройство технологических площадок, функциональное назначение которых сводится не только для выполнения работ по добыче

полезных ископаемых, но в основном для эксплуатации выработанного пространства для целей несвязанных с непосредственным ведением добычных работ.

3. Формирование транспортных коммуникаций, обеспечивающих не только грузо-транспортную связь рабочих горизонтов с пунктами приема грузов в процессе добычи полезных ископаемых, но в период несвязанный с их добычей, в частности при размещении промышленных отходов или иного использования выработанного пространства или определенной его части. Кроме того, обоснование параметров транспортных коммуникаций в случаях разработки месторождения комбинированной геотехнологией, позволяют максимально эффективно размещать сооружения подземного рудника, с точки зрения снижения сроков ввода его в эксплуатацию с затратами на добычу.

Принцип проектирование горнотехнической системы в соответствии с обозначенными направлениями един. Различия имеют только стадия функционирования горнодобывающего предприятия. Проектирование вновь вводимого в эксплуатацию месторождения требует подготовку данных для создания геоинформационной модели для последующего выполнения работ, связанных с определением оптимальных параметров всех элементов горнотехнической системы и условий ее функционирования. При реконструкции действующего горнодобывающего предприятия дополнительно необходимо обеспечить сбор, обработку и передачу в геоинформационную систему данных, характеризующих не только современное состояние горных работ, но и всех сформированных горнотехнических сооружений с полным набором текущих параметров.

Выбор многофункциональной схемы вскрытия, скорости и направления углубки, угла откоса рабочего борта карьера, типа применяемого горнотранспортного оборудования и режима горных работ, а также установление очередности и порядка отработки участков карьерного поля, осуществляется в соответствии с разработанным алгоритмом, представленном на рисунке 5.10.

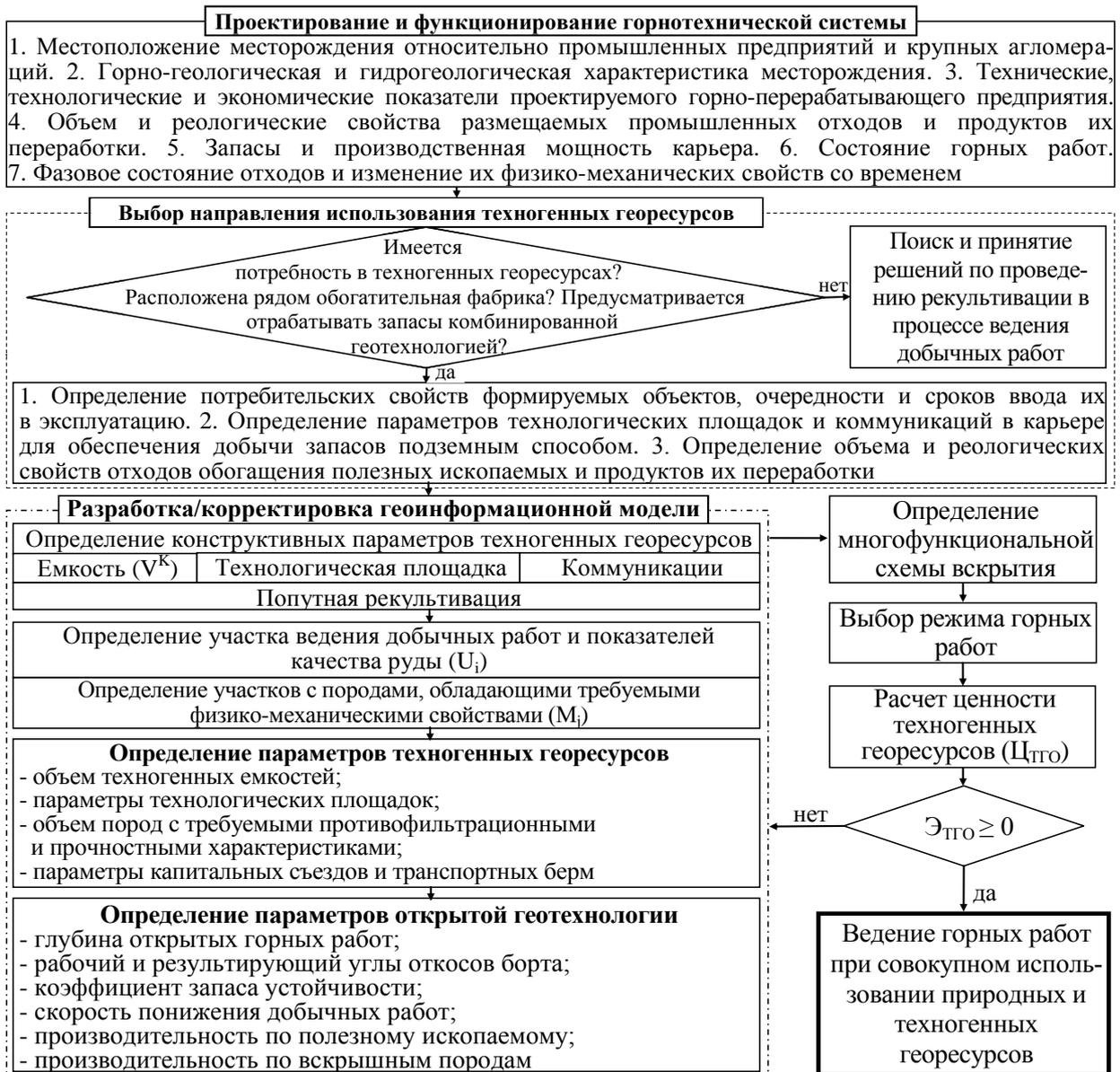


Рисунок 5.10 – Блок-схема алгоритма определения параметров открытой геотехнологии при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов

Определение параметров открытой геотехнологии при совокупном использовании природного и техногенного сырья независимо от выбранного направления формирования техногенных объектов предусматривает следующую последовательность:

- сбор и подготовка исходных данных, характеризующих местоположение месторождения его горно-геологические и гидрогеологические условия, комплекс горнотранспортного оборудования, промышленные отходы, технологические параметры функционирования карьера;

- определение перспективных направлений использования техногенных объектов;
- создание геоинформационной модели горнотехнической системы на основе полученных исходных данных с установлением системы ограничений и требований к создаваемым техногенным объектам и условий их эксплуатации;
- проектирование горнотехнической системы, включающее выбор многофункциональной схемы вскрытия, скорости и направления углубки, угла откоса рабочего борта карьера, режима горных работ, а также установление очередности и порядка отработки участков карьерного поля. При этом учитываются мероприятия по обеспечению устойчивости целого откоса, так и его отдельных частей;
- определение параметров элементов системы разработки с учетом допустимых экономических показателей функционирования горнотехнической системы на всех ее этапах;
- обеспечение согласования функций всех элементов горнотехнической системы в период ее эксплуатации, а также проведение геомеханического мониторинга природного и техногенного массива на основе интерактивного обследования соответствующими техническими средствами;
- корректировка конструкционных и технологических параметров в случае отклонения фактических данных показателей качества полезных ископаемых и физико-механических характеристик вскрышных пород, а также в случае появления или изменения потребности в техногенных объектах и их функционального назначения.

Таким образом, разработанная последовательность действий по определению параметров открытой геотехнологии при совокупном использовании природного и техногенного сырья позволяет на любой стадии функционирования и проектирования горнотехнической системы обеспечить ее устойчивое развитие за счет обоснования конструктивных и технологических параметров карьера и техногенных объектов, формируемых непосредственно в момент добычи твердых полезных ископаемых. Кроме того, предложенный алгоритм в совокупности с разработанной геоинформационной моделью позволяет определять пара-

метры открытой геотехнологии не в статическом режиме, а в динамическом режиме при непосредственном ведении горных работ, что имеет существенное значение как для проектных организации, так и для горнодобывающих предприятий.

Выводы по главе 5

1. Разработанная методика определения ценности техногенных георесурсов, формирование которых осуществляется непосредственно в процессе ведения добычных работ, а их использование как период разработки месторождения, так и по ее завершению, позволяет определять потенциальные направления комплексного освоения участка недр Земли и оценивать эффективность технологических схем совокупного использования природных и техногенных георесурсов, классификация которых представлена в 3 главе.

2. На основе разработанной геоинформационной модели проведенное моделирование функционирования горнотехнической системы при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов с целью обеспечения отработки запасов условного крутопадающего месторождения открытым способом с подготовкой к подземному способу доработки запасов за счет создания технологических площадок и коммуникаций, а также предусмотрено формирование техногенных объектов для размещения промышленных отходов. При моделировании достигнуты следующие результаты:

- Сокращение затрат на строительство карьера – на 58%;
- Сокращение срока строительства карьера – на 5%;
- Сокращение затрат на строительство подземного рудника – на 47%;
- Сокращение срока строительства подземного рудника – на 35%;
- Созданные техногенные объекты – полигон для размещения промышленных отходов II и III классов опасности.

3. Проведенные исследования ценности формируемых техногенных георесурсов позволили выявить закономерность и характер ее изменения. Так, цен-

ность техногенной емкости имеет монотонный возрастающее-убывающий характер, определяющийся интенсивностью ее формирования и использования. Рост потенциальной ценности происходит в период строительства техногенного объекта, а максимальное ее значение – на момент сдачи в эксплуатацию. Ценность технологических площадок и коммуникаций имеет восходящий характер и количественно увеличивается по мере формирования и использования.

4. Для рассмотренных в работе условий моделирования комплексного освоения участка недр Земли определен коэффициент эффективности использования техногенных георесурсов, формирование которых осуществляется с целью создания технологических площадок и коммуникаций, а также приемных емкостей для размещения промышленных отходов различного класса опасности и агрегатного состояния. Установлено, что выбранные направления совокупного использования природных и техногенных георесурсов обеспечивают устойчивое развитие горнотехнических систем и рост эффективности комплексного освоения участка недр от 5 до 30 %.

5. На основе проведенных исследований предложено расширить понятие *режима горных работ*, под которым следует понимать *обоснованно установленную во времени очередность выполнения объемов вскрышных и добычных работ, которая обеспечивает планомерное, своевременное, безопасное и экономически эффективное освоение участка недр за весь срок ведения горных работ*. Что в полной мере отражает изменение подхода к комплексному освоению участка недр Земли.

6. В результате исследования взаимосвязи параметров и показателей горных работ установлено, что извлекаемые горные породы, задействованные для создания техногенных емкостей обеспечивает повышение объема использования вскрышных пород более чем на 25% при размещении промышленных отходов II-III класса опасности. За счет опережающей выемки вскрышных пород в период строительства карьера объем подготовленных к выемке запасов составляет более 10%.

7. Разработанная методика обоснования параметров совокупного использо-

вания природных и техногенных георесурсов при применении механизированной и роботизированной геотехнологии обеспечивает на этапе проектирования и реконструкции горнотехнической системы определять оптимальные значения следующих конструктивных и технологических параметров ведения горных работ:

- Глубина карьера на основе коэффициента горной массы;
- Угол откоса рабочего борта карьера;
- Угол откоса нерабочего борта карьера;
- Многофункциональная система вскрытия;
- Режим горных работ.

8. Установлено, что при использовании роботизированного горнотранспортного оборудования величина откоса рабочего борта карьера, по сравнению с применением механизированного оборудования на 4-7° круче, что позволяет вести работы в стесненных условиях, а также при значительно меньших эксплуатационных затратах в связи с отсутствием необходимости наличия подготовленных, вскрытых и готовых к выемке запасов горной массы.

9. С целью обеспечения выбора многофункциональной схемы вскрытия, скорости и направления углубки, угла откоса рабочего борта карьера, типа применяемого горнотранспортного оборудования и режима горных работ, а также установление очередности и порядка отработки участков карьерного поля, разработан алгоритм определения параметров открытой геотехнологии при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов.

6 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ И ОЦЕНКА ИХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

6.1 Разработка технологических рекомендаций совокупного использования природных и техногенных георесурсов при освоении Восточно-Семеновского, Юбилейного, Худолазского, Березняковского и Коркинского месторождений

На основе выполненных автором исследований перспективных направлений совокупного использования природных и техногенных георесурсов и предложенных технологических схем их формирования для условий месторождений Уральского региона разработаны технологические рекомендации, обеспечивающие устойчивое развитие горнотехнических систем при комплексном освоении крутопадающих месторождений. В качестве базовых объектов для апробации в промышленных условиях явились следующие месторождения золотосодержащих руд «Восточно-Семеновское», медно-колчеданных руд «Юбилейное» и известняка «Худолазское». Положительные результаты внедренных технологических решений подтверждены соответствующими актами (приложение А). Кроме указанных месторождений в работе предложены и проработаны рекомендации по использованию роботизированного горнотранспортного оборудования при доработке балансовых запасов и формировании техногенной емкости для последующего размещения промышленных отходов в условиях угольного разреза «Коркинский».

Для условий Восточно-Семеновского месторождения золото-медно-цинковых руд разработана технология ведения горных работ, предусматривающая очередность отработки участков месторождения с целью создания техногенных георесурсов на базе выработанного пространства карьера и отвалов вскрышных пород извлекаемых из недр в процессе ведения добычных работ для последующего размещения отходов горного и обогащительного производства.

Предложен порядок и очередность отработки участков месторождения, а также обоснованы параметры открытой геотехнологии, обеспечивающие использование многофункциональной системы вскрытия для своевременной выем-

ки горной массы с заданными качественно-количественными показателями по содержанию полезных компонентов, физико-механическим свойствам пород, с целью организации выемки рыхлых и скальных пород в пределах выделенных участков, с целью формирования ограждающей дамбы хвостохранилища, создания дамб прудов-накопителей и их формированию выработанного пространства карьера для последующего размещения отводов горно-обогатительного производства, а также технологических площадок и коммуникаций для последующей отработки запасов подземным способом (рисунок 6.1).

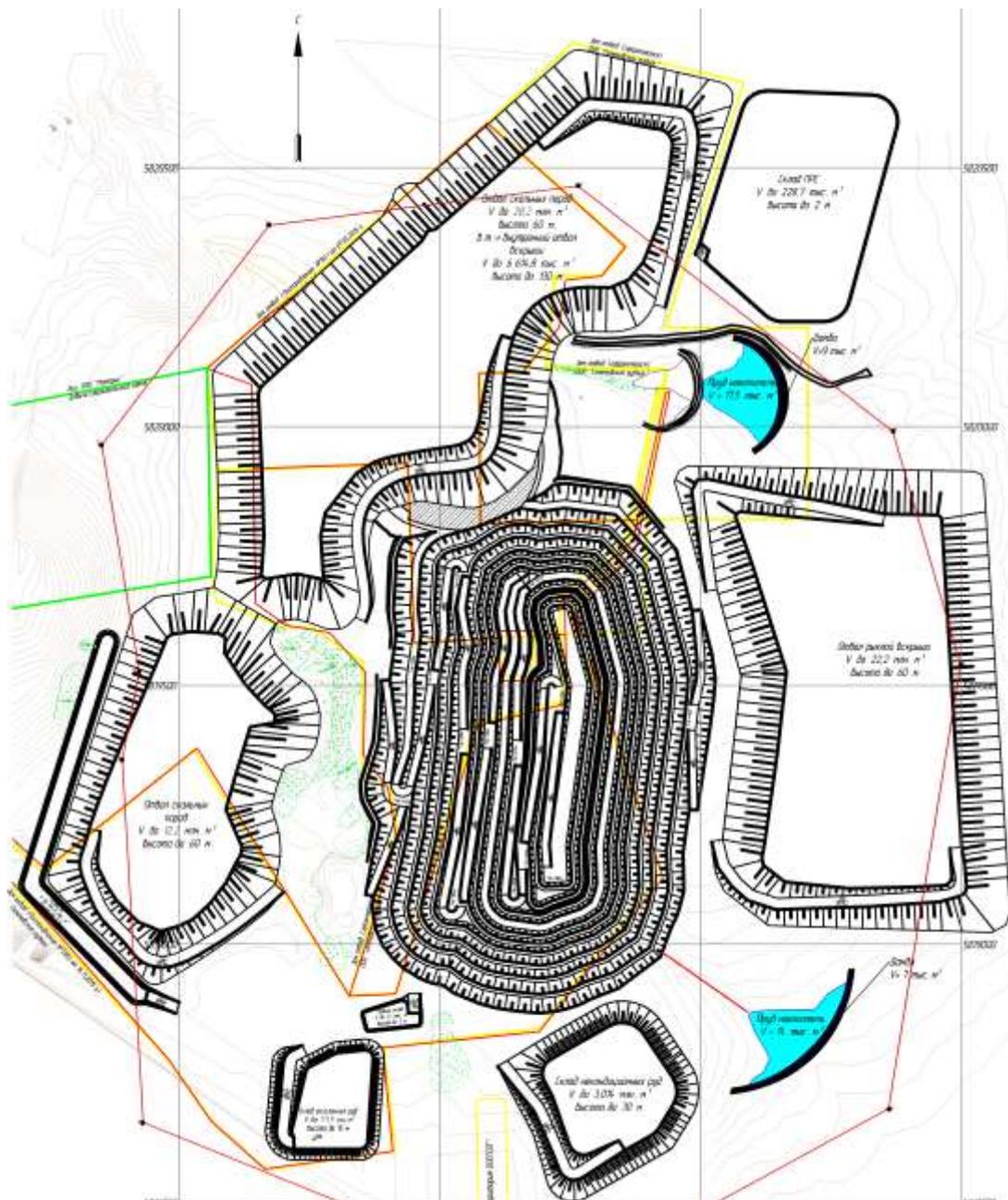


Рисунок 6.1 – Генеральный план Восточно-Семеновского месторождения
Внедрение разработанных технических решений по очередности отработки

участков месторождения целенаправленной укладки вскрышных пород в тело дамб хвостохранилища и прудов-накопителей, а также формированию выработанного пространства карьера с реализацией многофункциональной системы вскрытия позволило сократить требуемую площадь земельного отвода не менее чем на 12,5 га, а также исключить необходимость разработки карьера строительных камня и применения синтетических материалов для обеспечения противofiltrационных характеристик ограждающих дамб. В результате было достигнуто снижение сроков выхода карьера на проектную мощность, подготовлены емкости для размещения отходов горно-обогатительного производства, сокращение объемов работ и площади земель при строительстве хвостохранилища Семеновской обогатительной фабрики и подготовлены технологические площадки и коммуникации для последующей отработки запасов подземным способом. Для этого предусмотрено заложение капитальной траншеи на восточном борту карьера с формированием в районе северного и южного бортов разворотных площадок, и создание бермы по всему периметру горизонта 300м. Это обеспечения вскрытия запасов подземными горными выработками при строительстве сооружений подземного рудника на бортах карьера, а также грузотранспортный доступ в необходимую его часть выработанного пространства.

Это позволило вскрыть балансовые запасы Северной части Восточно-Семеновского месторождения, сократить время строительства и ввода в эксплуатацию прудов-накопителей и хвостохранилища, а также подготовить технологические коммуникации и площадки для последующей отработки балансовых запасов подземным способом.

Успешная реализация указанных мероприятий позволила обеспечить планомерных переход при разработке участков месторождения от Северного к Южному, а в период строительства карьера сформировать дамбы прудов-накопителей и хвостохранилища, что в совокупности значительно повысило полноту освоения участка недр при снижении затрат на добычу золото-медно-цинковых руд.

Для условий Юбилейного месторождения разработана технология веде-

ния горных работ, обеспечивающая перенос капитальной траншеи на этапе доработки балансовых запасов открытым способом при одновременном формировании техногенной емкости для размещения пород от проходки подземных горных выработок.

Предложена система мероприятий, обеспечивающая последовательность ведения открытых горных работ на глубоких горизонтах с целью перехода на многофункциональную систему вскрытия при переносе капитальной траншеи на противоположный борт по отношению к проектным решениям.

Внедрение технических решений по перемещению открытых горных работ за пределы зоны деформационных процессов на восточном борту карьера и отработки запасов руды на его северо-восточном борту при обеспечении долговременной эксплуатации системы карьерного водоотлива и возможности частичного размещения объемов пород от проходки подземных горных выработок. В результате было достигнуто возобновление добычных работ в карьере, доработка балансовых запасов, сокращение объемов работ и площади земель при складировании пород от проходки подземных горных выработок.

Это позволило вовлечь в разработку запасы северного борта, которые не возможно было доработать в соответствии с проектными решениями по причине остановки добычных работ из-за деформационных процессов на восточном борту карьера, обеспечить транспортный доступ на нижний горизонт карьера для эксплуатации карьерного водоотлива, сформировать техногенное пространство для размещения пород от проходки подземных горных выработок.

По состоянию на 01.04.2017г. на нижних горизонтах с абсолютной отметкой +150м ÷ +90 м остаются неотработанными балансовые запасы в количестве 100 тыс. т по причине сложных инженерно-геологических и стесненных горно-технических условий возникших вследствие деформации отдельных участков уступов у границ распространения скальных пород. Кроме того, в районе горизонта с абсолютной отметкой +140м на западном борту карьера фактическая ширина транспортной бермы в отдельных местах не превышает 10м, что не позволяет вести добычные работы с использованием принятых в соответствии с

проектом «Вскрытие и отработка Юбилейного месторождения. Технологические рекомендации направлены на увеличение производственной мощности обогатительной фабрики до 1400 тыс. тонн медьсодержащей руды». При этом проектные решения не обеспечивают возможность доработки балансовых запасов на северо-восточном борту в пределах его проектного контура в абсолютных отметках +150 м ÷ +90 м. Корректировка существующей схемы вскрытия с преобразованием ее в многофункциональную представлена на рисунке 6.2.

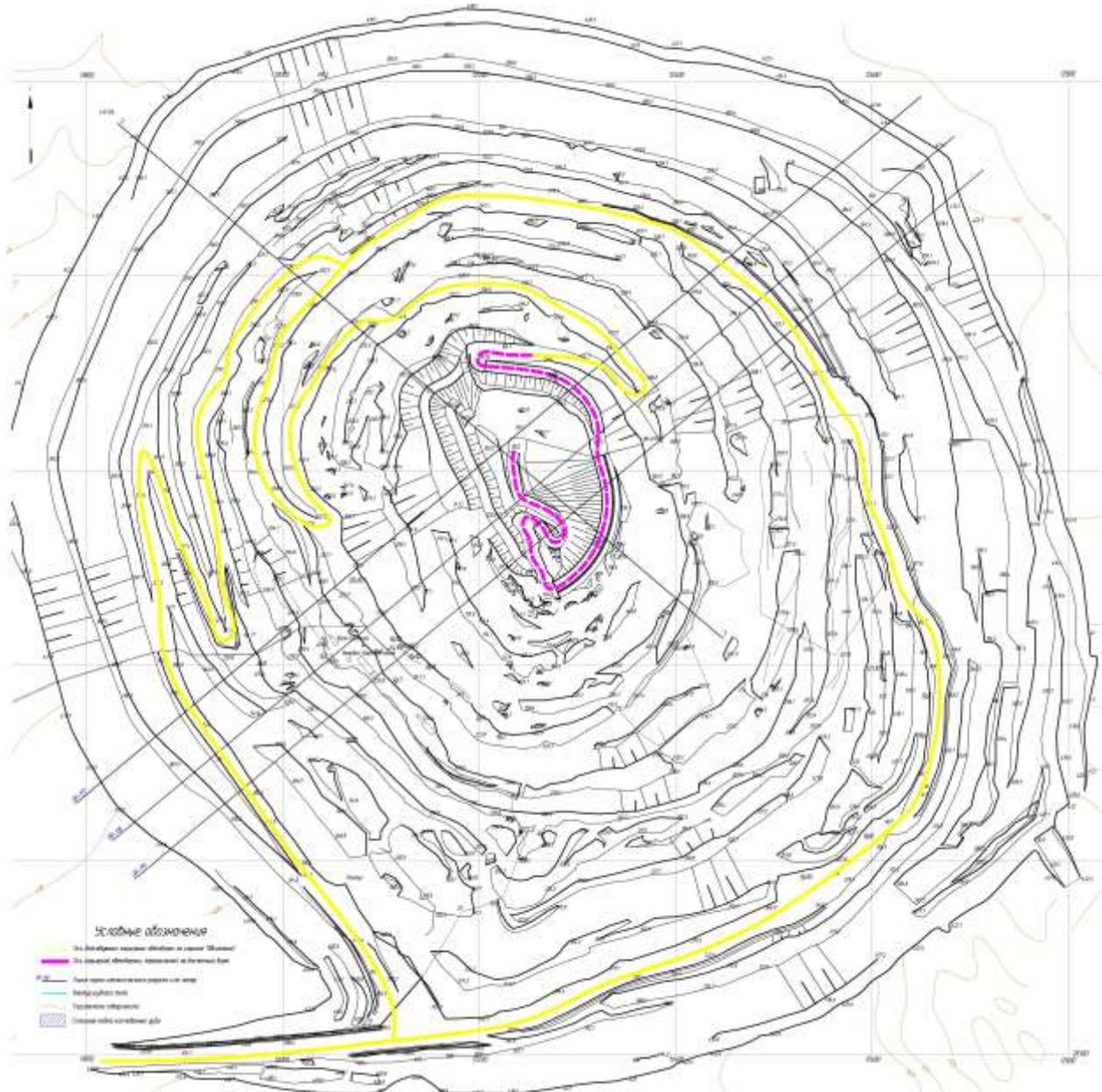


Рисунок 6.2 – Многофункциональная схема вскрытия карьера «Юбилейное»

С целью обеспечения полноты выемки запасов балансовых запасов в стесненных горнотехнических условиях на северо-западном борту в пределах проектного контура в отметках +150 ÷ +90 м на карьере «Юбилейный» предусмат-

ривается применение сочлененных карьерных автосамосвалов Volvo A40D и перенос транспортной бермы в пределах абсолютных отметок +170 ÷ +125 м на восточный борт. Применение данных автосамосвалов позволяет принять ширину транспортной бермы равную 11,5м с продольным уклоном до 150 ‰, что обеспечит выемку оставшихся балансовых запасов в проектном контуре карьера. Для обеспечения технологических рекомендаций предусмотрена замена горнотранспортного оборудования, в частности, выемочного на Komatsu PC 750 и CAT 734D, транспортного на сочлененные карьерные автосамосвалы Volvo A40D грузоподъемностью 37т и бурового станка на DML-1200.

Успешная реализация указанных мероприятий позволила исключить потерю запасов на нижних горизонтах карьера и значительно повысить полноту освоения участка недр при снижении затрат на добычу и переработку медно-колчеданных руд.

Для условий Худолазского месторождения разработана технология ведения горных работ, обеспечивающая вскрытие и целенаправленную отработку участков месторождения с горными породами, физико-механические свойства которых отвечают требованиям, предъявляемым к материалам для строительства и наращивания ограждающих дамб хвостохранилищ.

Предложена система вскрытия, схема и последовательность выемки рыхлых и скальных пород в пределах карьерного поля и их соответствующей укладки с целью наращивания дамбы хвостохранилища Сибайской обогатительной фабрики (СОФ).

Внедрение технических решений по первоочередной выемки в центральной части Северного участка месторождения инертных и скальных пород в объеме 1,79 млн м³ на участке размером 150×700м и вскрытию запасов известняков в пределах имеющегося горного отвода, с целью формирования техногенного пространства для нужд обогатительной фабрики позволило исключить необходимость разработки карьера строительных камня и использовать балансовые запасы для данных целей. В результате было достигнуто увеличение подготовленных к выемке запасов известняков, сокращение объемов работ и площади земель при

строительстве нового отсека хвостохранилища для Сибайской обогатительной фабрики, в полном соответствии с требованиями проекта реконструкции хвостохранилища (рисунок 6.3).

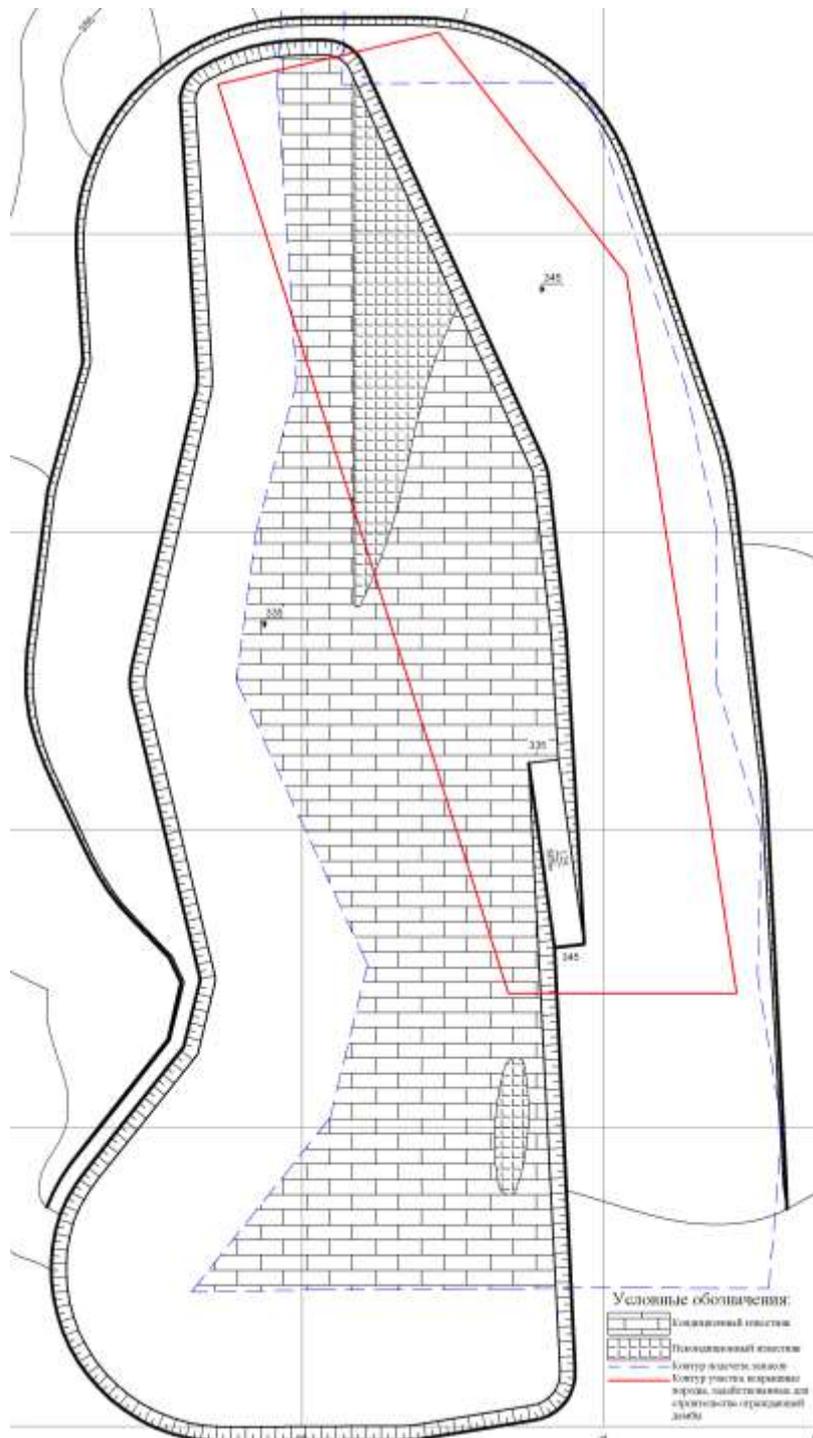


Рисунок 6.3 – Положение горных работ на момент завершения выемки пород для строительства ограждающей дамбы

Разработанные рекомендации обеспечили вскрытие балансовых запасов известняков в период выбывающих мощностей при условии увеличения текущего коэффициента вскрыши, а также сократить время строительства и ввода в экс-

плутацию нового отсека хвостохранилища.

Успешная реализация указанных мероприятий позволила исключить разрыв в производственной мощности при переходе от Центрального к Северному участку месторождения, в период строительства карьера нарастить дамбу хвостохранилища СОФ, что в совокупности значительно повысило полноту освоения участка недр при снижении затрат на добычу известняков.

Для условий Коркинского угольного разреза разработаны рекомендации по использованию роботизированного горнотранспортного оборудования при доработке балансовых запасов угля и формировании техногенной емкости для размещения текучих отходов обогащения Томинской обогатительной фабрики.

На момент проработки технологических рекомендаций, горные работы по добыче угля на Коркинском разрезе велись на глубине 493 м. В соответствии с проектом 1982г ВО Союзшахтопроект «Уралгипрошахт» предельная глубина ведения горных работ составляет 570 м [115]. При этом, согласно заключению ВНИМИ, исходя из механической обстановки и физико-механических характеристик пород, слагающих массив, глубина разреза может быть увеличена до 600 и 630 м с объемом запасов в контуре карьера соответственно 22,1 и 2,4 млн т [27]. Возможные положения контуров разреза показаны на рисунке 6.4. Современное состояние горных работ на разрезе, положение и состояние его бортов не обеспечивают возможность ведения добычных работ до проектной глубины по причине наличия на восточном борту зоны деформации. Кроме того контур разреза в плане ограничен действующей инфраструктурой и городской застройкой, что исключает возможность разноса его бортов. Дополнительным неблагоприятным фактором, оказывающим негативное влияние на окружающую среду и производство добычных работ является наличие на бортах очагов возгорания, к большинству из которых отсутствует транспортный доступ.

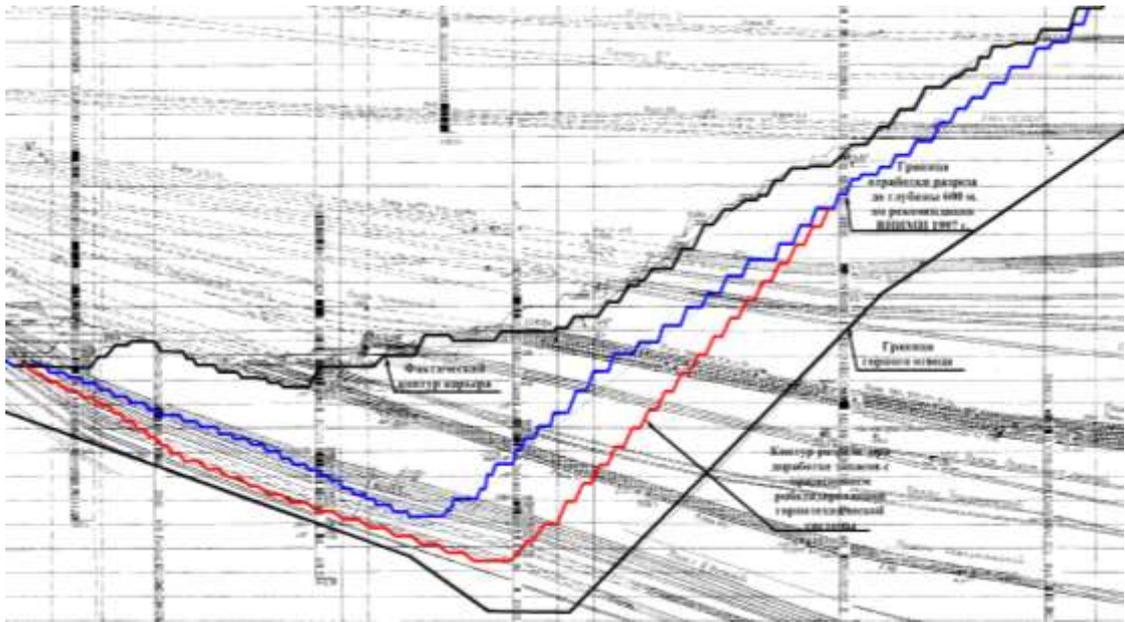


Рисунок 6.4 – Контуры Коржинского угольного разреза для глубины 600 и 630м

Технологические рекомендации предусматривают формирование многофункциональной схемы вскрытия на базе существующей схемы вскрытия и использование комплексов роботизированного горнотранспортного оборудования для доработки запасов угля [49]. Следует отметить, что исходя из фактического положения и состояния работ даже доработка оставшихся балансовых запасов в количестве 14,2 млн т. в соответствии с проектными решения 1982 года, применяемыми технологиями является экономически нецелесообразной [114].

Применение роботизированного оборудования предусматривает с целью углубления карьера до абсолютной отметки -340м. При этом предусматривается последующая пригрузка дна с использованием пород, ранее заскладированных во внутреннем отвале. Изменение схемы вскрытия для обеспечения ее многофункциональности обеспечивается увеличением продольного уклона на отдельных участках капитальной траншем с отводами и созданием технологических площадок для развертывания и обеспечения работ по локализации эндогенных пожаров.

Контур зоны изоляции участков бортов карьера для локализации эндогенных пожаров, места концентрации угольных пластов и многофункциональная схема вскрытия, обеспечивающая ведение добычных работ с применением роботизированного оборудования, а также осуществлять мероприятия по подго-

товке выработанного пространства для складирования текучих отходов обогащения показаны на рисунке 6.5.

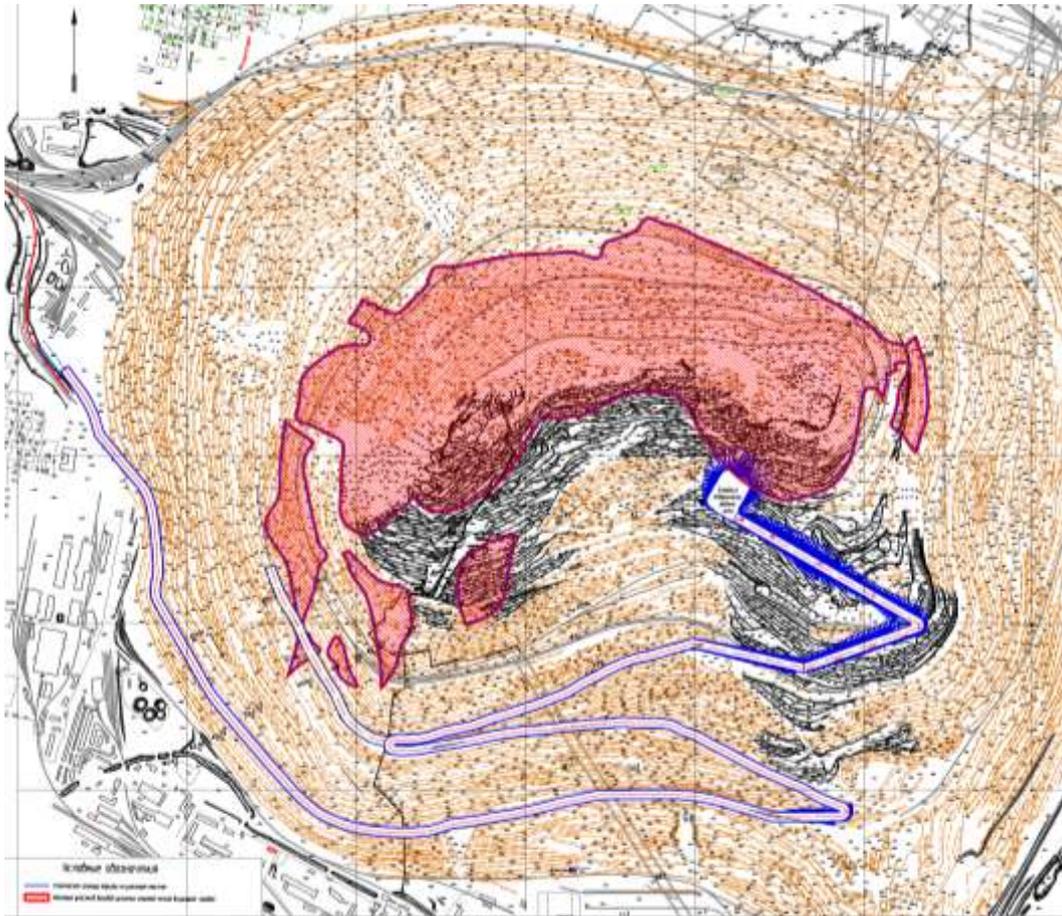


Рисунок 6.5 – План угольного разреза на момент отработки балансовых запасов и изоляции выходов пластов в борт

Разработанные рекомендации обеспечат доработку балансовых запасов угля при глубине карьера 630м, локализовать очаги эндогенных пожаров и подготовить выработанное пространство карьера для последующего складирования в него текучих отходов Томинской обогатительной фабрики.

Для условий Березняковского месторождения золотосодержащих руд разработаны технологические рекомендации обеспечивающие создание техногенной емкости на базе существующих отвалов и законсервированных карт выщелачивания для складирования хвостов обогащения. Рекомендации включают использование вскрышных пород с целью отсыпки ограждающей дамбы между внешними отвалами вскрышных пород и картами выщелачивания (рисунок 6.6).



- 1 – горный отвод; 2 – контур карьера; 3 – законтурованные карты выщелачивания;
 4 – внешний отвал вскрыши; 5 – действующая обогатительная фабрика; 6 – проектируемая
 золотоизвлекательная фабрика; 7 – площадки для формирования техногенной емкости;
 8 – площадка под основное хвостохранилище

Рисунок 6.6 – Ситуационный план карьера «Березняковский»

Разработанные технологические решения позволяют в кратчайшие сроки сформировать техногенный объект для размещения в нем текущих отходов по принципу наливного хвостохранилища. Это обеспечит недопущение остановки обогатительной фабрики на период строительства основного хвостохранилища, потребность в котором появилась в результате строительства новой обогатительной фабрики и реализацией обогащения по технологии низкотемпературного автоклавного выщелачивания с целью переработки вовлечения в переработку бедных руд с содержанием золота менее 1 г/т. Сегодня на предприятии перерабатываются руды с содержанием золота не менее 5 г/т. С целью интенсификации работ по обеспечению требуемых объемов вскрышных пород, обоснованы параметры карьера «Березняковский» и режим горных работ, обеспечивающие опережающее выполнение вскрышных работ и вскрытие балансовых запасов.

6.2 Обоснование параметров открытых горных работ на горных предприятиях Восточно-Семеновского, Юбилейного, Березняковского и Коркинского ГОКов

Обоснование параметров открытых горных работ базируется на результатах выполненных исследований, направленных на обеспечение комплексного освоения участка недр, включающего крутопадающее месторождение, при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов.

Разработанная многофункциональная схема вскрытия **Восточно-Семеновского месторождения** предусматривается траншеей внутреннего заложения с петлевой формой трассы с продольным уклоном 100‰ на западном борту карьера. Устье автосъезда располагается на южном участке борта карьера. Рабочие уступы в процессе их отработки вскрываются временными съездами. При погашении горизонта по предельному контуру борта карьера отстраивается стационарный автомобильный съезд внутреннего заложения. Ширина стационарной транспортной бермы принята равной 16,5 м. На торцах южного и северного бортов на петлевых разворотах предусмотрены технологические площадки размерами 35×50 м. На горизонте с абсолютной отметкой 300 м предусматривается горизонтальная транспортная берма шириной 16,5 м, обеспечивающая сквозной кольцевой проезд и проходку вскрывающих выработок для подземной доработки запасов месторождения. Проходка вскрывающих и разрезных траншей производится экскаватором, оснащенный обратной лопатой на высоту подступа.

Вскрытие запасов осуществляется гидравлическим экскаватором типа «обратная лопата» Komatsu PC1250-7 с емкостью ковша – 6,7 м³ или Komatsu PC800 с емкостью ковша – 4,5 м³ с погрузкой в автосамосвалы БЕЛАЗ–7547, Caterpillar 740, Komatsu HD465.

Вскрытие добычных горизонтов будет произведено внутренними наклонными съездами по мере отработки запасов месторождения согласно календарному плану добычных работ. Отработка балансовых запасов месторождения производится эксплуатационными горизонтами высотой по 10 м с делением их на подступы высотой до 5 м и параллельным перемещением фронта работ.

Границы горных работ по дневной поверхности приняты с учетом границ

подсчета запасов с учетом сохранности борта карьера на период его отработки и размещения на нем автотранспортного съезда, эксплуатация которого предусмотрена, в том числе, при функционировании подземного рудника. Добычные и вскрышные уступы на конец отработки сбиваются, максимальная высота вскрышного уступа не превышает 15,5 м, высота добычного уступа, принята равной 10 м, в предельном положении уступы страиваются.

Размеры карьера при отработке запасов сведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Параметры Восточно-Семеновского карьера на конец отработки

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя
Глубина карьера	м	310
Размеры карьера по поверхности:		
- длина	м	1020
- ширина:	м	632
- периметр	м	2816,8
- площадь (общая)	га	55,57
Размеры карьера по дну:		
- длина	м	112
- ширина:	м	25
- периметр	м	1204,3
- площадь	га	1,6
Углы откосов вскрышных уступов [2, 29]:		
- рабочий	град	60, 75
- нерабочий	град	32, 41, 50, 61, 75
Высота вскрышного уступа:		
- по почвенному слою	м	до 0,2
- по вскрыше	м	до 10,0
Угол откоса добычного уступа		
- рабочий	град	60, 75
- нерабочий	град	41, 50, 61, 75
Высота добычного уступа	м	до 10,0
Угол откоса борта карьера на конец отработки		
- по рыхлым породам;	град.	32
- по скальным породам		60
Средний коэффициент вскрыши:		
объемный	м ³ /м ³	28,59
весовой	м ³ /т	9,98
коэффициент горной массы	м ³ /м ³	24,54

Объем вскрышных пород, задействованных для формирования ограждающей дамбы хвостохранилища и прудов-накопителей за весь период разработки составляет 7,89 млн м³, в том числе 2,1 млн м³ рыхлых пород и 5,79 млн м³ скальных пород.

Обоснование параметров открытых горных работ при реализации техноло-

гических решений на **Юбилейном месторождении** производилось с учетом использования в стесненных условиях на технологических процессах горно-транспортного оборудования, представленного в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Применяемое горнотранспортное оборудование

Наименование	Количество	Тип оборудования
Самосвал	16	БелАЗ-7547, 45т
	21	БелАЗ-7555, 45т
Экскаватор	2	ЭКГ-5 с емкостью ковша 5м ³
	1	Hitachi ZX-800 с емкостью ковша 4,3м ³
	5	Komatsu PC 1250 с емкостью ковша 6,5м ³
Буровой станок	1	СБШ-250
	1	DM-45
Бутобой	1	Hitachi ZX-450
Грейдеров	1	ДЗ-98В
Бульдозер	1	CAT D9R
Погрузчик	1	Komatsu WA-420 с емкостью ковша 3,5м ³

Вскрытие месторождения осуществляется комбинированным способом: верхняя часть - капитальной траншеей внутреннего заложения до гор. 390 м, остальные горизонты - системой внутренних съездов со спиральной формой трассы и руководящим уклоном 80‰, при ширине транспортной бермы 22 м.

Капитальная траншея выполнена в отметках "поверхность - 390 м" и имеет длину 437 м. Устье капитальной траншеи расположено в Юго-западной части карьера, что обусловлено ближайшим расстоянием до места складирования пустых пород. Параметры карьера «Юбилейный» на конце отработки представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Параметры карьера «Юбилейный» на конце отработки

Параметры карьера	Единица измерения	Показатели
Средняя отметка поверхности	м	420
Глубина карьера	м	330
Длина карьера по дну	м	70
Ширина карьера по дну	м	50
Площадь дна карьера	тыс. м ²	3,6
Длина карьера по поверхности	м	1 100
Ширина карьера по поверхности	м	1 100
Площадь карьера по поверхности	тыс. м ²	886
Объем горной массы	тыс. м ³	90 500
Результующий угол бортов карьера:		
- Северный борт	градус	37,7
- Южный борт		28,6
Объем вскрыши в контуре карьера	тыс. м ³	87 232
Средний коэффициент вскрыши	м ³ /т	6,96
Коэффициент горной массы	м ³ /м ³	17,8

При реализации технологических решений по переходу на многофункциональную систему вскрытия с целью постановки в предельное положение северо-западного борта карьера и обеспечения полноты выемки балансовых запасов на месторождении «Юбилейное» предусматриваются следующие работы:

- формирование дороги на восточном борту в отметках $+170 \div +125$ м из пород проходки подземного рудника. Внутреннее бульдозерное отвалообразование, периферийное с применением бульдозеров Komatsu D155, транспортировка пород проходки по подземным выработкам до места ее перегрузки на промежуточном складе у портала предусмотрена шахтными самосвалами Minetruck MT42, далее породу перегружают в автосамосвалы Volvo A40D 6x6, которыми транспортируется к месту формирования автодороги в пределах абсолютных отметок $+170 \div +125$ м;

- удаление вскрышных пород в проектном контуре карьера на северо-западном его борту; выемка вскрышных пород из массива на горизонтах $+180 \div +150$ м с последующей погрузкой предусматривается экскаватором Komatsu PC 750 или CAT 374D, или аналогичным и транспортировкой автосамосвалами Volvo A40D 6x6 грузоподъемностью 37т на восточный борт с целью формирования карьерной автодороги в пределах абсолютных отметок $+170 \div +125$ м.

- удаление вскрышных пород в проектном контуре карьера на северо-западном его борту; выемка вскрышных пород из массива на горизонтах $+150 \div +90$ м с последующей погрузкой предусматривается экскаватором Komatsu PC 750 или CAT 374D, или аналогичным и транспортировкой автосамосвалами Volvo A40D 6x6 грузоподъемностью 37т до горизонта $+266$ м для перегрузки на автосамосвалы БелАЗ 7555 и последующей перевозки на внешний отвал №11;

- формирование внешнего отвала на южном борту в пределах ранее выделенных площадей. Отвалообразование бульдозерное, периферийное с применением бульдозеров Komatsu D155, транспортировка вскрышных пород предусмотрена автосамосвалами БелАЗ 7555 в соответствии с проектом [2];

- добыча руды на северо-западном борту на горизонтах с абсолютными отметками $+150 \div +90$ м; выемка руды из массива предусматривается экскаватором

Komatsu PC 750 или CAT 374D и транспортировкой автосамосвалами Volvo A40D 6x6 грузоподъемностью 37 т до горизонта +141 м для перегрузки на автосамосвал БелАЗ 7555 и последующей перевозки на рудный склад для дальнейшей подачи на обогатительную фабрику.

Расчет объемов горных работ при переносе карьерной автодороги с западного на восточный борт в пределах абсолютных отметок +170 ÷ +125 м с целью обеспечения полноты выемки балансовых запасов осуществлен на основе геоинформационной модели для горизонтов +180м и +90 м по состоянию на 01.04.2017г. и на конец отработки балансовых запасов для условий открытой отработки.

Календарный план выполнения работ при переносе карьерной автодороги с западного на восточный борт в пределах абсолютных отметок +170 ÷ +125 м с целью обеспечения полноты выемки балансовых запасов в северо-западном борту карьера «Юбилейный» в его проектном контуре составлен на 12 месяцев, исходя из технической производительности имеющегося горнотранспортного оборудования (таблица 6.6). Предусматривается ведение работ в течение четырех кварталов.

Таблица 6.6 – Календарный план реализации рекомендаций

№ п/п	Место производства работы	Объем вскрыши, м ³	Объем добычи, т	Средний коэффициент вскрыши, м ³ /т (м ³ /м ³)	Квартал с момента начала выполнения работ			
					I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.
Формирование дороги из пород проходки подземного рудника								
1	Гор 170 ÷ 140 м	31 800			27 000	4 800		
Постановка северо-восточного борта карьера в пределах абсолютных отметок +170м ÷ +90 м								
2	Горизонт 180 ÷ 150 м	43 200	0	1,58 (6,31)	20 100	23 100		
3	Горизонт 150 ÷ 120 м	93 975	52 380			19 500	44 233	30 242
4	Горизонт 120 ÷ 110 м	10 890	38 320				3 267	7 623
5	Горизонт 110 ÷ 100 м	5 300	6 680				15 328	22 992
6	Горизонт 100 ÷ 90 м	4 450	2 680					5 300
								6 680
								4 450
							2 680	
Итого		Вскрыша, м ³			157 815 (189 615)			
		Добыча, т			100 060			

Начало производства работ по переносу карьерной автодороги с западного на восточный борт предусматривается с отсыпки съезда с отметки +170 м до отметки +140 м вдоль северного борта карьера из пород проходки подземного рудника в объеме 15 тыс. м³. Вскрышные породы, вынимаемые из массива на горизонтах +180 ÷ +170 м на западном борту карьера по мере его постановки в предельное положение (объем 43,2 тыс. м³, а также породы с проходки подземного рудника, объемом 16,8 тыс. м³) предусматривается использовать для формирования насыпного съезда на восточном борту с отметки +140 м до отметки +125 м. Таким образом, перенос карьерной автодороги с западного на восточный борт карьера «Юбилейный» в отметках +170 ÷ +125 м предусматривается в течение двух кварталов. В качестве материалов для формирования насыпных съездов предусматривается использование пород вскрыши в объеме 43,2 тыс. м³, а также 31,8 тыс. м³ пород проходки подземного рудника. Остальные вскрышные породы в количестве 114,615 тыс. м³ перемещаются на внешний отвал.

После обеспечения транспортного доступа вдоль восточного борта на горизонт +125 м и ниже предусматривается постановка западного борта в отметках +150 ÷ +90 м в предельное положение, согласно проектному контуру карьера «Юбилейный». Поперечный профиль капитального съезда в отметках +170 ÷ +140 м представлен на рисунке 6.7.

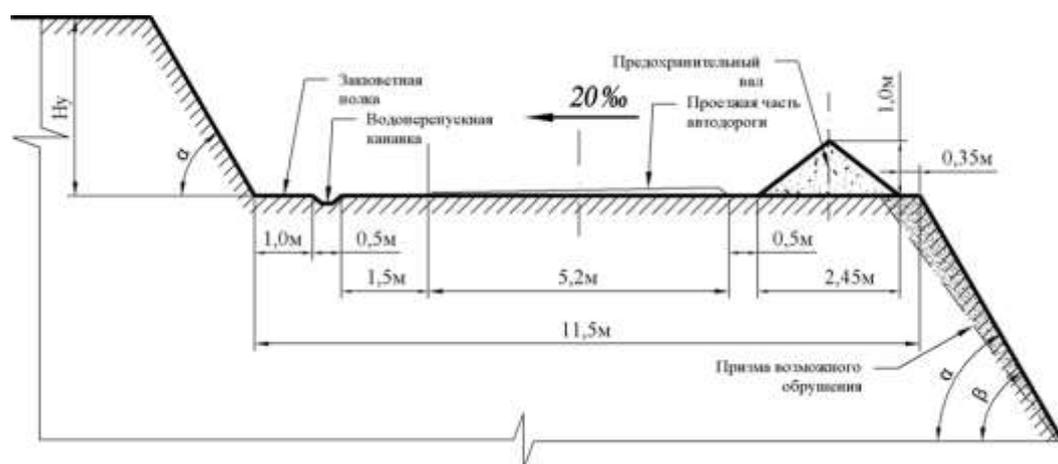


Рисунок 6.7 – Поперечный профиль капитального съезда в отм.+170 ÷ +140м

С целью реализации разработанных технологических рекомендаций для условий **Березняковского месторождения** золотосодержащих руд основные параметры карьера при ведении добычных работ, обоснованы для северного его

борта. Остальные параметры приняты в соответствии с техническим проектом до-работки Березняковского золоторудного месторождения.

С целью формирования техногенной емкости для складирования текучих отходов обогатительной фабрики на основе разработанной геоинформационной модели Березняковского месторождения выбран участок и обоснован порядок отработки карьерного поля с целью своевременного получения необходимого объема вскрышных пород с требуемыми фильтрационными и прочностными характеристиками. В связи с этим выделено два этапа ведения работ:

Этап I – Выполаживание северного борта карьера на отметках +280 ÷ +240м без применения буровзрывных работ – выемка рыхлых пород.

Этап II – Доработка запасов Березняковского золоторудного месторождения.

В рамках первого этапа вскрытие рабочих горизонтов предусматривается производить скользящими съездами – полутраншеями с уступа на уступ. Съезды предназначены для двухстороннего движения автотранспорта с перемещением руды в буферные склады, вскрышных пород – в тело дамбы хвостохранилища.

Элементы системы разработки определены в соответствии с горно-геологическими условиями месторождения, параметрами принятого горнотранспортного оборудования и буровзрывных работ.

Производство работ предусматривается с формированием полутраншей на северо-западном борту карьера с продольным уклоном до 120%. Данные полутраншеи обеспечат доступ на рабочие горизонты с отметками 270м, 260м, 250м и 240м. Для интенсификации работ на начальном этапе в отметках «поверхность» ÷ +275м предусматривается использование экскаватора Hitachi ZX-850 типа «обратная» лопата и организация временных скользящих съездов с двухполосным движением. Транспортирование пород, вынимаемых из массива, предусматривается автосамосвалами Белаз-7555 грузоподъемностью 55т.

Основные элементы системы разработки, принятые с учетом геологических и горнотехнических условий, рабочих параметров применяемого оборудования и существующих нормативов приведены в таблице 6.7 и 6.8.

Таблица 6.7 – Основные элементы системы разработки в рамках (Этапа I)

Элементы системы разработки	Обозначения	Значения	
		Hitachi ZX 850H	ЭКГ-5А
Минимальная ширина рабочей площадки, м	Ш _{р.п.}	13,1	22,7
Ширина заходки экскаватора, м	А	до 20,4	до 15,4
Ширина призмы обрушения, м	П _{б.п.}	0,5	0,5
Высота рабочего уступа, м	Н	до 10	до 10
Рабочий угол уступа, град	α	45	45
Устойчивый угол уступа, град	β	34	34
Радиус черпания на уровне стояния, м	R _{ч.у}	12,0	9,04
Радиус разгрузки, м	R _р	12,3	12,65
Минимальный радиус разворота а/с, м	R _а	13,0	13,0
Ширина предохранительного вала, м	П _в	2,8	2,8
Ширина проезжей части, м	П _п	8,0	8,0
Ширина полосы для обочины, м	П' ₀	1,5	1,5

Таблица 6.8 – Основные элементы системы разработки (Этап II)

Наименование показателей	Единица измерения	Показатели
Высота уступа - добычного - вскрышного:	м	5
рыхлые породы		5
скальные породы		10
Высота уступа при погашении - рыхлые породы - скальные породы	м	30
		30
Ширина заходки по целику: - Hitachi ZX - 850 рыхлые породы скальные породы - ЭКГ-5 А	м	13,9
		15,6
		14,0
Ширина рабочей площадки: - Hitachi ZX - 850 - ЭКГ-5 А	м	28,0
		35,4
Угол откоса рабочего уступа - рыхлые породы - скальные породы	град.	55
		70
Угол откоса уступа при погашении бортов карьера - рыхлые породы - скальные породы	град.	18 – 45
		60
Угол погашения бортов карьера - рыхлые породы - скальные породы	град.	до 30
		до 40

Размеры карьера на момент окончания работ по формированию ограждающей дамбы и ведения добычных работ сведены в таблице 6.10.

Таблица 6.9 – Параметры карьера «Березняковский» на конец отработки

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя
Глубина карьера	м	до 140
Размеры карьера по поверхности:		
- длина	м	1013
- ширина	м	732
- периметр	м	3584
- площадь (общая)	га	75,95
Размеры карьера по дну:		
- длина	м	620
- ширина:	м	69
- периметр	м	1372
- площадь	га	1,64
Углы откосов вскрышных уступов:		
- рыхлые породы	град	34
- скальные породы	град	60
Высота вскрышного уступа:		
- по почвенному слою	м	до 0,1
- по вскрыше	м	до 40
Высота добычного уступа	м	до 10,0
Средний коэффициент вскрыши	м ³ /м ³	14,77
Коэффициент горной массы	м ³ /м ³	13,9

Необходимый объем вскрышных пород, используемых для формирования ограждающих дамб составляет 238,4 тыс. м³, что обеспечит создание техногенного объекта вместимостью 750 тыс. м³, для размещения текучих отходов в течение 5 лет.

С целью реализации разработанных технологических рекомендаций для условий угольного разреза **Коркинский** обоснованы параметры многофункциональной системы вскрытия и применения роботизированного горнотранспортного оборудования с целью обеспечения доступа к нижним горизонтам для доработки запасов, а также формированию площадок для обеспечения мероприятий по локализации эндогенных пожаров и подготовке выработанного пространства для размещения ожидаемых текучих отходов Томинского ГОКа.

С целью обоснования параметров открытых горных работ, на основе предоставленных предприятием данных, была разработана геоинформационная модель горнотехнической системы (рисунок 6.8), обеспечивающей доработку балансовых запасов в стесненных условиях с применением роботизированного горнотранспортного оборудования. В модели учтено современное состояние горных работ на

угольном разрезе, физико-механические характеристики вмещающих пород, концентрация угольных пластов и изменение углов их падения, а также наличие ослабляющих массив поверхностей деформации. Конструкционные параметры горнотехнической системы представлены в таблице 6.10.

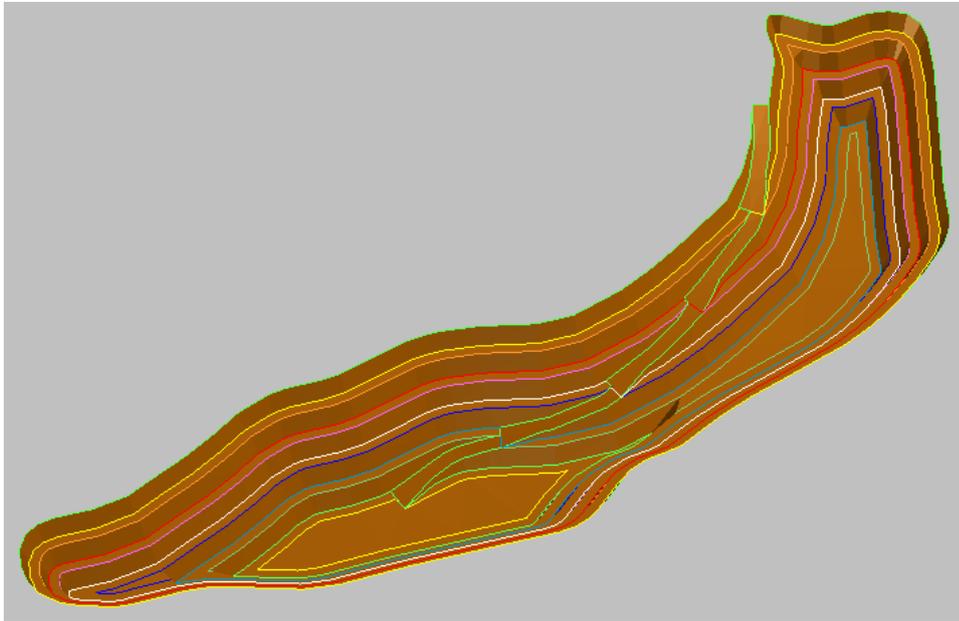


Рисунок 6.8 – Визуализация геонформационной модель Коркинского угольного разреза с фрагментом нижних его горизонтов при доработке запасов с использованием роботизированной оборудования

Таблица 6.10 – Параметры участка нижних горизонтов при глубине карьера 630 м

Параметр	Значение
Ширина дна карьера, до которой выполняется углубление, м	16,9
Нерабочий угол откоса уступа, град	55
Высота уступа, м	10
Ширина транспортной бермы, м	8
Руководящий уклон транспортной бермы, ‰	170
Ширина бермы безопасности, м	5

С целью создания многофункциональной системы вскрытия, доработки запасов и обеспечения пригрузки дна карьера в работе предусмотрено переоборудование и дооснащения следующего имеющегося на предприятии горнотранспортного оборудования:

- Экскаватор HyundaiR450LC-7 ($E=2,5 \text{ м}^3$);
- Экскаватор Hitachi ZX470-5G ($E=2 \text{ м}^3$);
- Экскаватор Hitachi ZX450LC ($E=2 \text{ м}^3$);

- Автосамосвал КАМАЗ 6520 (20 т);
- Автосамосвал БелАЗ-7547 (45 т);
- Бульдозер Б-10М.

Для обеспечения перевозки материалов отвалов вскрышных до места их размещения в выработанном пространстве разреза с целью укрепления его бортов предусматривается реконструкция и формирование внутренних карьерных автодорог для пропуска автосамосвалов БелАЗ -7558. Для обеспечения работ по локализации эндогенных пожаров и изоляции выходов пластов угля в борт разреза, а также формирования стационарной карьерной автодороги предусматривается использование автосамосвалов КАМАЗ 6520 или аналогичных.

Параметры автомобильных дорог капитальной траншеи для транспортировки пород вскрыши определены в соответствии со следующими условиями:

1. Для съездов, обеспечивающих формирование основной автодороги и доступа к эндогенным пожарам и выходам пластов угля в борт разреза:

- тип используемых автосамосвалов КАМАЗ 6520 6x4 грузоподъемностью 20 т;
- категории дорог – III-К;
- число полос движения – 2;
- ширина обочин - 1,5 м;
- проектный уклон автомобильного съезда - до 120%;
- минимальный радиус поворота – 9 м.

2. Для стационарных съездов, обеспечивающих транспортную связь поверхности с нижними горизонтами разреза и, основными горизонтами с которых предусмотрено укрепление бортов разреза:

- тип используемых автосамосвалов БелАЗ-7558 грузоподъемностью 90 т;
- категории дорог – III-К;
- число полос движения – 2;
- ширина обочин – 3,0 м;
- проектный уклон автомобильного съезда - до 100%;
- минимальный радиус поворота – 10,2 м.

Ширина автодорога рассчитывается с учетом применения автосамосвалов

БелАЗ-7558 и КАМАЗ 6520.

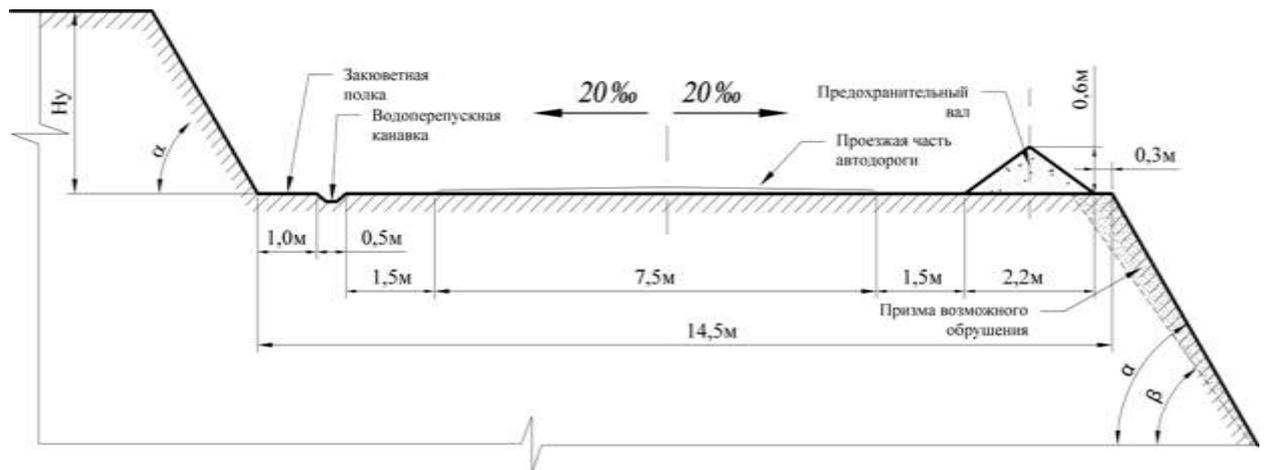


Рисунок 6.9 – Поперечный профиль транспортной бермы для локализации пожаров



Рисунок 6.10 – Поперечный профиль капитальной траншеи при доработке запасов

Формирование капитальной траншеи шириной 28 м предусматривается за счет реконструкции (уширения) существующих автомобильно-железнодорожных съездов разреза «Коркинский» с поверхностью абс. отм. +225 м до горизонта с отм. +68 м.

Реконструкция (уширение) траншеи предусматривается двумя способами: разносом (вырезкой) отдельных уступов разреза и формированием насыпи.

Разнос отдельных уступов предусматривается с использованием дизельного экскаватора типа «обратная лопата» НІТАСНІ ZX450 с емкостью ковша 2 м³. Расширение бермы уступа за счет разноса уступа будет осуществлено экскаватором НІТАСНІ ZX450 продольными заходками шириной от 4 до 10,5 м, при этом породы перемещаются непосредственно на площадку уступа (уровень стояния экскаватора) с последующим их сбросом под откос бульдозером Б10М. Предусматривается формирование бульдозером предохранительного вала высотой 1,2 м.

6.3 Оценка экономической эффективности разработанных рекомендаций

В основу оценки эффективности по совокупному использованию природных и техногенных георесурсов в условиях отработки запасов Восточно-Семеновского золоторудного месторождения открытым способом положены технические и технологические решения, рассмотренные в параграфе 6.1.

Разработанные рекомендации предусматривают создание многофункциональной схемы вскрытия для отработки запасов золото-медно-цинковых руд открытым и подземным способами, а также использование пород вскрыши для формирования ограждающих дам хвостохранилища и прудов-накопителей. Годовая производительность карьера по золото-медно-цинковым рудам – 150 тыс.т. Режим работы предприятия – непрерывный.

Для осуществления расчетов экономической эффективности отработки запасов месторождения приняты следующие исходные данные:

- 1) освоение месторождения осуществляется открытым с переходом на подземный способ;
- 2) запасы руды на время эксплуатации предприятия составляют 3358,8 тыс.т;
- 3) период проведения работ: 2019 – 2031 гг.;
- 4) добытая руда перерабатывается на Сибайской ОФ (до момента ввода в эксплуатацию собственной обогатительной фабрики);
- 5) доставка руды осуществляется автомобильным транспортом;
- 6) в качестве прогнозных показателей извлечения металлов из руды на ОФ приняты фактические значения за 2018 год, согласно 71-ТП: 96,8 % извлечение по золоту, 97,7 % извлечение по серебру;
- 7) на предприятии организован круглогодичный режим работы;

Финансово-экономический анализ проекта разработки запасов месторождения Восточно-Семеновского выполнен в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов» (Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ, Государственный комитет РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике от 21.06.1999 г.

№ ВК-477) с использованием программного продукта Microsoft Excel 2010.

При определении экономической эффективности дальнейшей разработки Восточно-семеновского месторождения все расчеты осуществлялись в рублях РФ в ценах по состоянию на 1-й квартал 2019 г. В качестве прогнозного курса доллара США к рублю РФ для расчетов был использован курс 64 руб./долл. США.

При определении стоимости готовой продукции была использована цена на золото 1271 долл. США за 1 тройскую унцию золота (31,1035 г.) или 2611 руб. за 1 г, что соответствует сложившемуся среднему значению цены на Лондонской бирже цветных металлов. Прогнозный уровень цен на серебро взят в расчете 14,75 долл. США за 1 тройскую унцию металла или 30,7 руб. за 1 г.

Затраты на горно-капитальные работы и на оборудование рассчитаны исходя из инвентарного парка и данных Заказчика и составляют 1 480,5 млн руб. (таблица 6.11).

Таблица 6.11 – Сводная смета капитальных затрат на совокупное использование природных и техногенных георесурсов при освоении запасов Восточно-Семеновского месторождения

№ п/п	Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
1	ГКР	1 998 000	213	425 574 000
2	Оборудование в т.ч			324 000 000
2.1.	экскаватор Komatsu PC1250-7, 6,7 м ³	3,0	45 000 000,0	135 000 000
2.2.	экскаватор Komatsu PC800, 4,5 м ³	2,0	36 000 000,0	72 000 000
2.3.	буровой станок Atlas Copco DML	1,0	40 000 000,0	40 000 000
2.4.	буровой станок Atlas Copco Roc L8	1,0	35 000 000,0	35 000 000
2.5.	буровой станок Atlas Copco Roc L6	1,0	27 000 000,0	27 000 000
2.6.	бульдозер Komatsu D155	1,0	15 000 000,0	15 000 000
2.7.	бульдозер Caterpillar D9R	1,0	34 500 000,0	34 500 000
2.8.	бульдозер Shantui SD32	1,0	19 500 000,0	19 500 000
2.9.	автосамосвал БЕЛАЗ-7547	14,0	5 500 000,0	77 000 000
2.10.	автосамосвал Caterpillar 740	14,0	30 000 000,0	420 000 000
2.11.	автосамосвал Komatsu HD465	12,0	15 000 000,0	180 000 000
	ИТОГО			1 480 574 000

Издержки производства представляют собой стоимостную оценку используемых в процессе производства трудовых, материальных, энергетических ресурсов, а также других затрат на производство и реализацию продукции.

Себестоимость продукции рассчитана прямым счетом исходя из следующих статей затрат:

- заработная плата основного производства;
- отчисления на заработную плату;
- затраты на взрывные работы;
- амортизация,
- ремонт и содержание основных средств;
- налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ);
- накладные расходы;
- прочие расходы.

Заработная плата основного производства рассчитана исходя из численности основных рабочих – машиниста экскаватора (5 чел), машиниста бульдозера (3 чел), машиниста буровой установки (3 чел), водителей автосамосвалов (50 чел) и средней заработной платы. Заработная плата остального персонала карьера учтена в накладных расходах. Согласно выполненным расчетам основная заработная плата составила 26 400,0 тыс. руб./год

Начисления на заработную плату рассчитаны исходя из годового фонда заработной платы персонала основного производства в размере 30% страховых взносов и 1,2% страхового тарифа от несчастных случаев и профзаболеваний. Величина социальных отчислений по карьере составит 1 841,4 тыс.р./год.

Затраты на буровзрывные работы выполняются сторонней специализированной организацией и согласно данным Заказчика составляют 800 млн.р./год.

Амортизация рассчитана исходя из норм амортизации основных средств и их балансовой стоимости. Нормы амортизации определены исходя из срока эксплуатации основных средств карьера:

Оборудование, кроме автотранспорта – 5% (норма амортизации принята с учетом сезонности отработки запасов),

Норма амортизации автотранспорта определена исходя из годового пробега 408 тыс. км, нормы амортизации на 1 тыс. км – 0,5 %, коэффициента, учитывающего сложность работы автотранспорта в карьере – 1,1. Норма амортизации автотранспорта составила – 31,02 %.

Затраты на амортизацию основного производства составили 114,311 млн руб. в год.

Налог на добычу полезных ископаемых рассчитан исходя из стоимости добытого полезного ископаемого и ставки налога 6,0%. Годовой объем отчислений по НДС в первый год разработки составит 3 407,7 тыс. руб.

Накладные расходы определены прямым счетом в размере 12,56 тыс. руб. в год и включают заработную плату с начислениями на социальные нужды административно-управленческого персонала.

Себестоимость добычи 1 т золото-медно-цинковых руд составит 6452,3 руб., соответственно горной массы – 186,1 руб. Годовой объем эксплуатационных затрат на добычу золото-медно-цинковых руд при годовой производительности 150 тыс. т – соответственно 967,85 млн руб.

Анализ экономической эффективности проекта произведен на основе прогнозируемого потока наличности (потока денежных средств) за период отработки запасов. Поток наличности по годам периода оценки представляет собой разность между финансовым обеспечением проекта и капитальными вложениями и показывает приток чистых денежных средств в период производственной деятельности предприятия и их отток на создание или расширение (модернизацию) предприятия (капитальные вложения). При прогнозировании потока наличности учтены собственные.

Согласно выполненным расчетам величина чистой прибыли за 13 лет эксплуатации месторождения при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов составит– 10, 044 млрд руб.

Для оценки экономической эффективности освоения месторождения был произведен анализ характеристик с учетом условий современного рынка, т.е. учитывались действующая система налогообложения и ставки кредитования для финансирования объектов. Так, ставка сравнения была принята на уровне 15 %.

Согласно выполненным расчетам Проект характеризуется достаточно невысокой эффективностью. Так, значение чистой текущей стоимости проекта составит 201,109 млрд руб., срок окупаемости 1,1 года, внутренняя норма доходности 18,6% (таблица 6.12).

Таблица 6.12 – Текущая стоимость проекта, тыс. руб.

Наименование показателей	Интервалы планирования, год		Итого
	1	2	
Приток средств:			
Выручка	567947,16	432698287,8	433266235
Амортизация	114311,2	114311,2	228622,4
Итого:	682258,36	432812599	433494857,4
Отток средств:			
Инвестиционные расходы	93032500		93032500
Текущие затраты на производство	483925,4667	967850,9335	1451776,4
Налоги	16804,33865	86346087,37	86362891,71
Итого:	93533229,81	87313938,31	180847168,1
Чистый поток денежных средств	-92850971,45	345498660,7	252647689,3
То же, с нарастающим итогом	-92850971,45	252647689,3	
Норма дисконта 15%	0,8696	0,7561	
Текущая стоимость чистых потоков денежных при норме дисконта 15%	-80743204,77	261231537,4	180488332,6
То же, с нарастающим итогом	-80743204,77	180488332,6	
Норма дисконта 10%	0,9091	0,8264	
Текущая стоимость чистых потоков денежных при норме дисконта 10%	-84410818,14	285520093,2	201109275,1
То же, с нарастающим итогом	-84410818,14	201109275,1	
Внутренняя норма доходности	18,6		
Индекс доходности	2,5		
Срок окупаемости	1,1		
Экономический			

Суммарный экономический эффект от формирования многофункциональной схемы вскрытия, первоочередной разработки Северного участка Восточно-Семеновского месторождения золото-медно-цинковых руд и использования вскрышных пород для формирования ограждающих дамб хвостохранилища и прудов-накопителей составляет 57 млн руб. (Приложение Б)

Оценка экономической эффективности разработанных рекомендаций для условий **Юбилейного месторождения** произведена с учетом производительности горнотранспортного оборудования, эксплуатируемого в стесненных условиях, сроков выполнения работ и ограничения провозной способности существующего капитального съезда по причине ее использования для перевозок пород от проходки горных выработок.

Предложенные и обоснованные технологические рекомендации не требуют капитальных затрат, так как предприятие на балансе имеет все необходимые технические средства. Затраты на работы по формированию многофункциональной схемы вскрытия не являются капитальными. Экономическая эффек-

тивность оценена исключительно по эксплуатационным затратам на выполнение работ в рамках разработанных рекомендаций и эффекта, полученного от добычи балансовой руды.

Производство работ требует применение горнотранспортного оборудования в количестве по одной единице экскаватора Komatsu PC 750, автосамосвала Volvo A40D и БелАЗ 7555, а также бульдозера Komatsu D155.

Основные показатели объемов и стоимости перехода на многофункциональную систему вскрытия и приведение северо-западного борта в границы проектного контура с целью обеспечения полноты выемки балансовых запасов в проектном контуре карьера «Юбилейный» приведены в таблице 6.13.

Таблица 6.13 – Основные показатели по объемам и стоимости разработанных технологических рекомендаций в условиях карьера «Юбилейный»

№ п/п	Основные проектные показатели	Единица измерения	Численные значения показателей
1	Объем экскавации вскрышных пород	тыс. м ³	157,82
2	Объем экскавации руды	тыс. т	100,0
3	Объем транспортирования вскрышных пород и руды	тыс. м ³	182,8
4	Стоимость экскавации пород	руб./ м ³	129,25
5	Стоимость транспортирования пород	руб./ ткм	16,96
6	Затраты на экскавацию пород	млн руб.	20,4
7	Затраты на транспортирование горной массы	млн руб.	3,1
8	Общая продолжительность работ по приведению северо-западного борта в границы проектного контура с целью обеспечения полноты выемки балансовых запасов	месяц	8

Суммарный экономический эффект от перехода на многофункциональную систему вскрытия и переноса капитального съезда на глубоких горизонтах, доработке балансовых запасов в объеме 100,06 тыс. т в пределах проектного контура карьера, формирования техногенного пространства для размещения пород от проходки подземных горных выработок, обеспечения постоянного транспортного доступа к карьерному водоотливу на нижнем горизонте составляет 54,6 млн руб. (Приложение В).

Оценка экономической эффективности разработанных рекомендаций для условий **Худолазского месторождения** известняков осуществлена с учетом того, что вскрытие запасов Северного участка производилась в результате выемки

горных пород с требуемыми фильтрационными и прочностными характеристиками для наращивания дамбы действующего хвостохранилища Сибайской обогатительной фабрики.

Затраты на производство работ по подготовке пород к выемке и формированию ограждающей дамбы были рассчитаны на основе объемов земляных работ и расценок на соответствующие виды работ. Расценки приняты в соответствии с ФЕР-2001 и индексом пересчета в текущий уровень цен. Расчет приведен в таблице 6.14.

По состоянию на III квартал 2017 года в соответствии с письмом Координационного центра по ценообразованию и сметному нормированию в строительстве от 14 августа 2017 г. № КЦ/2017-08ти "Об индексах изменения сметной стоимости строительства по Федеральным округам и регионам Российской Федерации на август 2017 года" индекс к величине затрат на эксплуатацию машин и механизмов составляет 9,95.

Таблица 6.14 – Расчет затрат на земляные работы по опережающей выемки горных пород с целью их использования для наращивания дамбы СОФ

№ п/п	Наименование работ	Вид техники	Кол-во техники	Ед. изм объема работ	Расценка, руб./час	Объем работ	Затраты, тыс. руб.
1	Выемка вскрышных пород для наращивания дамбы хвостохранилища	экск. ЭКГ- 5	3	маш. час	2 467,60	27,4	67,7
2	Транспортировка пород отвала и планировка дорог для формирования аккумуляторной емкости	бульдозер базе трактора Т-170	1	маш. час	2 434,77	5,09	12,4
3	Работа самосвала по транспортированию породы для наращивания дамбы хвостохранилища	БелАЗ-7523	7	т*км	35,00	2822	98,9
Итого						2854,49	179,0

Суммарный экономический эффект от вскрытия Северного участка Худолазского месторождения известняков и использования вскрышных пород для наращивания дамбы хвостохранилища СОФ составляет 179 млн руб. (Приложение А).

Для ниже представленных двух предприятий при оценке экономической эффективности предлагаемых решений в качестве альтернативы традиционному

подходу к финансированию обоснованных решений был использован метод проектного финансирования, который способствует оптимальному распределению рисков между всеми участниками, вовлеченных в реализацию проект и обеспечивающее более высокую доходность за счет эффективного использования сильных и слабых сторон традиционных форм финансирования [179, 89, 86, 145].

Для реализации технологических рекомендаций для условий **Березняковского месторождения** золотосодержащих руд, обеспечивающих создание техногенной емкости на базе существующих отвалов и законсервированных карт выщелачивания для складирования хвостов обогащения проведен инвестиционный анализ реализации рекомендаций – строительство наливного хвостохранилища, стоимость которого составляет 17,2 млн руб., при сроке эксплуатации 5 лет. Ключевым фактором при анализе эффективности применения метода проектного финансирования является оценка проектных рисков. В качестве финансовых показателей эффективности рекомендаций приняты: приведенная чистая стоимость проекта (NPV), внутренняя норма доходности (IRR) и динамический срок окупаемости инвестиций (DRR). Калькулируемая ставка дисконтирования методом экспертной оценки и принята 11%, и включает все возможные риски: инфляционные, маркетинговые, финансовые, а также учтена ставка рефинансирования.

Анализируя расчеты согласно традиционному методу финансирования за счет собственных средств горного предприятия и банковских кредитов, возможны три группы рисков, возникающих в процессе реализации технологических рекомендаций: риск подрядчика, инновационный риск и риск, связанный с человеческим фактором при ведении горных работ. Распределение обозначенных рисков, определено экспертным путем, и их численные значения, соответственно, составляют 20%, 10% и 1%. В результате расчета количественных финансовых показателей не обеспечивает экономическую эффективность реализации рекомендаций, поскольку они не окупаются, так как денежный поток имеет отрицательное значение и составляет – 0,89 млн руб., при внутренней норме доходности в 9,1%.

Для обеспечения экономической эффективности реализации разработанных рекомендаций в работе рассмотрены методы проектного финансирования, спо-

способствующие распределению рисков между всеми участниками, вовлеченных в формирование наливного хвостохранилища и проект строительства обогатительной фабрики. Для этого проведен анализ воздействия тех же групп рисков: подрядчика и риска, инновационных, вызванного человеческим фактором с учетом основного принципа проектного финансирования. Экспертным путем установлены следующие количественные значения рисков, соответственно – 2%, 1%, 1%. Более низкий уровень первых двух рисков обусловлен привлечением подрядчика по строительству обогатительной фабрики в качестве соинвестора.

Расчет финансовых показателей эффективности разработанных технологических рекомендаций на основе проектного финансирования с вероятностью обозначенных рисков показывает, что формирование техногенной емкости для размещения текучих отходов при финансовом участии подрядчика, осуществляющего строительство обогатительной фабрики является экономически выгодным, при этом вложенные средства окупаются на первый год эксплуатации емкости, при этом приведенный денежный поток (показатель NPV) равен 0,41 млн руб., а внутренняя норма доходности достигает 11,7 %.

Сравнение проведенных расчетов представлены в таблице 6.15.

Таблица 6.15 – Сравнение методов финансирования и показателей эффективности разработаны технологические рекомендации

Возможные риски	Расчетные показатели	Традиционная форма финансирования	Проектное финансирование
Риск подрядчика; Инновационный риск и риск, вызванный человеческим фактором	NPV	-0,89 млн руб.	0,41 млн руб.
	IRR	9,1%	11,7%
	DRR	не окупается	на 1 год

При оценке эффективности применения метода проектного финансирования комплексного освоения участка недр, для условий месторождения «Коркинское», учтено, что балансовые запасы, приходящиеся на открытый способ добычи, не могут быть отработаны применяемыми на предприятии технологиями. В связи с эти разработаны рекомендации по использованию роботизированного горнотранспортного оборудования при доработке балансовых запасов угля и формировании техногенной емкости для размещения текучих отходов

обогащения Томинской обогатительной фабрики.

Рассмотрен метод проектного финансирования, в рамках которого будет реализован проект по доработке оставшихся балансовых запасов угля с применением роботизированного горнотранспортного оборудования. После отработки запасов предусмотрена пригрузка дна карьера породами вскрыши в объеме 170 млн м³.

Инвестиционный анализ реализации проекта по доработке оставшихся балансовых запасов угля с применением роботизированного горнотранспортного оборудования, стоимость которого составляет 1 310,20 млн руб., показал, что при сроке реализации проекта 6 лет ставка дисконтирования составляет 11%, с учетом заложенных следующих рисков: финансовые, инфляционные, маркетинговые, а также учтена ставка рефинансирования.

В расчетах при доработке запасов в рамках традиционного метода финансирования за счет собственных средств горного предприятия и банковских кредитов, учитывались следующие группы рисков: правовой риск, экологический риск, риск подрядчика, инновационный риск и риск, связанный с человеческим фактором при ведении горных работ. Экспертным путем определено, что они равны, соответственно 10%, 20%, 20%, 10% и 1%. В результате расчета количественных финансовых показателей не обеспечивает экономическую эффективность реализации рекомендаций, поскольку предложенные решения не окупаются, и денежный поток является отрицательным, при приведенной чистой стоимости проекта -18,5 млн руб., и внутренней норме доходности достигает 9,8%.

В качестве альтернативного метода финансирования рекомендаций по использованию роботизированного горнотранспортного оборудования при доработке балансовых запасов угля и формировании техногенной емкости для размещения текучих отходов обогащения Томинской обогатительной фабрики рассмотрен метод проектного финансирования. Группы рисков приняты аналогичные как для традиционного метода с количественной оценкой соответственно: 10%, 5%, 5%, 2%, 1%. В результате расчетов приведенная чистая стоимость разработанных рекомендаций составила 130,6 млн руб., при внутренней норме доходности 17,3%.

Результаты расчета финансовых показателей при использовании традици-

онного подхода и проектного финансирования по реализации рекомендаций по использованию роботизированного горнотранспортного оборудования при доработке балансовых запасов угля и формировании техногенной емкости для размещения текучих отходов обогащения Томинской обогатительной фабрики представлены в таблице 6.16.

Таблица 6.16 – Сравнение расчета количественных финансовых показателей эффективности проекта при проектом финансировании и традиционном подходе

Проектные риски	Расчетные показатели	Технические решения по доработке запасов		Техническое решение по складированию отходов и ликвидации	
		Традиционная форма финансирования	Проектное финансирование	Традиционная форма финансирования	Проектное финансирование
Экологический риск; риск недополучения угля; риск возгораемости массива; риск тепловой температуры массива; правовой риск; инновационный риск; риск подрядчика; риск, вызванный человеческим фактором	NPV	18,5 млн.руб.	130,6 млн.руб.	5,0 млн.руб.	-34,0 млн.руб.
	IRR	9,81%	17,39%	12,32%	7,78%
	DRR	не окупается	на 6 год	на 6 год	не окупается

Выводы по главе 6

1. Проведенные исследования горно-геологического и горнотехнического состояния открытых горных работ на горнодобывающих предприятиях Южного Урала, находящихся на различных стадиях функционирования, на предмет совокупного использования природных и техногенных георесурсов, позволили сделать вывод о том, что перспективными направлениями являются целенаправленная выемка пород с заданными физико-механическими характеристиками для использовании их в качестве материалов ограждающих дамб техногенных емкостей; формирование многофункциональной схемы вскрытия и создание техногенных объектов для размещения текучих отходов обогащения полезных ископаемых.

2. Разработанные технологические рекомендации, обеспечивающие комплексное освоение участка недр при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов на крутопадающих месторождениях, позволяют вести одновременную отработку запасов, формирование и эксплуатацию техногенных объектов, в том числе, не связанных с добычей твердых полезных ископаемых.

При этом обеспечивается повышение финансовых показателей предприятия и выполнение работ в рамках технического этапа рекультивационных работ.

3. Для разработанных технологических рекомендаций выполнена технико-экономическая оценка и предложены методы финансирования отдельных из них с целью обеспечения рентабельности их выполнения, в частности, применен метод проектного финансирования.

4. Результаты выполненного технико-экономического анализа разработанных рекомендаций позволяет сделать вывод о том, что совокупное использование природных и техногенных георесурсов, при традиционных формах финансирования не всегда является экономически целесообразным по причине значительных затрат, необходимых в краткосрочной перспективе и влияния рисков, возникающих при реализации рекомендаций. Технологические решения, направленные не на снижение затрат горнодобывающего предприятия, ведущего разработку месторождения, а на создание техногенного объекта для эксплуатации под нужды сторонних предприятий или совмещения работ по рекультивации земель, требуют поиска соинвесторов.

5. Для условий Юбилейного месторождения суммарный экономический эффект в 54,6 млн руб., обеспечен за счет перехода на многофункциональную систему вскрытия и переноса капитального съезда на глубоких горизонтах при доработке балансовых запасов в пределах проектного контура карьера, формирования техногенного пространства для размещения пород от проходки подземных горных выработок. Для условий Худолазского месторождения суммарный экономический эффект в 179 млн руб. который обеспечен опережающим вскрытием Северного участка с целью использования вскрышных пород для наращивания дамбы хвостохранилища СОФ. Для условий Восточно-Семеновского месторождения суммарный экономический эффект в 57 млн руб., достигнут за счет создания техногенной емкости и использования пород вскрыши для формирования дамб хвостохранилища, а также принятая многофункциональная система вскрытия для последующей доработки запасов подземным способом. Экономический эффект подтвержден актами предприятия и оформлен в установленном порядке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, являющейся законченной научно-квалификационной работой, дано решение крупной научной проблемы обоснования параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем на всех стадиях функционирования горно-добывающего производства путем выбора направлений использования техногенных объектов и целенаправленного разделения пород горной массы с целью последующего их формирования при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов, что имеет важное социально-экономическое значение для развития крупных действующих и потенциальных горнопромышленных регионов России.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. В результате анализа направлений и опыта комплексного освоения природных и техногенных георесурсов установлено, что в настоящее время при открытой разработке крутопадающих месторождений формируются отвалы и выработанное пространство карьеров, которые практически не используются и требуют значительных затрат на рекультивацию. Для компенсации негативных факторов при проектировании горнотехнической системы обеспечение условий ее устойчивого развития достигается заблаговременным выбором направления использования техногенных объектов и реализацией технических решений по их формированию непосредственно в процессе разработки балансовых запасов.

2. Дано развитие научно-методических основ определения параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений, базирующееся на разработанной концепции устойчивого развития горнотехнической системы при открытой геотехнологии, позволяющей компенсировать влияние негативных факторов. Доказано, что эксплуатация техногенных георесурсов и выбор режима горных работ определяется не только обеспечением производственной мощности карьера по полезным ископаемым, но и динамикой

формирования техногенных объектов с заданными потребительскими характеристиками с учетом физико-механических свойств горных пород, агрегатного состояния и класса опасности размещаемых отходов.

3. Разработана динамическая геоинформационная модель горнотехнической системы, основанная на блочном принципе представления не только осваиваемых полезных ископаемых, но и вмещающих пород, а также формируемых на их основе техногенных георесурсов. Использование геоинформационной модели позволяет на этапе проектирования определять оптимальные конструктивные и технологические параметры, а на этапе функционирования, в совокупности с автоматизированными системами управления, обеспечивать одновременную добычу полезных ископаемых и создание техногенных объектов. Доказано, что применение роботизированного горнотранспортного оборудования обеспечивает уменьшение ширины рабочей площадки более чем на 30% при увеличении рабочего угла борта карьера на величину до 5° .

4. Установлено, что целенаправленное формирование техногенных объектов с заданными потребительскими характеристиками и последующая их эксплуатация требуют изменения подхода при проектировании горнотехнической системы и обоснованию ее структуры и параметров, что достигается применением логистических принципов при организации потоков рудной массы и породных разностей на основе дифференцирования полезных ископаемых и вмещающих пород по прочностным и противofильтрационным характеристикам в пределах всего карьерного поля. Доказано, что использование рыхлых пород с коэффициентом фильтрации не более 0,001 м/сут. обеспечивает создание инженерно-защитной системы изоляции, а скальных пород – прочности конструкции, что позволяет создавать техногенные емкости для размещения промышленных отходов II-IV класса опасности при одновременном увеличении объема подготовленных к выемке запасов не менее чем на 10%.

5. Впервые предложена многофункциональная схема вскрытия, обеспечивающая не только грузо-транспортную связь рабочих горизонтов с приемными пунктами на поверхности на период ведения добычных работ, но и транспорт-

ную и технологическую доступность требуемого участка в пределах всего срока эксплуатации техногенного объекта за счет целенаправленного создания технологических площадок и коммуникаций. Доказано, что применение петлевой формы трассы и технологических площадок размером не менее чем 25×25 м в пределах капитальных траншей позволяет размещать твердые и текучие промышленные отходы и обеспечивает транспортную и технологическую доступность, а также проведение геомеханического мониторинга природного и техногенного массива на протяжении всего периода эксплуатации техногенного объекта в качестве приемной емкости.

6. Научно обосновано, что при формировании техногенных георесурсов на базе выработанного пространства карьера с целью размещения текучих отходов в режиме самотечного перемещения требуется создание крутой траншеи с шириной дна не менее 2,5 м и разгрузочной площадкой вдоль верхней бровки карьера. Капитальная траншея должна иметь петлевую форму трассы и располагаться на противоположном борту от крутой траншеи в пределах обоснованного сектора заложения, значение угла которого зависит от реологических свойств отходов и конструктивных параметров карьера и составляет от 10° до 178° соответственно при угле растекания отходов от 1 до 14 град.

7. Разработаны и систематизированы технологические схемы совокупного использования природных и техногенных георесурсов, учитывающие заблаговременное развитие работ на участках с требуемыми физико-механическими свойствами горных пород, использование которых обеспечивает формирование техногенных объектов, технологических площадок и техногенных емкостей для размещения промышленных отходов III-IV класса опасности и различного фазового состояния при увеличении доли задействованных пород вскрыши до 30%.

8. Обоснован критерий эффективности использования техногенных георесурсов, определяющий степень вовлечения объема вскрышных пород в процессе ведения добычных работ при комплексном освоении участка недр. Установлено, что динамика объемов добычи руды и объемов вскрыши при выборе режима горных работ приводит к увеличению текущего коэффициента вскрыши до 1,5

раз при росте эффективности комплексного освоения крутопадающего месторождения не менее чем на 8%.

9. Доказано, что при определении режима горных необходимо учитывать не только производственную мощность карьера по полезному ископаемому, но и вид создаваемого техногенного объекта, его потребительские характеристики и сроки формирования, а также физико-механические свойства породных разностей и размещаемых отходов. Это позволяет использовать извлекаемые вскрышные породы для создания техногенных емкостей как в недрах Земли, так и на ее поверхности при повышении объема использования вскрышных пород более чем на 25% при размещении промышленных отходов II-III класса опасности.

10. Обоснованы технические решения по увеличению полноты освоения запасов крутопадающих месторождений при ведении добычных работ на нижних горизонтах карьера за счет использования эффекта временной устойчивости откосов его борта, с последующим ее восстановлением до нормативных значений за счет формирования пригрузки из текучих отходов и продуктов их переработки. Установлено, что на стадии доработки запасов целесообразно увеличение результирующего угла борта карьера на участке до 50% от общей его глубины для следующих условий: скорость углубки до 15 м/год, физико-механические свойства пород, слагающих массив ($C=0,08$ МПа; $\varphi=25^\circ$; $\gamma=2,5$ т/м³); угол естественного откоса размещаемых отходов 3° ; годового объема их размещения 4,0 млн м³/год.

11. Выполнена технико-экономическая оценка эффективности освоения участка недр при обосновании параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем на базе горнодобывающих предприятий, осваивающих участки недр месторождений «Юбилейное», «Восточно-Семеновское», «Худолазское». Суммарный подтвержденный экономический эффект составил 290,6 млн руб., а для условий Коркинского разреза расчетный экономический эффект - 114,7 млн руб.

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. Агафонов, А.Н. Стратегическое управление испытательными полигонами промышленности: тенденции, проблемы и пути их решения: монография / Агафонов А.Н., Зильберштейн О.Б. – М: Изд. Перо, 2013. – 168с.
5. Агошков, М.И. Развитие идей и практики комплексного освоения недр / М.И. Агошков. – М.: ИПКОН АН СССР, 1982. – 25 с.
6. Арсентьев, А. И. Определение производительности и границ карьеров / А. И. Арсентьев. – М.: Недра, 1970 – 319 с.
7. Арсентьев, А.И. Принятие решений о параметрах карьера:– учеб. Пособие.– Л.:ЛГИ, 1982.– 60 с.
8. Арсентьев, А.И. Развитие методов определения границ карьеров / Арсентьев А.И., Полищук А.К.– Л.: Наука, 1967.– 95 с.
9. 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.
10. 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.
11. Барабанов, В.Ф. Разработка крутых и наклонных пластов открытым способом с размещением пустых пород в выработанном пространстве / В.Ф. Бараба-

нов, П.И. Томаков, И.И. Дергачев // Уголь. – 1959. – №12. – С.12 – 15.

12. Березовский П.В.. Экономическая оценка вторичных минеральных ресурсов. – Санкт-Петербург: СПГГИ (ТУ), 2006. – 163 с.

13. Большой экономический словарь / под ред. А.Н. Азрилияна. 7-е изд., доп.– М.: Институт новой экономики, 2007. – 1472 с.

14. Бурмистров, К.В., Выбор комплексов оборудования для производства выемочно-погрузочных работ в стесненных условиях нижних горизонтов карьеров / Бурмистров К.В., Колонюк А.А., Аргимбаев К.Р. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова.- 2010.- № 1.- С. 22-25.

15. Бусленко, Н.П., Калашников, В.В., Коваленко, И.Н. Лекции по теории сложных систем / Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. - М.: Наука. 1971.– 320 с.

16. В. Клишин, В. Климов, М. Пирогова. Интегрированные технологии Computervision. Открытые системы, # 2, 1997. С. 37-42. (<http://www.mineframe.ru/materials>)

17. Васильчук, М.П. Недра и основные положения экологической безопасности их освоения / Васильчук М.П., Трубецкой К.Н. // Горный журнал. -1995. -№ 7.- С. 17–21.

18. Владимиров, Д.Я. Обоснование параметров роботизированных горнотехнических систем в осложненных условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / Д.Я. Владимиров. – Магнитогорск, 2016. – 176 с.

19. 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.

20. Выполнение поисковых и разведочных работ по объекту «Вишневское медно-колчеданное месторождение» на 2011-2013гг. «Проходка опытно-промышленного карьера по Западному рудопроявлению Вишневского месторождения медьсодержащих руд»: рабочий проект / ООО «Маггеопроект».– Магнитогорск, 2011.

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. Гавришев, С.Е. Способы размещения промышленных отходов в карьерах и отвалах /Гавришев С.Е., Пыталев И.А., Козловский А.А. //Материалы IV Всероссийской молодежной науч.-практ. конф. «Проблемы недропользования». – Екатеринбург, 2010. – С.49–54.

25. Галиев С.Ж., Саменов Г.К. Исследование влияния режима загрузки автосамосвалов и уклона дорог на эффективность работы горно-транспортных комплексов карьеров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал).- 2015.- № S1-1.- С. 311-329.

26. 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.

27. Геомеханический мониторинг состояния прибортовой полосы разреза «Коркинский» посредством инструментальных маркшейдерских измерений по существующим наблюдательным линиям: отчет по НИР / Уральский филиал ОАО ВНИМИ.– Екатеринбург, 2012. – 44 с.

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

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

30. 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.

31. Гладышев, Н.Г. Научные основы рециклинга в техноприродных кластерах обращения с отходами: дис. ... д-ра техн. наук. – Самара: СГТУ, 2013. – 331 с.
32. Глазьев, С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / Междунар. фонд Н.Д.Кондратьева.– М.: ВладДар, 1993.– 310 с.
33. Гоберман, М. И. Нахождение предельной глубины открытых работ/ М. И. Гоберман // Инженерная работа.– 1927. - № 4.
34. Горное дело и охрана окружающей среды: учебник для вузов / Певзнер М.Е., Малышев А.А., Мельков А.Д., Ушань В.П. — 3-е изд., стер. — М.: Изд-во МГГУ, 2001. — 300 с.
35. Горные науки, освоение и сохранение недр земли / под ред. акад. К.Н. Трубецкого.- М.:– Изд-во. Академии горных наук, 1997. – 475 с.
36. ГОСТ 17.8.1.01-86. Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения.
37. ГОСТ Р 21.1703-97. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – М.: Госстрой России, 1997.
38. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2013 году».– М., 2014. – 384 с. <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1683>.
39. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году».– М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2018.– 888 с.
40. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 13.07.2015).
41. Гридина, Е.Б. Обоснование параметров складов отходов железорудных карьеров при формировании техногенных месторождений: дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: СПГГИ (ТУ), 2004. – 128 с.
42. Динамика негативного воздействия на окружающую среду на разных стадиях развития горного производства / А.Ф. Фадеичев, А.В. Хохряков, Н.В. Гревцов, Е.М. Цейтлин // Известия вузов. Горный журнал.– 2012.– №1.– С.39-46
43. Дороненко, Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками / Дороненко Е.П. – М., 1979.
44. Ермошкин, В.В. Рекультивация нарушенных земель и решение экологиче-

ских проблем в Кемеровской области / В.В. Ермошкин, Т.В. Галанина // Горный журнал. - 2006. - №11. - С.88 – 89.

45. Заляднов В.Ю. Обоснование способов формирования техногенных георесурсов при открытой разработке железорудных месторождений. дис. ... канд. тех. наук. – Магнитогорск, 2005. – 130 с.

46. Зотеев, О. В. Геомеханика: учеб. Пособие- / Зотеев О. В. , Осинцев В. А. Екатеринбург: УГГГА, 1997. 128 с.

47. 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.

48. Изыскание эффективных вариантов отработки железорудных месторождений Бакальского рудного поля / С.Н. Корнилов, С.Е. Гавришев, В.Н. Калмыков и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 1(37). – С. 5-10.

49. Использование системы диспетчерского управления для повышения производительности работы автосамосвалов (на примере угольного разреза) / А.В. Федорина, А.А. Шаронова, Н.А. Осинцев, И.А. Пыталев // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2015. – № 1. – С. 29-33.

50. Исследование устойчивости бортов Главного карьера Высокогорского рудоуправления: отчет о НИР /ИГД МЧМ СССР; рук. Зотеев В.Г.. – Свердловск, 1978. – 97 с.

51. Каздым, А.А. Экологические проблемы древности – историческая ретроспектива / А.А. Каздым // История науки и техники. - 2007. - №5.

52. Калабин, Г.В. Горнопромышленный комплекс и природоохранные технологии / Калабин Г.В. // Горный журнал. – 2005. – №2. – С. 12-16.

53. Каплунов Д.Р., Радченко Д.Н. Обоснование полного цикла комплексного освоения недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых // ГИАБ, 2011. №1 (специальный выпуск). - С. 447-455.

54. 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.

55. Каплунов, Д.Р. Комбинированная геотехнология / Д.Р. Каплунов, В.Н. Калмыков, М.В. Рыльникова. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 560 с.

56. Каплунов, Д.Р. Развитие теоретических основ проектирования горнотехнических систем для их устойчивого долговременного функционирования / Каплунов Д.Р., Радченко Д.Н. // 50 лет российской научной школе комплексного освоения недр Земли: материалы Международной научно-практической конференции.– Москва, 2017.– С. 345-350.

57. 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.

58. Каплунов, Д.Р. Систематизация и типизация горнотехнических систем комбинированной геотехнологии* / Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Корнеев С.А. // ГИАБ.– 2009.– №11.

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

60. Карелия. Горный парк «Рускеала». – Режим доступа: <http://www.ticrk.ru/>.

61. Карлович, И.А. Геоэкология: учебник для высшей школы / И.А. Карлович. - М.: Академический проект: Альма-Матер, 2005. – 512 с. - ("Gaudeamus")

62. Кашапов, З.М. Разработка технологии управляемого формирования отвальных массивов в выработанном пространстве глубоких карьеров : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Кашапов З.М. – Алма-Ата, 1992.

63. Классификация карьерных выемок по возможности их использования для размещения промышленных отходов. /Гавришев С.Е., Пыталев И.А., Павлова Е.В., Козловский А.А. // Черные металлы. – 2011. – № 6. – С.29–33.

64. 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.

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

66. 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.

67. Козловский А.А. Повышение экономической эффективности горнодобывающих предприятий на разных этапах функционирования за счет размещения промышленных отходов в карьерах и отвалах // Комбинированная геотехнология: комплексное освоение и сохранение недр Земли: труды по материалам международного науч.-техн. конф. (23-27 мая 2011 г.), – Магнитогорск, 2011. – С. 163-166.

68. 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.

69. 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.

70. Козловский, А.А. Применение пыли для профилактики возгораний на полигоне для размещения отходов ОАО «ММК» /Козловский А.А., Наумкин В.В. // Комбинированная геотехнология: развитие физико-химических способов добычи: материалы международного науч.-техн. конф. – Магнитогорск, 2007. – С.62-63.

71. 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 международного науч.-техн. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Г.И. Носова . – Магнитогорск, 2005. – С.357–359.

72. Колбасин, А. А. Рациональная разработка недр и охрана природы на карьерах /А. А. Колбасин, Г. Л. Серeda, Н. Е. Тартаковский.– М.: Недра, 1983. – 118 с.

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

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

75. Конончик, Л.Е. Складирование вскрышных пород в отработанное карьерное пространство как способ охраны окружающей среды / Конончик Л.Е., Сус-

лонова Г.Н. // Горный журнал. – 2001. – №7. – С. 26-28.

76. Краев, А. П. Основы геоэлектрики / А. П. Краев. - Л.: Недра, 1965. - 566 с.

77. Краснов, О. С. Основные этапы оценки экономической эффективности разработки техногенных месторождений / Краснов О. С., Салихов В. А. // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – 1(3).

78. Криль, Д. Рекультивация бурогоугольных разрезов в средней Германии на примере разреза «Гойче» / Д. Криль // Горный вестник. - 1998. - №1. – С. 91-95.

79. Крылов, Э.И. Анализ эффективности инвестиционной и инновационной деятельности предприятия : учебное пособие для студентов, обучающихся по экономическим специальностям / Э.И. Крылов, В. М. Власова, И. В. Журавкова.- М.: Финансы и статистика, 2008.

80. Кунву Ли. Основы САПР. - СПб.: Питер, 2004.

81. Маркетинг: учебное пособие / И.В. Ковалева, А.Л. Полтарыхин, Н.С. Андропова, Ю.В. Хренова.– Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 559 с.

82. Медведева, О.А. Обеспечение грузотранспортной связи при доработке глубоких карьеров / Медведева О.А. // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр.- Днепрпетровск: ИГТМ НАНУ, 2011.- Вып. 94.

83. Мельников, Н.Н. Аспекты устойчивости горнопромышленного комплекса страны / Мельников Н.Н. // Юбилейная сессия отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук РАН «Развитие новых научных направлений и технологий освоения недр земли».– Люберцы: ФГУП Национальный научный центр горного производства – Институт горного дела им. А.А. Скочинского, 1999.– С. 24–26.

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

85. Методическая документация в строительстве. Концепция обращения с твердыми бытовыми отходами в Российской Федерации : МДС-13-8.2000. Утверждена постановлением коллегии Госстроя России от 22 декабря 1999 г. №17.

86. Методы проектного финансирования инвестиционных технологий в сфере недропользования / М.В. Рыльникова, И.А. Пыталев, К.И. Струков, И.А. Трушина // Горный журнал. – 2018. – № 2. – С. 21-26.

87. Мосинец, В.Н. Горные работы и окружающая среда / В.Н. Мосинец, М.В.

Грязнов.– М.: Недра, 1978. – 192 с.

88. Налоговый кодекс Российской Федерации. Ч. 1 и 2. – М.: Норма, 2000.

89. Никонова И.А. Проектный анализ и проектное финансирование.– М.: Альпина Паблишер, 2012.

90. Новиков, А.А. Перспективы развития сырьевой базы металлургии России / Новиков А.А., Ястржембский И.Э. // Горный журнал. – 2002. – №7. – С.3.

91. Новый подход для оценки эффективности работы горно-обогатительных комбинатов / И.Т. Мельников, С. Е. Гавришев, А.Г. Михайлов и др. // Горная промышленность. – 2012. – № 5 (105). – С. 60-66.

92. О целесообразности размещения отходов добычи и переработки руд Томинского месторождения в карьере « Коркинский» / Калмыков В.Н., Зотеев О.В., Зубков А.А., Гоготин 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.

93. ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». ГОП. Рудник. Капремонт. Рекультивация Западного карьера г. Магнитной : рабочий проект. – Магнитогорск: ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ», 2003.

94. Обоснование устойчиво-безопасных параметров откосов бортов карьера «Камаган» при подземной доработке месторождения / Мажитов А.М., Корнеев С.А., Пыталев И.А., Кравчук Т.С. // Горный журнал.- 2018.- № 2.- С. 30-38.

95. Обоснование устойчиво-безопасных параметров откосов бортов карьера «Камаган» при подземной доработке месторождения / А.М. Мажитов, С.А. Корнеев, И.А. Пыталев, Т.С. Кравчук // Горный журнал. – 2018. – № 2. – С. 27-30.

96. 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.

97. 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.

98. 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

99. Определение ценности техногенных георесурсов / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, И.А. Пыталев, Е.В. Павлова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2010. – № 2. – С. 5-8.

100. Оптимизация параметров гидротранспорта хвостов выщелачивания руд цветных металлов / Голик В.И., Сарычев В.И., Абрамкин Н.И., Сафронов В.П // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле.– 2018.– № 3.– С. 150-158.

101. 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.

102. Основы логистики: учеб. пособие / под ред. Л.Б. Миротина.– М.: Горячая Линия-Телеком, 2010.

103. Открытые горные работы : справочник / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Веницкий, Н.Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

104. Открытые горные работы: справочник / Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Веницкий К.Е., Мельников Н.Н. и др. – М.: Горное бюро, 1994.– 590 с.

105. 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.

106. 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.

107. Оценка эффективности работы самосвалов ОАО «АТУ» при рекультивации карьера «Западный» / С.Е. Гавришев, С.Н. Корнилов, А.М. Крупнов, И.А. Пыталев // Горный журнал. – 2012. –№ S3. – С. 20-22.

108. Павлова, Е.В. Обоснование параметров карьеров при комплексном освоении природных и техногенных георесурсов: автореф. дис. ... канд. техн. наук/ Павлова Е.В. – Магнитогорск, 2013.

109. ПБ 03-428-02.– Правила безопасности при строительстве подземных сооружений утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 01.11.01 № 49.

110. Пески Прикамья - потенциальные техногенные месторождения / Наумов В.А., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Мишанов О.А. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки.– 2010.– Т. 15.– № 2.– С. 636-639.

111. 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.

112. Плесовских, Т.П. Обоснование методов управления техногенными георесурсами при открыто-подземной разработке медно-колчеданных месторождений: дис. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск: МГТУ, 2013. – 175 с.

113. Повышение качества дробления и оптимизации параметров буровзрывных работ при применении эмульсионных ВВ и высокоуступной технологии добычи на рудных месторождениях / Д.В. Доможиров, И.А. Пыталев, И.И. Носов, В.И. Носов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № S36. – С. 35-42.

114. Подготовка горизонта 475-570 м разреза «Коркинский» (дополнение) Том I. Пояснительная записка (1665/1-ПЗ-1).– Екатеринбург, 2003.

115. Подготовка горизонта 475-570 м разреза «Коркинский» п/о «Челябинкуголь».- Т. I.- Кн. 2. Пояснительная записка. Геологическая, технологическая и остальные части (разделы 10-26).– Екатеринбург, 1982г.

116. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов / В.В. Авдонин, Г.В. Ручкин, Н.Н. Шатагин, Т.И. Лыгина, М.Е. Мельников; под ред. В.В. Авдонова. – М.: Академический Проект; Фонд «Мир», 2007. – 540 с.

117. Пособие по проектированию автомобильных отвалов / под ред. Б.А. Тимофеева.– М.: ЦНИИцветмет экономики и информации, 1990.

118. 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.

119. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. – СПб.

1998. – 208 с.

120. 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.

121. Проблемы горных наук в связи с научно-технологическим развитием освоения недр Земли // Развитие новых научных направлений и технологий освоения недр Земли: материалы юбил. сессии ОГГГН РАН (24-26 ноября 1999г., г. Москва). - М., 2000. - С.4-22.

122. Проблемы обоснования стратегий освоения минерально-сырьевых ресурсов / Пешков А.А., Мацко Н.А., Кононыхин М.А., Морев А.Н. // Горный журнал. – 2005. – №4. – С. 18-23.

123. Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.

124. 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.

125. Проектное финансирование совокупного использования природных и техногенных ресурсов: монография / М.В. Рыльникова, К.И. Струков, И.А. Пыталев, И.А. Трушина.– М.: ИПКОН РАН, 2018. – 146 с.

126. Производство почвенных мелиорантов на основе органических отходов промышленности в процессе их утилизации в отвалах угольных карьеров / Сафронов В.П., Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Носенко С.И. // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле.- 2018.- № 4.- С. 22-32.

127. Пыталев, И.А. Автоматизированные системы управления качеством рудопотоков на карьерах / К.Н. Трубецкой, И.А. Пыталев, А.Г. Рыльников // Маркшейдерский вестник. – 2013. – № 6 (98). – С. 9-14.

128. Пыталев, И.А. Анализ способов формирования и рекультивации горно-технических сооружений, обеспечивающих эффективность их реализации в краткосрочной перспективе / Пыталев И.А., Гапонова И.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015.– 3(15). – С. 39-47.

129. Пыталев, И.А. Гидротранспортная система хвостового хозяйства ОАО

«ССГПО»: история, современное состояние и перспективы развития / И.Т. Мельников, И.А. Пыталев, И.И. Мельников, Н.С. Шевцов // Материалы 71-й Межрегиональной научно-технической конференции. – Магнитогорск, 2013. – С. 56-62.

130. 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.

131. Пыталев, И.А. Информационные системы управления качеством рудопотоков на горном предприятии: монография / И.А. Пыталев, А. Г. Рыльников; под науч. ред. чл.-корр. РАН Д.Р. Каплунова.– М: МедиаМир, 2015. – 188 с.

132. 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.

133. Пыталев, И.А. Использование карьеров и отвалов для размещения твердых бытовых отходов / И.А. Пыталев, А.А. Козловский, И.В. Гапонова // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2013. – № 5. – С. 43-48.

134. Пыталев, И.А. Использование спутниковой навигации для снижения влияния человеческого фактора на качество рудопотоков / И.А. Пыталев, А.Г. Рыльников, Р.И. Абдрахманов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 9. – С. 218-225.

135. Пыталев, И.А. Комплексное освоение природных и техногенных георесурсов / С.Е. Гавришев, И.А. Пыталев, Е.В. Павлова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2010. – С. 234-237.

136. Пыталев, И.А. Натурные исследования донных отложений прудковой зоны хвостохранилищ / И.Т. Мельников, И. И. Мельников, И.А. Пыталев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 11. – С. 270-275.

137. 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.

138. 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.

139. 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.

140. Пыталев, И.А. Организация безопасного движения транспорта в карьере «Джусинский» в период его доработки / И.А. Пыталев, Т.С. Кравчук // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2014. – № 1. – С. 46-49.

141. Пыталев, И.А. Основные виды и перспективные направления использования техногенных георесурсов / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, И.А. Пыталев // Комбинированная геотехнология: развитие физико-химических способов добычи: материалы междунар. науч.-техн. конференции.– Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2007. – С. 60-62.

142. Пыталев, И.А. Особенности формирования отвалов вскрышных пород для утилизации промышленных отходов / С.Е. Гавришев, И.А. Пыталев, А.А. Козловский // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 8. – С. 251-256.

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

144. Пыталев, И.А. Перспективы многоцелевого использования техногенных пространств карьеров и отвалов / С.Е. Гавришев, И.А. Пыталев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S45-1. – С. 301-310.

145. Пыталев, И.А. Проектное финансирование при реализации технических решений по обеспечению устойчивого развития горнодобывающих предприятий / М.В. Рыльникова, И.А. Пыталев, И.А. Трушина // Устойчивое развитие горных территорий. – 2018. – Т.10. – №3(37). – С. 436-446.

146. Пыталев, И.А. Снижение влияния условий залегания рудных тел на

стабилизацию качества рудопотоков за счет применения спутниковых навигационных систем / А.Г. Рыльников, И.А. Пыталев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 9. – С. 226-233.

147. 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.

148. 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.

149. Пыталев, И.А. Формирование и освоение техногенных георесурсов. Определение параметров карьеров и отвалов: монография / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, И.А. Пыталев. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2011. – 160 с.

150. Пыталев, И.А. Формирование и освоение техногенных георесурсов. Определение параметров карьеров при комплексном освоении участка недр земли: Монография / С.Е. Гавришев, И.А. Пыталев, В.Ю. Заляднов, Е.В. Павлова.– Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2015. – 107 с.

151. Развитие классификаций техногенного сырья горных предприятий и обоснование технологий его активной утилизации / Рыльникова М.В., Ахмедьянов И.Х., Аверьянов К.А., Ангелов В.А.// Горный информационно-аналитический бюллетень.– Режим доступа (<http://www.giab-online.ru/catalog/10611>)

152. 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.

153. Ракишев Б.Р. Вскрытие карьерных полей и системы открытой разработки:

учебник. – Алматы, 2012. – 319 с.

154. 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.

155. Рахмангулов А.Н. Железнодорожные транспортно-технологические системы: организация функционирования: монография / А.Н. Рахмангулов, П.Н. Мишкурлов, О.А. Копылова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – 300 с.

156. Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Реймерс, Н.Ф.. – М.: Изд-во Россия Молодая, 1994. – 367 с.

157. Рейтер, Ф. Инженерная геология : пер. с нем. / Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. – М.: Недра, 1983. – 528 с.

158. Ржевский В.В. Открытые горные работы. часть II М.: Недра, 1985г.– 549.

159. Ржевский, В.В. Проектирование контуров карьеров / Ржевский В.В. М.: Metallurgizdat, 1956.

160. Роботизированные геотехнологии как путь повышения эффективности и экологизации освоения недр / М.В. Рыльникова, Д.Я. Владимиров, И.А. Пыталев, Т.М. Попова // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2017. – № 1. – С. 92-101.

161. Роботизированные горнотехнические системы при открытой разработке месторождений полезных ископаемых / К.Н. Трубецкой, Д.Я. Владимиров, И.А. Пыталев, Т.М. Попова // Горный журнал. – 2016. – № 5. – С. 21-27.

162. Романов, А.В. Модель взаимодействия горных пород и вод / А.В. Романов, М.А. Волкова // Известия вузов. Горный журнал. – 2010. - №8. - С.76-82.

163. Романов, А.М. Взаимодействие вод с горными породами / А.В. Романов. - Алматы: ИВТ НАК «Казатом-пром», 2003. - 247 с.

164. Рыльников, А.Г. Стабилизация качества добываемой руды на открытых горных работах при использовании спутниковой навигации: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / А.Г. Рыльников. – Магнитогорск, 2013. – 173 с.

165. Рыльникова, М.В. Эколого-экономическая эффективность открытой раз-

работки наклонных и крутопадающих месторождений высокими вскрышными уступами / Рыльникова М.В., Федотенко В.С., Есина Е.Н. // Проблемы и решения в экологии горного дела – 2017.– С. 24-28.

166. Сады Бутчартов. – Режим доступа: <http://www.tourist-area.com/botanicheskie-sadi/cadi-butchartov>.

167. Саканцев, Г.Г. Внутреннее отвалообразование на глубоких рудных карьерах / Г.Г. Саканцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 225 с.

168. Саканцев, Г.Г. Основы применения внутреннего отвалообразования при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины / Г.Г. Саканцев // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2008. - №8. - С. 226-234.

169. 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.

170. Саканцев, Г.Г. Экологические аспекты при формировании карьерного пространства / Г.Г. Саканцев // Горный вестник. - 1996. - №4. - С. 74-77.

171. Саканцев, М.Г. Обоснование границ карьеров при проектировании разработки сложноструктурных рудных месторождений: дис. ... д-ра техн. наук / Саканцев М.Г. – Екатеринбург, 2006.

172. Свид. 2011613970. Автоматизированный расчёт параметров устойчивости откосов горнотехнических сооружений / С.Е. Гавришев, Н.С. Шевцов, И.Т. Мельников, И.А. Пыталев, К.П. Васильев; правообладатель ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2011. – №1. – С.17.

173. Свид. 2013611244. Расчет критических параметров гидротранспорта / С.Е. Гавришев, Н.С. Шевцов, И.Т. Мельников, И.А. Пыталев, К.П. Васильев; правообладатель ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2013. – №1. – С.20.

174. Свид. 2013618403. Расчет емкости полигона для размещения промышленных отходов II и III классов опасности в выработанном пространстве карьера / С.Е. Гавришев, И.Т. Мельников, И.А. Пыталев, Е.В. Павлова, В.Ю. Заляднов,

Н.С. Шевцов; правообладатель ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2013. – №1. – С.5.

175. Свид. 2014611061. Проектирование гидротранспортных систем хвостовых хозяйств горно-обогатительных комбинатов / И.Т. Мельников, Н.С. Шевцов, И.А. Пыталев, И.И. Мельников, Т.С. Кравчук, И.М. Кутлубаев; правообладатель ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2014. – №1. – С.13.

176. Свид. 2015660263. Расчет параметров горнотехнических объектов (карт) для выщелачивания руды с учетом состояния окружающей среды / М.В. Рыльникова, И.А. Пыталев, Е.И. Ангелова; правообладатель ФГБОУН ИПКОН РАН // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2015. – №1. – С.25.

177. Секисов, Г.В. Рациональный способ разработки маломощных крутопадающих рудных месторождений / Секисов Г.В., Соболев А.А. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012.– № 11.– С. 38-45.

178. Складирование хвостов обогащения с использованием модификаторов реологии Шадрунова И.В., Горлова О.Е., Галямов В.Ш., Фролов В.С. // Обогащение руд. – 2018.– № 2 (374). – С. 48-54.

179. Смирнов, А.Л. Проектное финансирование: инструменты и технологии: монография / Смирнов А.Л.- М.: МАКС Пресс, 2013.

180. Смирнов, Н.И. О коэффициенте вскрыши при разработке месторождений комплексных руд // Изв. Академия наук КазССР, сер. горн. дела, – Вып. 1. 1961.

181. СН 551-82. Инструкция по проектированию и строительству противотрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов

182. 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 экологического равновесия промышленных регионов России: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Новокузнецк, 2012. – С. 55-61.

183. Снижение энергоёмкости гидротранспорта хвостов обогатительного производства железорудных горно-обогатительных комбинатов / И.Т. Мельников, И.А. Пыталев, С.Н. Корнилов и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 2(38). – С. 15-19.

184. Снижение энергоёмкости гидротранспорта хвостов обогатительного производства горно-обогатительных комбинатов / И.Т. Мельников, И.А. Пыталев, С.Н. Корнилов и др. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2012. - № 70. – С. 21-24.

185. СНиП 06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения.

186. СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов.

187. СНиП 2.04.03-85. Актуализированная редакция СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения.

188. Создание биогеобарьера для сохранения техногенных месторождений и улучшения состояния природной среды на примере предприятий Кольского ГПК / Ганза Н.А., Месяц С.П., Румянцева Н.С., Волкова Е.Ю., Бочаров А.Н. // Горный журнал.- 2010.- № 9.- С. 98-101.

189. СП 121.13330.2012 Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96

190. СП 18.13330.2011. Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80*

191. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02- 85* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.

192. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с Поправкой, с Изменением N 1).

193. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003

194. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн./редкол.: О.Н. Тихонов и др. – М.: Недра, 1988. – Кн. 2. – 341 с.: ил.

195. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85. Проектирование сооружений для очистки сточных вод.

196. Сухорученков, А.И. Железородная база черной металлургии России / Сухорученков А.И. // Горный журнал. – 2003. – №10. – С. 55-57.

197. Теоретические исследования гидротранспорта полидисперсных и полиминеральных отходов обогатительного производства / И.Т. Мельников,

И.А. Пыталев, И.И. Мельников, Н.С. Шевцов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2013. – № 3(43). – С. 10-14.

198. Терентьев, Б.Д. Перспективы развития добычи антрацитов Восточного Донбасса / Терентьев Б.Д., Мухин С.Е. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013.– № 12.– С. 36-42.

199. Техничко-экономические показатели горных предприятий за 1990-2008 гг. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2009. – 370 с.

200. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям «Ликвидация горных выработок рудника Александринский» 22/2017-ИГИ ЗАО «ДИОР» г – Уфа, 2017.

201. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Ч. 2. Новожилов М.Г., Хохряков В.С., Пчелкин Г.Д., Эскин В.С. – М.: Недра, 1971. — 552 с.

202. 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.

203. Томаков П. И. Интенсификация использования оборудования на карьерах.– М.: Недра, 1980. 2019 с.

204. Томаков, П. И. Природоохранные технологии открытой разработки крутых и наклонных угольных месторождений Кузбасса / П. И. Томаков, В. С. Коваленко // Уголь. - 1992. - № 1. – С. 16 – 20.

205. Томаков, П.И. Вовлечение в производство ресурса выработанного пространства - основное направление в снижении ресурсоемкости и улучшении экологических показателей угледобычи на разрезах Кузбасса / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // Горный информационно-аналитический бюллетень - 1998. - №3. - С.37-44.

206. Томаков, П.И. Перспективы развития внутренних отвалов на разрезе «Бога тырь» / П.И. Томаков, В.И. Супрун, Д.П. Мелехов // Уголь. - 1986. - №12. - С. 24 – 26

207. Томаков, П.И. Размещение вскрыши в выработанном пространстве – основное направление охраны природы и ресурсосбережения при открытой добыче угля / П.И. Томаков // Актуальные проблемы освоения месторождений и использования минерального сырья / отв.ред. акад. М.И. Агошков; сост. И.И.

Дзема. – М.: Изд-во. Моск. гос. горн. ун-та, 1993. – 280 с.

208. Томаков, П.И. Рациональное землепользование при открытых горных работах / П.И. Томаков, В.С. Коваленко. - М.: Недра, 1984. - 213 с.

209. Томаков, П.И. Технология механизации и организация открытых горных работ / Томаков П.И., Наумов И.К.– М.: Недра, 1978.– 293с.

210. Трубецкой К.Н. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. – М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 2003. – 262 с.

211. Трубецкой, К.Н. // Маркшейдерия и недропользование. – 2011г. –№ 2. С.24-31.

212. Трубецкой, К.Н. Автоматизированные системы управления качеством рудопотоков на карьерах / Трубецкой К.Н., Пыталев И.А., Рыльников А.Г. // Маркшейдерский вестник.– 2013.– №6.– С. 5-10.

213. 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.

214. Трубецкой, К.Н. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии при открытой разработке месторождений. / Трубецкой, К.Н., Шапарь А.Г. // - М.:Недра, 1993. - 272 с.

215. Трубецкой, К.Н. Методические основы экологической оценки техногенного изменения литосферы / Трубецкой, К.Н., Галченко, Ю.П., Сабянин, Г.В. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. -№2. –С.1-7.

216. Трубецкой, К.Н. Методология оценки перспективной парадигмы развития минерально-сырьевого комплекса / Трубецкой, К.Н., Галченко, Ю.П. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2014. - №6.

217. Трубецкой, К.Н. О новых подходах к обеспечению устойчивого развития горного производства / Трубецкой К.Н., Корнилков С.В., Яковлев В.Л. // Горный журнал. 2012.– № 1.– С. 15–19.

218. 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.

219. Трубецкой, К.Н. Открытые горные работы : справочник / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Веницкий, Н.Н. Мельников. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

220. Трубецкой, К.Н. Проектирование карьеров: учеб. для вузов: В 2 т. / Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В. // – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Академия горных наук, 2001.

221. Трубецкой, К.Н. Развитие новых направлений в комплексном освоении недр.– М.: ИПКОН АН СССР, 1990.– 11 с.

222. 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.

223. Трубецкой, К.Н. Результаты внедрения оперативной системы диспетчеризации транспорта на предприятиях ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» / Трубецкой К.Н., Рыльников А.Г., Одинцев Н.В. // Недропользование. XXI век. – 2007. - №6. – С. 65 – 68.

224. 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.

225. 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.

226. Федотов, Г.А., Изыскания и проектирование автомобильных дорог.: учебник. / Федотов, Г.А., Поспелов, П.И. // В 2 кн. Кн.1:.. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.

227. 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.

228. ФП и ППБ. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке полезных ископаемых. Сер. 03. Вып. 78. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследования проблем промышленной безопасности», 2015.-276 с.

229. Халезов, Б.Д. Кучное выщелачивание медных и медно-цинковых руд /

Халезов Б.Д // –Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. -332 с.

230. Хокс, Б. Автоматизированное проектирование и производство / Хокс Б.// - М.: Мир, 1991.

231. Холодняков, Г. А. Выход полезных ископаемых с единицы горной массы - основной показатель эффективности открытых работ / Г. А. Холодняков, А. Л. Рупышев // Вопросы совершенствования технологии и комплексной механизации добычи и переработки горючих сланцев. – Кохтла-Ярве, 1986. – С. 11-15.

232. Холодняков, Г. А. Границы открытой разработки комплексных месторождений / Г. А. Холодняков. – Л.: ЛГИ, 1986. – 82 с.

233. Холодняков, Г. А. Графоаналитическое определение направления углубки карьера методами изолиний ценности полезных ископаемых комплексного месторождения // Рациональное использование недр и охрана окружающей среды – Л.: ЛГИ, 1986. – С. 51-57.

234. Холодняков, Г. А. Проектирование карьеров при открытой разработке комплексных месторождений / Г. А. Холодняков – СПб.: ФГБ ОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2013. – 192 с.

235. Холодняков, Г. А. Проектирование открытой разработки комплексных месторождений / Г. А. Холодняков. – Л.: ЛГИ, 1987. – 84 с.

236. Чантурия, В.А. Перспективы устойчивого развития горноперерабатывающей индустрии России / Чантурия В.А. // Горный журнал. 2007. № 2. С. 2–9.

237. Чаплыгин, Н.Н. Горное производство: ресурсная оценка / Чаплыгин Н.Н. Жулковский Д.В. // Горный журнал. – 2005. – №4. – С. 9-11.

238. Черемушкин, С.В. Экономическая добавленная стоимость и затраты на капитал: рыночный и бухгалтерские подходы / Черемушкин С.В., Понкрашкина Г.А. // Управление финансами публичных компаний. – 2008. – № 6.

239. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. – М.: Мир, –1978. –215 с.

240. Шестаков, В.А. Управление качеством продукции на горных предприятиях: учеб. пособие / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – 2-е изд. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2001. – 262 с.

241. Экологические проблемы геотехнологий: новые идеи, методы и решения Чаплыгин Н.Н.; Галченко Ю.П., Папичев В.И. и др. // М.: Научтехлитиздат, 2009.

- 320 с.

242. Яковлев, В.Л., Чайкина Г.М., Конорев М.М. Горная наука экологическим проблемам / Яковлев В.Л., Чайкина Г.М., Конорев М.М. // Урал: наука, экология. – Екатеринбург: УрО РАН. 1999.

243. 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.

244. Damigos, D. and Kaliampakos, D. Assessing the benefits of reclaiming urban quarries: a CVM analysis // *Landscape and Urban Planning*. – 64, 2003. – P. 249-258.

245. Erzurumlu S.S., Erzurumlu Y.O. Sustainable mining development with community using design thinking and multi-criteria decision analysis // *Resour. Policy*. 2014. P.

246. Espinoza R.D. Towards sustainable mining (Part I): Valuing investment opportunities in the mining sector // *Resour. Policy*. 2017. –Vol. 52, June 2017. P. 7–18.

247. Grant James L. Foundations of Economic Value Added. – 2nd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2003.

248. <http://rmk-group.ru/ru/enterprises/mikheevsky>

249. <http://rmk-group.ru/ru/enterprises/tominskiy>

250. яяHuanqing L. An integrated strategy for sustainable development of the urban underground: From strategic, economic and societal aspects // *Tunn. Undergr. Sp. Technol*. 2015. –Vol.. 55, May 2016. P. 67–82.

251. Humphreys D. Sustainable development: Can the mining industry afford it? // *Resour. Policy*. 2001. –Vol. 27, № 1. P. 1–7.

252. J.-M. Nicolau. Trends in relief design and construction in opencast mining reclamation // *Land Degradation & Development*. – Vol. 14, № 2, 2003. – Pp. 215-226.

253. Kelly B. Stress analysis for boreholes on department of defense lands in the western united states: a study in stress heterogeneity // *Proceedings, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, February 11–13, 2013*. P. 139–150.

254. Kuter, N., Dilaver, Z., Gül, E. Determination of suitable plant species for reclamation at an abandoned coal mine area // *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 28(5), 2014. – P. 268-276.

255. Martin, D., and Berlin, H. Quarries Next Quest // *Planning*, 78(2), 2012. – P. 40-42.

256. Mendelson M. How to franchise your business // Franchise World Publication, 1997. – 92 p.

257. Mendelson M., Bynoe R. Franchising // FT Law & Tax, 1995. – 435 p.

258. Pimentel B.S., Gonzalez E.S.S., Barbosa G.N.O.O. Decision-support models for sustainable mining networks: fundamentals and challenges // J. Clean. Prod. Elsevier Ltd, 2015. –Vol. 112. P. 2145–2157.

259. Pytalev, I.A. Alternate sources of energy based on the objects of mining enterprises / S.E. Gavrishchev, I.A. Pytalev, I.V. Gaponova // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) Proceedings. – 2016.

260. Pytalev, I.A. Enhancing mine production efficiency through waste management / S.E. Gavrishchev, S.N. Kornilov, I.A. Pytalev, I.V. Gaponova // Gornyi Zhurnal. –2017. – Iss. 12. – P. 46-51.

261. Pytalev, I.A. Rationale for sustainable-safe parameters of highwall slopes in Kamagan occurrence while underground cleaning-up / A.M. Mazhitov, S.A. Korneyev, I.A. Pytalev, T.S. Kravchuk // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.–2017.–Vol. 87-5.

262. Reyes-Bozo L. и др. Greening Chilean copper mining operations through industrial ecology strategies // J. Clean. Prod. Elsevier Ltd. – 2014. –Vol. 84, № 1. P. 1–9.

263. URL: http://findarticles.com/p/articles/mi_hb5851/is_201005/ai_n53929371/ (дата обращения: 01.06.2015).

264. URL: <http://lib.convdocs.org/docs/index-191297.html?page=6> (дата обращения 22.09.2014).

Приложение А

Российская Федерация
Башкортостан Республикаһы
ХЕЗМЕТ КЫЗЫЛ БАЙРАК ОРДЕНЛЫ
АКЦИОНЕРЛАР ЙӘМГИӘТЕ
Учалы
тау-байықтырыу
КОМБИНАТЫ



Российская Федерация
Республика Башкортостан
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
Учалинский
горно-обогатительный
КОМБИНАТ

453 30, Россия, Республика Башкортостан, г. Учалы, ул. Горнозаводская, 2
тел.: (34791) 6-20-03, (34791) 9-52-25
факс: (34791) 6-05-36
e-mail: ugok@ugok.ru, jashmet@bashnet.ru; http://www.ugok.ru
ОКПО 00194470 ОГРН 1020202279460
ИНН 0270007455/КПП 026702001

СИБАЙ ФИЛИАЛЫ | СИБАЙСКИЙ ФИЛИАЛ

450830, Россия, Республика Башкортостан, г. Сибай, ул. Горького, 54.
E-mail: sibayok@yandex.ru, info@sibayok.ru; факс: (34775) 5-74-33, телефон (34775) 5-74-58



УТВЕРЖДАЮ

Директор

Сибайского филиала

АО «Учалинский ГОК»

Я.У. Бикинов

2018 г.

М.П.

АКТ

внедрения материалов диссертации Пыталева Ивана Алексеевича
«Обоснование параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутонадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем»
на Сибайском филиале АО «Учалинский ГОК»

1. Наименование системы

Технология совокупного использования природных и техногенных георесурсов

2. Новизна технологического решения

Разработана технология ведения горных работ, обеспечивающая вскрытие и целенаправленную отработку участков месторождения с горными породами, физико-механические свойства которых отвечают требованиям, предъявляемым к материалам для строительства и наращивания ограждающих дамб хвостохранилищ.

Предложена система вскрытия, схема и последовательность выемки рыхлых и скальных пород в пределах карьерного поля и их соответствующей укладки с целью наращивания дамбы хвостохранилища СОФ.

Внедрение технических решений по первоочередной выемки в центральной части Северного участка месторождения инертных и скальных пород в объеме 1,79 млн м³ и вскрытию запасов известняков в пределах имеющегося горного отвода, с целью формирования техногенного пространства для нужд обогатительной фабрики позволило исключить необходимость разработки карьера строительных камня и использовать балансовые запасы для данных целей. В результате было достигнуто увеличение подготовленных к выемке запасов известняков, сокращение объемов работ и площади земель при строительстве нового отсека хвостохранилища для Сибайской обогатительной фабрики, в полном соответствии с требованиями проекта реконструкции хвостохранилища.

Это позволило вскрыть балансовые запасы известняков в период выбывающих мощностей при условии увеличении текущего коэффициента вскрыши, сократить время строительства и ввода в эксплуатацию нового отсека хвостохранилища.

Успешная реализация указанных мероприятий позволила исключить разрыв в производственной мощности при переходе от Центрального к Северному участку месторождения, в период строительства карьера нарастить дамбу хвостохранилища СОФ, что в совокупности значительно повысило полноту освоения участка недр при снижении затрат на добычу известняков.

3. Место внедрения

Худолазское месторождение известняков (Сибайский филиал АО "Сибайский ГОК")

4. Время работы после внедрения

Начало внедрения совокупного использования природных и техногенных георесурсов – апрель 2010 года.

Окончание работ по совокупному использованию техногенных георесурсов при переработке природных ресурсов – ноябрь 2010 года.

5. Экономическая эффективность

Суммарный экономический эффект от вскрытия Северного участка Худолазского месторождения известняков и использования вскрышных пород для наращивания дамбы хвостохранилища СОФ составляет 179 млн. руб.

Приложение Б



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

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «Семеновский рудник»

Масютин А.В.

2018 г.

АКТ

внедрения материалов диссертации Пыталова Руиана Алексеевича
«Обоснование параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих
месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем»
на ООО "Семеновский Рудник"

1. Наименование системы

Технология последовательной отработки запасов крутопадающего месторождения с целью формирования техногенных георесурсов для размещения отходов горно-обогатительного производства

2. Новизна технологического решения

Разработана технология ведения горных работ, предусматривающая очередность отработки участков месторождения с целью создания техногенных георесурсов на базе выработанного пространства карьера и отвалов вскрышных пород извлекаемых из недр в процессе ведения добычных работ для последующего размещения отходов горного и обогатительного производства.

Предложен порядок и очередность отработки участков месторождения, а также обоснованы параметры открытой геотехнологии, обеспечивающие использование многофункциональной системы вскрытия для своевременной выемки горной массы с заданными качественно-количественными показателями по содержанию полезных компонентов, физико-механическим свойствам пород, с целью организации выемки рыхлых и скальных пород в пределах выделенных участков, с целью формирования ограждающей дамбы хвостохранилища, создания дамб прудов-накопителей и их формированию выработанного пространства карьера для последующего размещения отходов горно-обогатительного производства, а также технологических площадок и коммуникаций для последующей отработки запасов подземным способом.

Внедрение разработанных технических решений по очередности отработки участков месторождения целенаправленной укладки вскрышных пород в тело дамб хвостохранилища и прудов-накопителей, а также формированию выработанного пространства карьера с



453631, Республика Башкортостан,
Баймакский район,
с. Семеновское, ул. Горная, д. 50
ИНН 7704579901, КПП 025401001, ОГРН 1057749248996
тел.: +7 (34758) 4-21-55, e-mail: office@semrud.ru

реализацией многофункциональной системы вскрытия позволило сократить требуемую площадь земельного отвода не менее чем на 12,5 га, а также исключить необходимость разработки карьера строительных камня и применения синтетических материалов для обеспечения противодиффузионных характеристик ограждающих дамб. В результате было достигнуто снижение сроков выхода карьера на проектную мощность, подготовлены емкости для размещения отходов горно-обогатительного производства, сокращение объемов работ и площади земель при строительстве хвостохранилища Семеновской обогатительной фабрики и подготовлены технологические площадки и коммуникации для последующей отработки запасов подземным способом.

Это позволило вскрыть балансовые запасы Северной части Восточно-Семеновского месторождения, сократить время строительства и ввода в эксплуатацию прудов-накопителей и хвостохранилища, а также подготовить технологические коммуникации и площадки для последующей отработки балансовых запасов подземным способом.

Успешная реализация указанных мероприятий позволила обеспечить планомерный переход при разработке участков месторождения от Северного к Южному, а в период строительства карьера сформировать дамбы прудов-накопителей и хвостохранилища, что в совокупности значительно повысило полноту освоения участка недр при снижении затрат на добычу золото-медно-цинковых руд.

3. Место внедрения

Восточно-Семеновское месторождение золото-медно-цинковых руд (ООО "Семеновский Рудник")

4. Время работы после внедрения

Начало внедрения работ по использованию природных ресурсов с целью формирования техногенных георесурсов – январь 2015 года.

Окончание работ по совокупному использованию техногенных георесурсов при переработке природных ресурсов – декабрь 2018 года.

5. Экономическая эффективность

Суммарный экономический эффект от первоочередной разработки Северного участка Восточно-Семеновского месторождения золото-медно-цинковых руд и использования вскрышных пород для формирования дамб хвостохранилища и прудов-накопителей, а также использования многофункциональной системы вскрытия составляет 57 млн. руб.

Приложение В

РӘСӘЙ ФЕДЕРАЦИЯНЫ
БАШКОРТОСТАН РЕСПУБЛИКАНЫ
ЯУАПЛЫЛЫҒЫ СИКЛӘНГӘН
ЙӘМФИӘТ
«БАШКОРТ БАХЫРЫ»
453803, Рәсәй Федерацияһы, Башҡортостан
Республикаһы, муниципаль район Хайбулла районы,
Петропавловский ауылы, Юбилей урамы, 9/1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«БАШКИРСКАЯ МЕДЬ»
453803, Российская Федерация, Республика
Башкортостан, муниципальный район Хайбуллинский
район, д. Петропавловский, ул. Юбилейная, 9/1

Тел./факс: (34756) 2-47-03, (34775) 2-40-55, e-mail: bashmed@ufamts.ru, http://башкирскаямедь.рф/
ОКПО 77833822, ОГРН 1050202126622, ИНН / КПП 0267011229 / 424950001

Исх. № _____ от _____
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Технический директор

ООО «Башкирская медь»



А.Е. Бодренков

2019 г.

АКТ

внедрения материалов диссертации Пыталева Ивана Алексеевича
«Обоснование параметров открытой геотехнологии комплексного освоения круто-
падающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем»
на ООО «Башкирская медь»

1. Наименование системы

Технология переноса капитального съезда на глубоких горизонтах при доработке балансовых запасов

2. Новизна технологического решения

Разработана технология ведения горных работ, обеспечивающая перенос капитальной траншеи на этапе доработки балансовых запасов открытым способом при одновременном формировании техногенной емкости для размещения пород от проходки подземных горных выработок.

Предложена система мероприятий, обеспечивающая последовательность ведения открытых горных работ на глубоких горизонтах с целью перехода на многофункциональную систему вскрытия при переносе капитальной траншеи на противоположный борт по отношению к проектным решениям.

000225

Внедрение технических решений по перемещению открытых горных работ за пределы зоны деформационных процессов на восточном борту карьера и отработки запасов руды на его северо-восточном борту при обеспечении долговременной эксплуатации системы карьерного водоотлива и возможности частичного размещения объемов пород от проходки поземных горных выработок. В результате было достигнуто возобновление добычных работ в карьере, доработка балансовых запасов, сокращение объемов работ и площади земель при складировании пород от проходки подземных горных выработок.

Это позволило вовлечь в разработку запасы северного борта, которые не возможно было доработать в соответствии с проектными решениями по причине остановки добычных работ из-за деформационных процессов на восточном борту карьера, обеспечить транспортный доступ на нижний горизонт карьера для эксплуатации карьерного водоотлива, сформировать техногенное пространство для размещения пород от проходки подземных горных выработок.

Успешная реализация указанных мероприятий позволила исключить потерю запасов на нижних горизонтах карьера и значительно повысить полноту освоения участка недр при снижении затрат на добычу и переработку медно-колчеданных руд.

3. Место внедрения

Юбилейное медно-колчеданное месторождение (ООО " Башкирская медь")

4. Время работы после внедрения

Начало внедрения технологии переноса капитального съезда на глубоких горизонтах при доработке балансовых запасов – январь 2017 года.

Окончание работ по внедрению технологии переноса капитального съезда на глубоких горизонтах при доработке балансовых запасов – июнь 2017 года.

5. Экономическая эффективность

Суммарный экономический эффект от перехода на многофункциональную систему вскрытия и переноса капитального съезда на глубоких горизонтах, доработке балансовых запасов в пределах проектного контура карьера, формирования техногенного пространства для размещения пород от проходки подземных горных выработок, обеспечения постоянного транспортного доступа к карьерному водоотливу на нижнем горизонте составляет 54,6 млн. руб.

Приложение Г

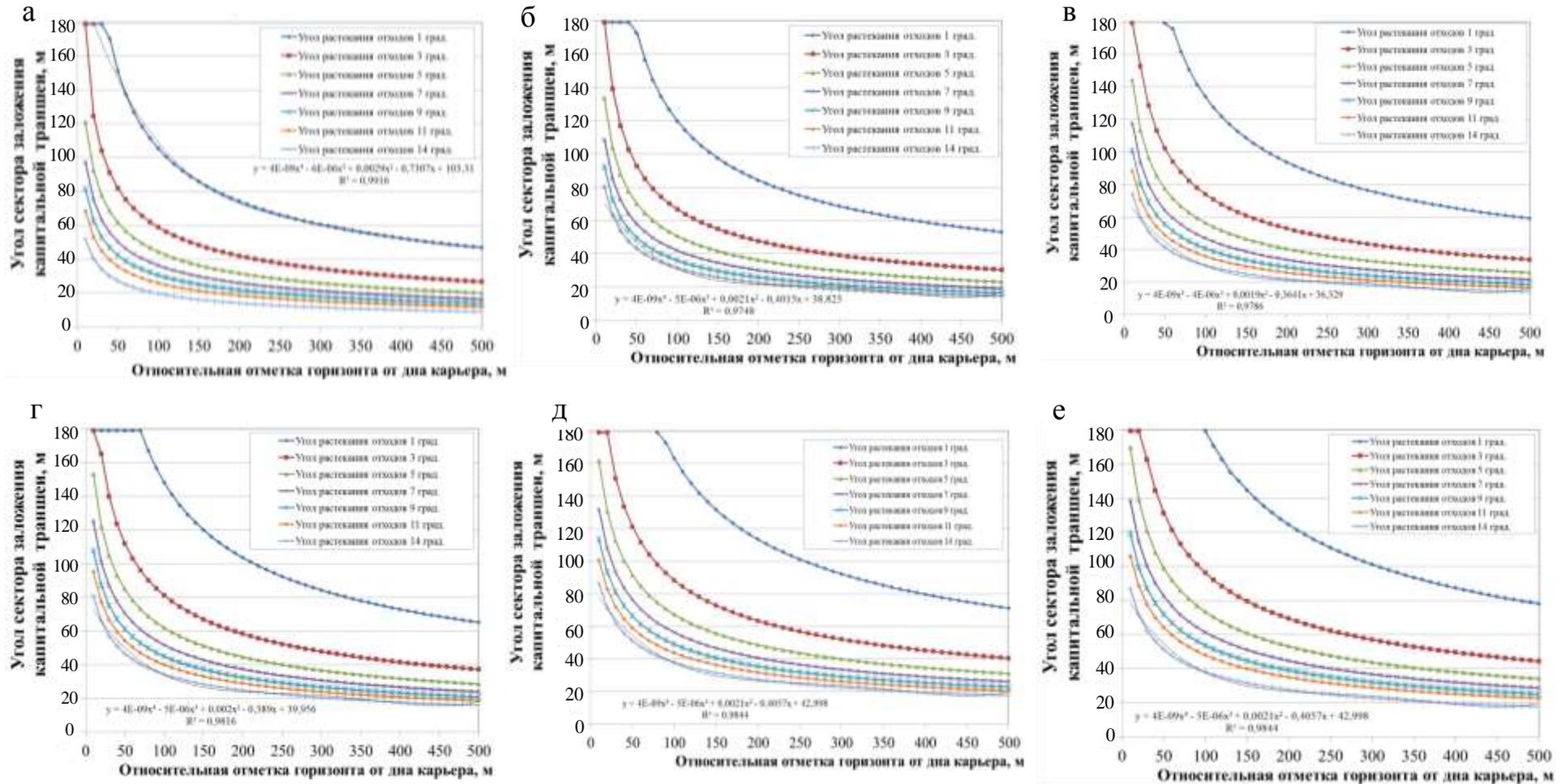


Рисунок Г1 – Зависимость угла сектора заложения капитальной траншеи от глубин карьера при результирующих углах его бортов: а) угол борта – 20град.; б) угол борта – 25град.; в) угол борта – 30град.; г) угол борта – 35град.; д) угол борта – 40град.; е) угол борта – 45град.

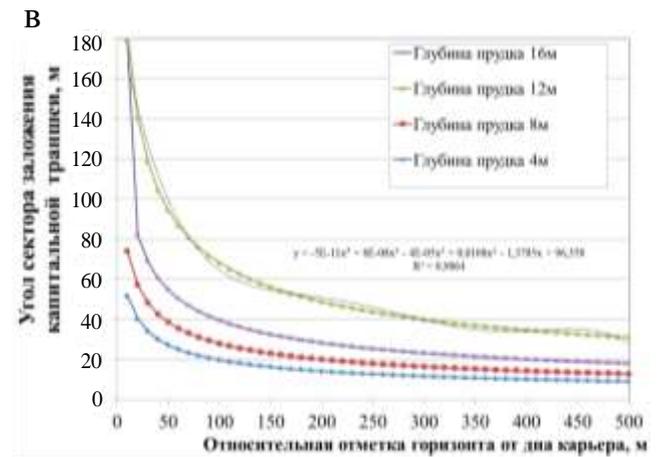
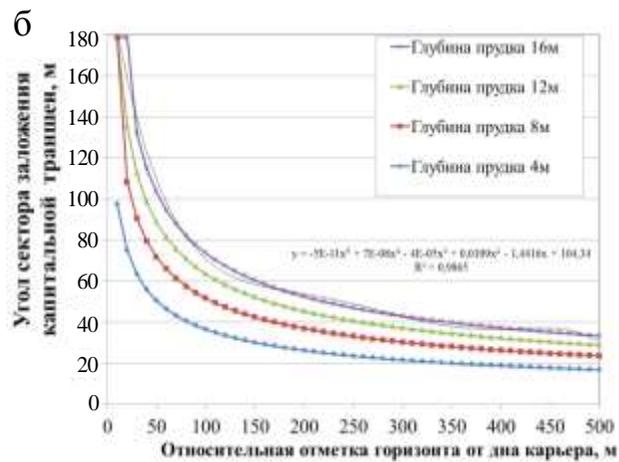
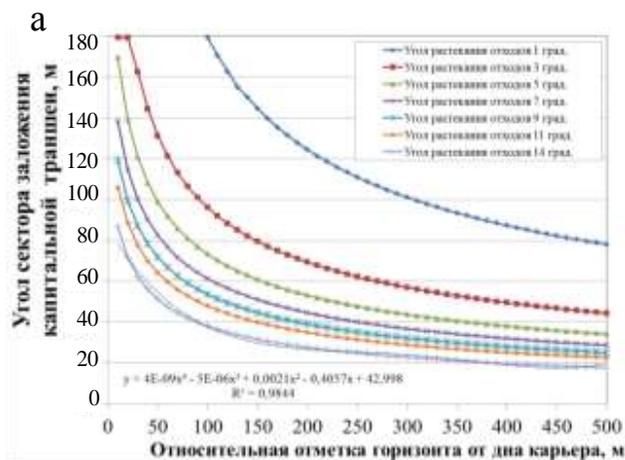


Рисунок Г2 – Зависимость угла сектора заложения капитальной траншеи от глубин прудка при результирующих углах бортов карьера 20 град.:

а) угол растекания отходов – 1 град.; б) угол растекания отходов – 7 град.; в) угол растекания отходов – 14 град.

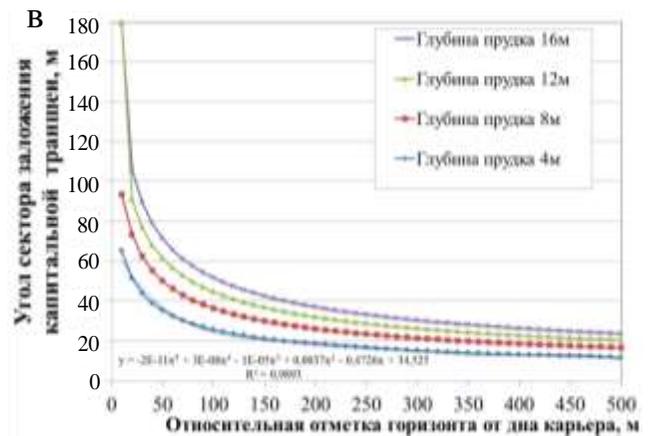
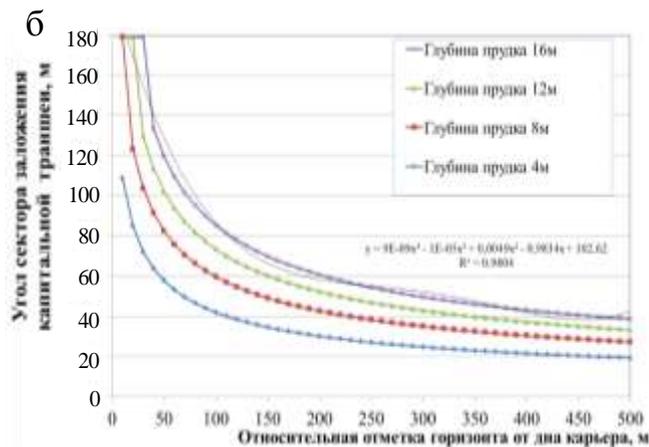
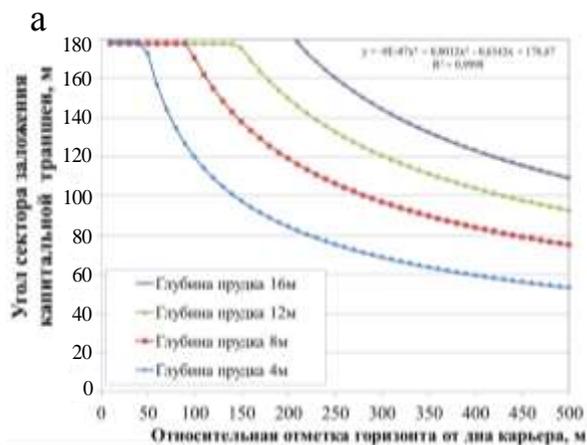


Рисунок Г3 – Зависимость угла сектора заложения капитальной траншеи от глубин прудка при результирующих углах бортов карьера 25 град.:

а) угол растекания отходов – 1 град.; б) угол растекания отходов – 7 град.; в) угол растекания отходов – 14 град.

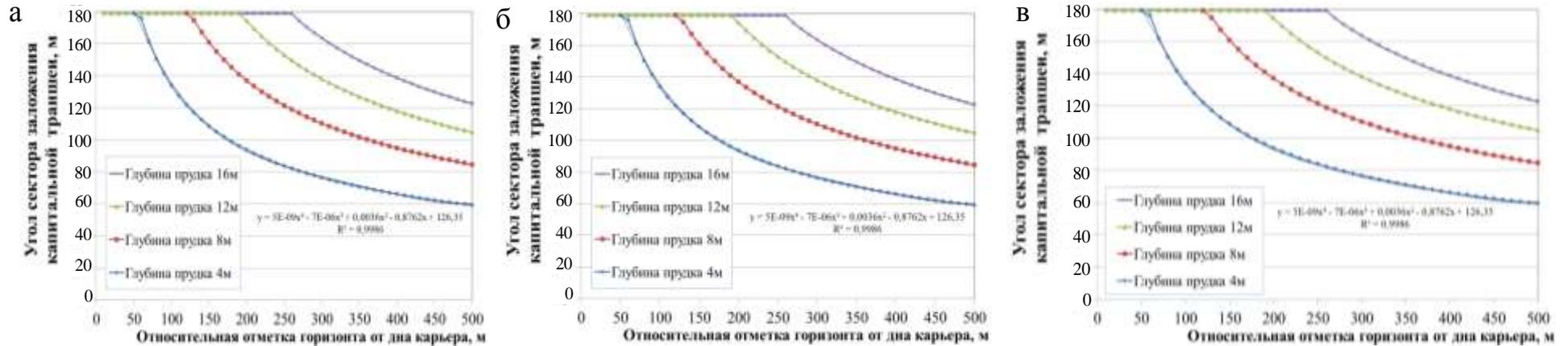


Рисунок Г4 – Зависимость угла сектора заложения капитальной траншеи от глубин прудка при результирующих углах бортов карьера 30 град.:
 а) угол растекания отходов – 1 град.; б) угол растекания отходов – 7 град.; в) угол растекания отходов – 14 град.

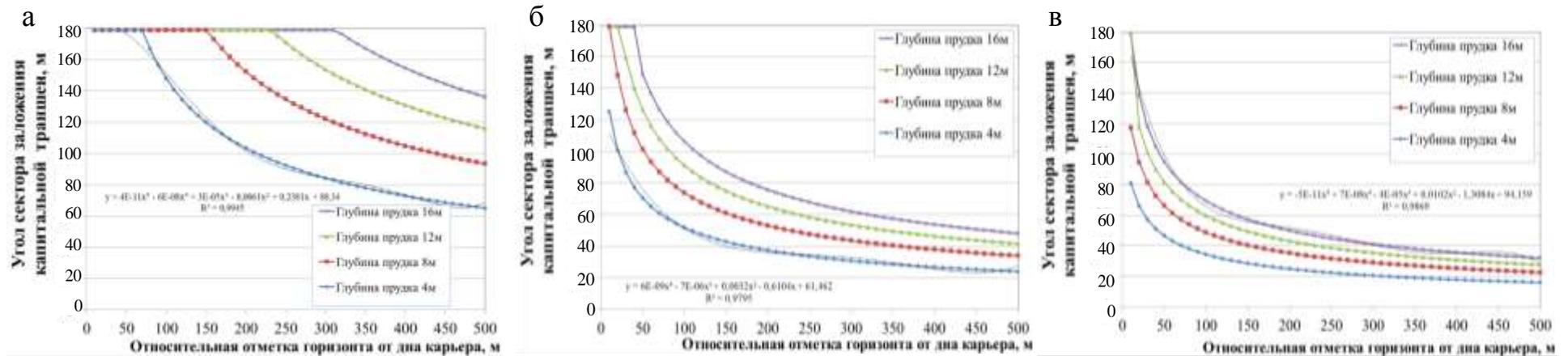


Рисунок Г5 – Зависимость угла сектора заложения капитальной траншеи от глубин прудка при результирующих углах бортов карьера 35 град.:

а) угол растекания отходов – 1 град.; б) угол растекания отходов – 7 град.; в) угол растекания отходов – 14 град.

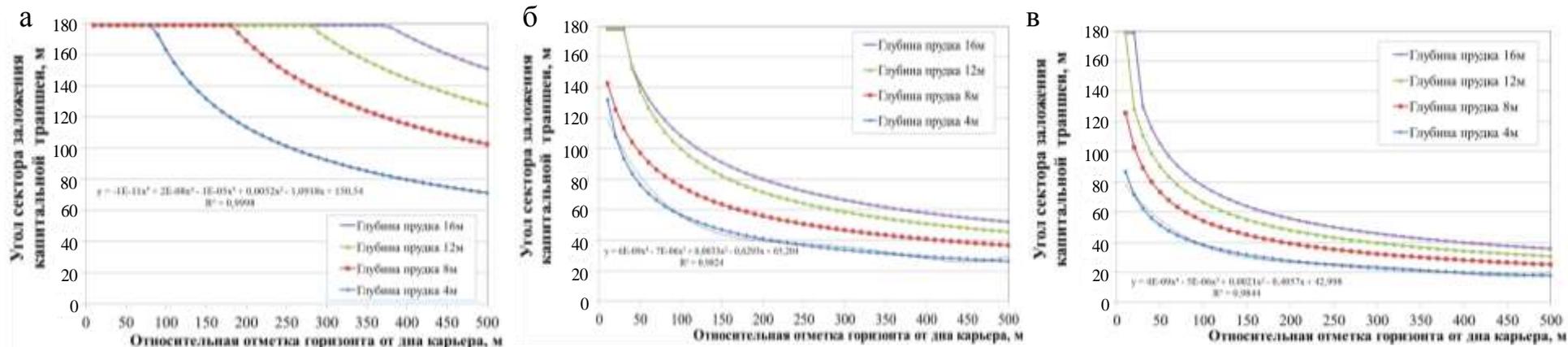


Рисунок Г6 – Зависимость угла сектора заложения капитальной траншеи от глубин прудка при результирующих углах бортов карьера 40 град.:

а) угол растекания отходов – 1 град.; б) угол растекания отходов – 7 град.; в) угол растекания отходов – 14 град.

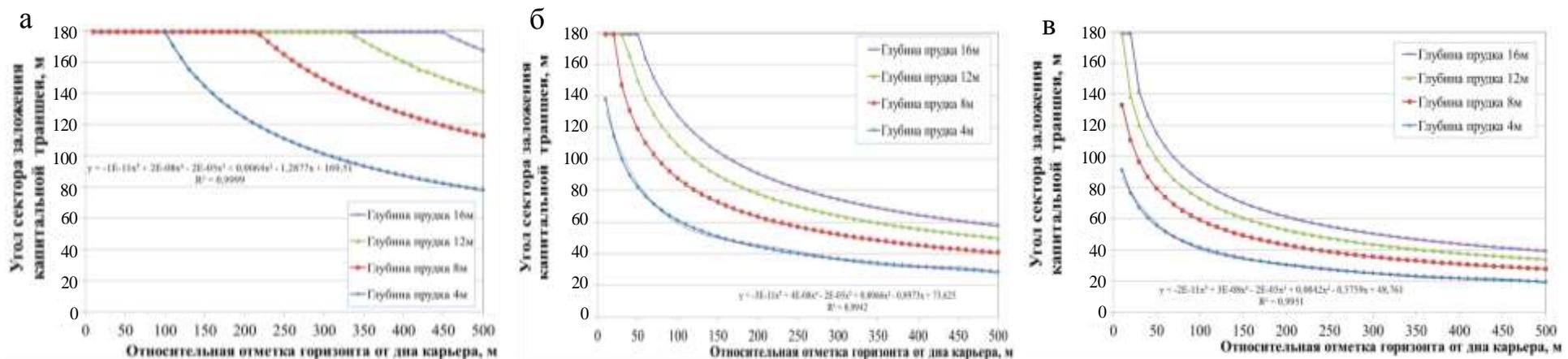


Рисунок Г7 – Зависимость угла сектора заложения капитальной траншеи от глубин прудка при результирующих углах бортов карьера 45 град.:

а) угол растекания отходов – 1 град.; б) угол растекания отходов – 7 град.; в) угол растекания отходов – 14 град.

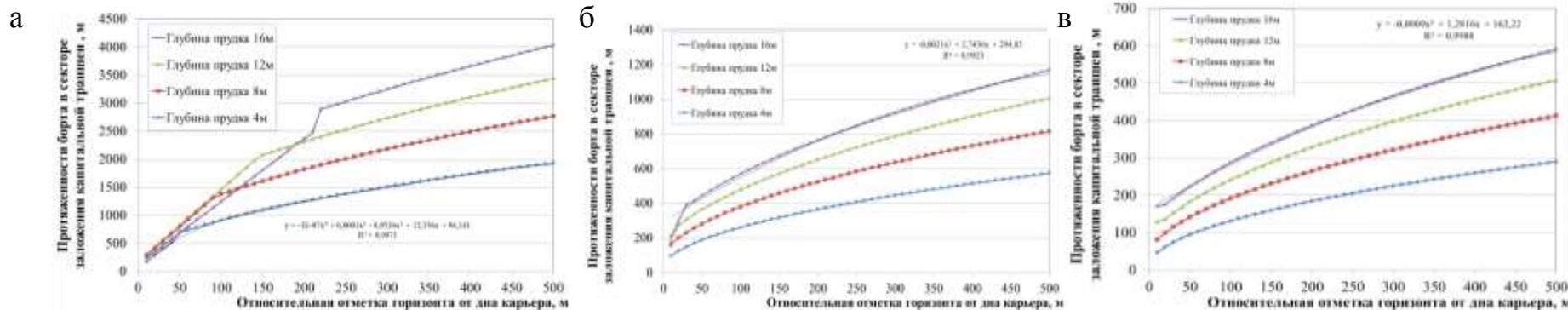


Рисунок Г8 – Зависимость протяженности борта от величины результирующих углов бортов карьера 25 град. и углах растекания текущих отходов (а) угол растекания отходов – 1 град.; (б) угол растекания отходов – 7 град.; (в) угол растекания отходов – 14 град.

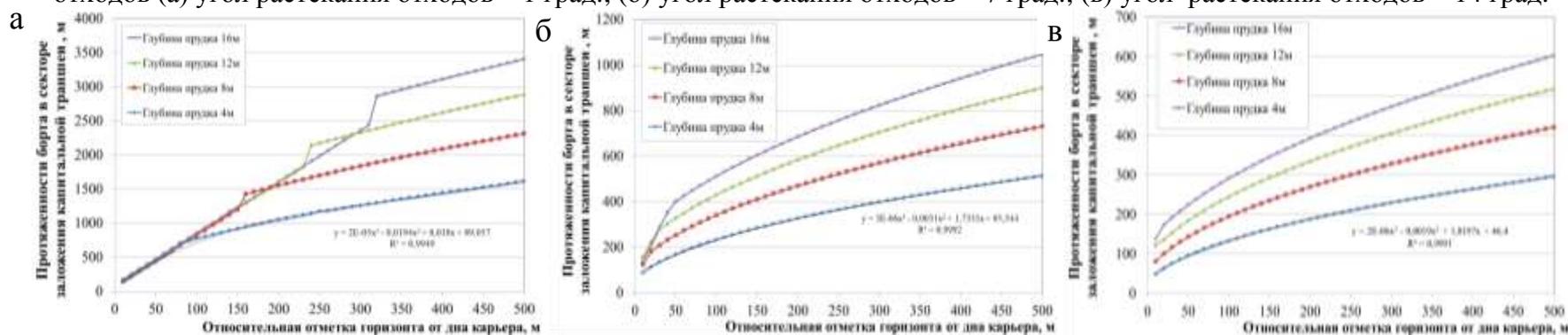


Рисунок Г9 – Зависимость протяженности борта от величины результирующих углов борта карьера 35 град. и углах растекания текущих отходов (а) угол растекания отходов – 1 град.; (б) угол растекания отходов – 7 град.; (в) угол растекания отходов – 14 град.

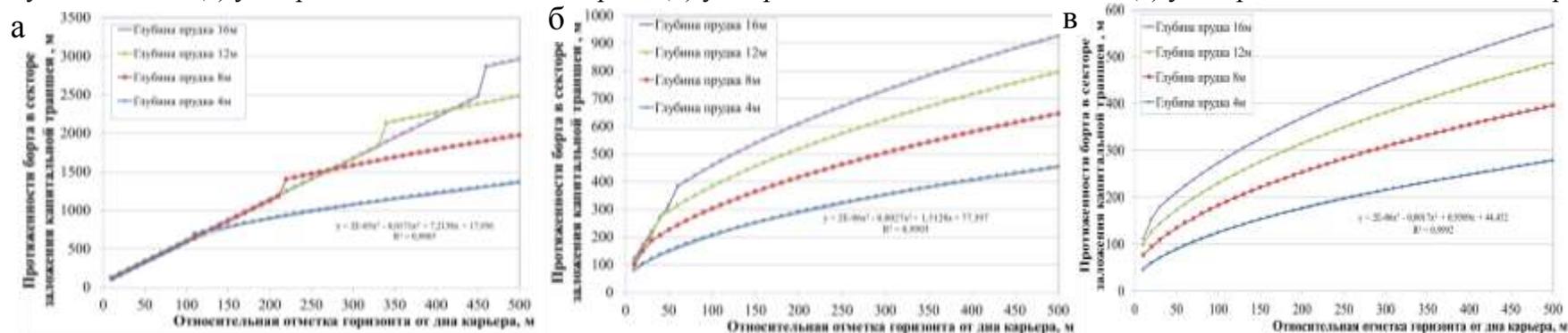


Рисунок Г10 – Зависимость протяженности борта от величины результирующих углов бортов карьера 45 град. и углах растекания текущих отходов (а) угол растекания отходов – 1 град.; (б) угол растекания отходов – 7 град.; (в) угол растекания отходов – 14 град.