

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

На правах рукописи



ЗАЛЯДНОВ ВАДИМ ЮРЬЕВИЧ

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ВНУТРЕННИХ
И ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ДИНАМИКУ ПАРАМЕТРОВ
ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ**

Специальности

2.8.8. Геотехнология, горные машины

2.8.7. Теоретические основы проектирования горнотехнических систем

**Диссертация
на соискание ученой степени
доктора технических наук**

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

Магнитогорск 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ И ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ГОРНТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ	13
1.1 Анализ динамики параметров горнотехнических систем при разработке твердых полезных ископаемых в изменяющихся условиях рынка	13
1.2 Анализ научно-методической базы по управлению параметрами горнотехнической системы открытой геотехнологии при комплексном освоении участка недр	40
1.3 Перспективные направления открытой геотехнологии в изменяющихся условиях недропользования.....	63
1.4 Цель, задачи и методы исследований	76
Выводы по главе 1	80
2 РАЗВИТИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ.....	82
2.1 Обоснование концепции устойчивого функционирования и развития горнотехнической системы в изменяющихся условиях недропользования.....	82
2.2 Обоснование направлений расширения номенклатуры продукции горнодобывающего предприятия и требования к горнотехническим решениям.....	87
2.3 Разработка научно-методического подхода к формированию технических возможностей обеспечения устойчивого функционирования горнотехнической системы в условиях истощения запасов и падения рынка	115
Выводы по главе 2.....	122

3	РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ОСВОЕНИЯ УЧАСТКА НЕДР	124
3.1	Систематизация параметров горнотехнической системы и оценка возможности управления ими на различных этапах разработки	124
3.2	Обоснование способов организации деятельности горнодобывающего предприятия для повышения комплексности освоения участка недр	130
3.3	Разработка геотехнологических решений по управлению параметрами горнотехнической системы, обеспечивающих ее устойчивое функционирование	133
	Выводы по главе 3	166
4	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	170
4.1	Исследование влияния геомеханических и конструктивных параметров горнотехнической системы на эффективность разработки при увеличении объема вовлекаемых в разработку запасов	170
4.2	Исследование влияния режимных, геотехнологических и горнотехнических параметров горнотехнической системы на эффективность разработки в условиях изменения спроса	195
4.3	Исследование влияния конструктивных и геотехнологических параметров горнотехнической системы на повышение качества добываемого полезного ископаемого и эффективность разработки	227
	Выводы по главе 4	240
5	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ДИНАМИКЕ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ РЫНКА	243

5.1	Обоснование критерия оценки эффективности комплексного освоения участка недр.....	243
5.2	Методика управления параметрами горнотехнической системы.....	250
5.3	Методика оценки влияния стратегии расширения производственной деятельности и номенклатуры продукции на эффективность освоения участка недр.....	258
	Выводы по главе 5.....	267
6	РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	270
6.1	Разработка организационных и технологических рекомендаций, повышающих комплексность освоения участка недр, на примере угольных разрезов Хакасии и Хабаровского края	270
6.2	Обоснование параметров горнотехнической системы на примере горнодобывающих предприятий с открытой геотехнологией Уральского региона	290
6.3	Оценка экономической эффективности разработанных рекомендаций для горнодобывающих предприятий Урала, Хакасии и Хабаровского края ..	308
	Выводы по главе 6.....	310
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	313
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	318
	Приложение А	350
	Приложение Б	353
	Приложение В.....	355

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Горнодобывающие предприятия в усложняющихся условиях минерально-сырьевого рынка восприимчивы к изменению цен и спроса на производимое сырье. Это обуславливает необходимость периодического, раз в 2–3 года, пересмотра проектных и организационно-технологических решений по развитию карьеров с изменением параметров горнотехнической системы для повышения полноты освоения балансовых запасов и сохранения эффективной работы горных предприятий.

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых характеризуется постоянным увеличением главных параметров карьеров и протяженности вскрывающих выработок, снижением содержания полезных компонентов в рудах разрабатываемых и вновь вводимых в эксплуатацию месторождений, следствием чего является увеличение объемов техногенных образований в виде отработанных карьеров, складов некондиционных руд и отвалов, площадей изымаемых из сельскохозяйственного и иного продуктивного оборота участков земель. При этом техногенные образования в основном не рассматриваются в качестве потенциальной товарной продукции. Резервы для повышения эффективности открытой разработки только за счет изменения производственной мощности и комплексного освоения природных георесурсов в условиях динамичного изменения внешних и внутренних факторов развития горнотехнической системы практически исчерпаны. Ухудшение условий освоения участка недр и истощение минерально-сырьевой базы в изменяющейся конъюнктуре рынка без соответствующего изменения параметров горнотехнической системы снижает устойчивость функционирования горнодобывающих предприятий и может повлечь прекращение их хозяйственной деятельности.

В настоящее время выполняются исследования с реализацией на практике организационно-технологических решений по использованию природных и техногенных георесурсов с частичным расширением сферы деятельности горнодобывающих предприятий, повышающих комплексность использования

участка недр. Горнодобывающие предприятия находятся в постоянной адаптации к изменяющимся условиям рынка, и их эффективность определяется наличием внутрипроизводственных резервов, обеспечивающих увеличение объема и номенклатуры выпускаемой продукции, а также возможность выполнения работ по договорам подряда для сторонних горнодобывающих предприятий. Продукцией горнодобывающего предприятия являются не только полезные ископаемые природного происхождения, но и техногенные минеральные ресурсы и целенаправленно создаваемые техногенно-измененные ландшафты, формируемые на базе открытых карьерных выемок и отвалов. Кроме того, имеются примеры производства технологических процессов оборудованием и персоналом для сторонних предприятий, позволяющие получить дополнительный доход. Имеющийся практический опыт горнодобывающих предприятий делает более широким представление об открытой геотехнологии, расширяющий ее сферу деятельности от комплексного освоения запасов месторождения полезных ископаемых до комплексного целенаправленного преобразования и освоения участка недр и его инфраструктуры, которые необходимо рассматривать исключительно в совокупности с параметрами формируемой горнотехнической системы. При этом динамика изменения параметров открытой геотехнологии определяет устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия.

Длительный период разработки месторождений и постоянно меняющиеся рыночные условия приводят к необходимости пересмотра проектных и организационно-технологических решений, включая технико-экономическое обоснование новых кондиций, пересмотр объемов запасов, производительности, требований к качеству продукции, а также типов и моделей применяемых горных машин и оборудования. В связи с этим для действующих и проектируемых горных предприятий необходимо развитие научно-методической базы по определению параметров горнотехнической системы и управлению ими на этапе эксплуатации при комплексном преобразовании и освоении участка недр.

Таким образом, для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающих предприятий в изменяющихся условиях разработки месторождений необходима методика управления параметрами горнотехнической системы с их развитием одновременно в нескольких направлениях, соответствующих ресурсной базе лицензированного участка недр на основе гибкого изменения объема вовлекаемых в разработку запасов, производительности, качества и номенклатуры выпускаемой товарной продукции, в том числе с использованием техногенных георесурсов, выполнением горнотехнических услуг сторонним предприятиям.

Совершенствование методологии учета влияния внутренних и внешних факторов развития горнотехнических систем на динамику параметров открытой геотехнологии является актуальной научно-практической задачей, решение которой обеспечит устойчивое функционирование горнодобывающих предприятий в изменяющихся горнотехнических условиях и конъюнктуре минерально-сырьевого рынка.

Объект исследования: горнотехническая система комплексного освоения участка недр открытой геотехнологии.

Предмет исследования: параметры горнотехнической системы комплексного освоения участка недр открытой геотехнологии, обеспечивающие устойчивое функционирование горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях минерально-сырьевого рынка.

Методы исследования. В работе применен комплекс методов для проведения исследований, включающий: научное обобщение отечественного и зарубежного опыта предприятий с открытой геотехнологией при комплексном освоении участка недр; математическое и компьютерное моделирование развития горных работ и параметров горнотехнической системы с учетом формирования и освоения техногенных георесурсов и выполнения услуг сторонним предприятиям; опытно-промышленную апробацию; натурные и лабораторные исследования физико-механических свойств пород и состояния приоткосного массива карьера и отвалов; статистическую обработку результатов

исследований; системный технико-экономический и структурно-функциональный анализ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Под устойчивым функционированием горнотехнической системы при открытой геотехнологии понимается ее способность обеспечивать комплексность и эффективность освоения участка недр с производством широкого спектра товарной продукции в течение заданного периода времени с учетом динамики объема и качества запасов разрабатываемого месторождения в условиях постоянно изменяющихся внешних и внутренних факторов развития, что достигается реализацией системного и синхронизированного подхода к управлению конструктивными, горнотехническими, геотехнологическими, геомеханическими и режимными параметрами открытых горных работ.

2. Устойчивость функционирования горнотехнической системы в условиях постоянно изменяющейся конъюнктуры рынка достигается на этапе ее проектирования путем формирования резервов для управления геотехнологическими, режимными и горнотехническими параметрами с варьированием производительности карьера, качеством добываемого сырья и номенклатуры товарной продукции, включая объем выполнения услуг сторонним предприятиям на основе предложенного критерия эффективности, представленного интегральным показателем горных возможностей.

3. Расширение номенклатуры товарной продукции горнодобывающего предприятия производится на этапе эксплуатации месторождения путем управления конструктивными, геомеханическими и геотехнологическими параметрами при реализации технологических решений по формированию и использованию техногенных образований из вскрышных пород и выработанных пространств карьеров в качестве горнотехнических сооружений различного назначения, а также выполнением услуг сторонним предприятиям по разведке, буровзрывным работам, экскавации, транспортированию, геолого-маркшейдерскому обеспечению и ремонту оборудования.

4. Управление параметрами устойчивого функционирования горнотехнической системы обеспечивается заблаговременным формированием горных возможностей путем планирования и организации в рабочей зоне карьера участков с конструктивными параметрами, адаптированными под использование оборудования малой мощности, в том числе гидравлических экскаваторов с емкостью ковша до 5-6 м³, что позволяет в условиях изменения внешних факторов обеспечить гибкое регулирование производительности карьера, номенклатуры товарной продукции и услуг, а также качества и объема вовлекаемых в разработку запасов.

5. Изменение конструктивных параметров карьера с уменьшением высоты уступа и угла откоса рабочего борта при применении маломощного выемочно-погрузочного оборудования с обеспечением его высокой концентрации на ограниченном участке активной добычной рабочей зоны при разработке высокоценных полезных ископаемых позволяет интенсифицировать отработку месторождения с одновременным повышением селективности выемки из массива горных пород, что обеспечивает увеличение товарной стоимости продукции и расширение ее номенклатуры.

Достоверность результатов обеспечивается: надежностью и представительным объемом исходных данных; использованием графических программных комплексов и электронных приложений при разработке и проведении компьютерного моделирования; апробацией результатов при проведении исследовательских работ на угольных разрезах, рудных карьерах и на предприятиях по добыче строительного сырья; подтверждается сопоставимостью результатов, полученных в ходе исследований различными методами с фактическими данными, полученными на горных предприятиях; положительными экономическими эффектами, полученными от использования разработанных научно-методических положений на карьерах Урала, Хакасии и Хабаровского края.

Научная новизна:

1. Методика управления параметрами горнотехнической системы, обеспечивающая ее устойчивое функционирование при заданном уровне доходности и базирующаяся на основе определения оптимального сочетания производительности карьера, качества добываемого сырья, номенклатуры товарной продукции и объема вовлекаемых запасов по предложенному критерию эффективности с учетом влияния внешних и внутренних факторов развития горнотехнической системы.

2. Экономико-математическая модель выбора параметров горнотехнической системы и технологических решений для достижения максимальной эффективности по критерию приведенной прибыли от освоения участка недр при минимальном среднеквадратичном отклонении доходности от заданного уровня.

3. Интегральный показатель горных возможностей, рассчитываемый в динамике развития горных работ и учитывающий получение дополнительных доходов от изменения объемов вовлекаемых в эксплуатацию запасов, производительности карьера, качества добываемого сырья и номенклатуры товарной продукции, включая стоимость выполнения услуг сторонним предприятиям с учетом внешних и внутренних факторов развития горнотехнической системы.

4. Закономерность изменения интегрального показателя горных возможностей в зависимости от динамики факторов, определяющих номенклатуру производимой продукции и оказываемых горнотехнических услуг при комплексном техногенном преобразовании и освоении участка недр, представляющая собой восходящую кривую, описываемую степенной функцией.

Личный вклад автора состоит: в постановке цели и задач исследования; проведении теоретического анализа и разработке комплекса направлений по развитию деятельности открытой геотехнологии, в том числе путем формирования и использования техногенных георесурсов и выполнения услуг сторонним предприятиям, обеспечивающих повышение устойчивости функционирования горнодобывающих предприятий; обосновании

организационных и технологических решений, а также параметров систем открытой разработки месторождений с учетом условий рынка; обосновании методологических основ управления параметрами горнотехнической системы в изменяющихся условиях рынка; разработке алгоритмов, программ для моделирования параметров горнотехнической системы открытой геотехнологии; проведении опытно-промышленных испытаний; обработке, апробации результатов научной работы, анализе и обобщении полученных данных; подготовке к изданию публикаций.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии научно-методических основ обеспечения устойчивости функционирования горнотехнической системы за счет управления ее параметрами в условиях изменяющихся внешних и внутренних факторов развития открытой геотехнологии.

Практическая значимость диссертации состоит в разработке технологических решений и рекомендаций по оптимизации параметров горнотехнической системы при комплексном техногенном преобразовании и освоении участка недр, обеспечивающих повышение устойчивости функционирования предприятий на рудных месторождениях (Малый Куйбас, Светлинское), угольных разрезах Хакасии и Хабаровского края (Черногорский, Буреинский) и карьерах строительных материалов (Агаповский, Лысогорский).

Научное и практическое значение работы подтверждено ее выполнением при поддержке гранта Президента РФ МД-3602.2021.1.5, а также гранта Российского научного фонда № 23-21-10040, <https://rscf.ru/project/23-21-10040>.

Реализация результатов исследования. Разработанные геотехнологические решения рекомендованы к использованию при проектировании новых и реконструкции действующих предприятий с открытым способом разработки. Полученные результаты исследований использованы при подготовке рекомендаций и проектных решений по корректировке параметров горнотехнической системы с учетом комплексного освоения участка недр на карьерах ПАО «ММК», АО «Южуралзолото группа компаний», АО «Ургалуголь», ООО «СУЭК-Хакасия», ООО «Завод СтройМинерал», ПАО «Ураласбест» и др. Эффективность

разработанных технологий подтверждена актами внедрения с указанием достигнутого суммарного экономического эффекта в сумме 78 млн руб.

Также основные научные положения и практические решения диссертации использованы в научно-методическом обеспечении учебного процесса по дисциплинам: «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых», «Инновационная деятельность на горных предприятиях», «Геомеханика», «Процессы открытых горных работ» специальности 21.05.04 – Горное дело, «Открытые горные работы».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (г. Москва, 2003, 2004, 2006, 2017, 2021 гг.); IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI международных научно-технических конференциях «Комбинированная геотехнология» (г. Сибай, 2007, 2009 гг., г. Магнитогорск, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021 гг.); XII научно-практической конференции «Комбинированная геотехнология: комплексное освоение техногенных образований и месторождений полезных ископаемых» (г. Магнитогорск, 2023 г.); конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» (г. Магнитогорск, 2008, 2013, 2015, 2017, 2020, 2022, 2023 гг.); на Всероссийской конференции «Проблемы повышения экологической и промышленной безопасности производственно-технических комплексов промышленных регионов» (г. Магнитогорск, 2004 г.); на Всероссийской научно-практической конференции «Программное обеспечение для цифровизации предприятий и организаций» (г. Магнитогорск, 2021 г.); на XII Национальной конференции с международным участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых (Варна, Болгария, 2013 г.); на международной научно-практической конференции «Маркшейдерское и геологическое обеспечение горных работ» (г. Магнитогорск, 2013 г.); III международной научно-практической конференции «Открытые горные работы в XXI веке» (г. Красноярск, 2017 г.), на научных семинарах НИИОГР ООО «Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства» (Челябинск, 2016-2022 гг.).

1 АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ И ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

1.1 Анализ динамики параметров горнотехнических систем при разработке твердых полезных ископаемых в изменяющихся условиях рынка

Перспектива открытого способа разработки

Открытая разработка месторождений твердых полезных ископаемых была и остается генеральным направлением развития горнодобывающей промышленности России в XXI в., несмотря на все более сложные горно-геологические и суровые природно-климатические условия освоения месторождений Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока и других регионов. Открытая добыча руд, угля, алмазосодержащего и горностроительного сырья является генеральным направлением развития горнодобывающей промышленности РФ и наиболее надежным плацдармом развертывания крупных инновационных проектов. В России открытую разработку месторождений руд черных, цветных и драгоценных металлов, урана, угля, алмазосодержащего и горно-химического сырья в настоящее время осуществляют более 200 горнодобывающих компаний, и около 4000 предприятий ведут добычу минерального сырья для производства строительных материалов. Открытым способом добывают 80–93% руд черных и цветных металлов, 70% угля, практически 100% строительных горных пород [213].

Угольная промышленность

Угольная промышленность продолжает оставаться важной отраслью мировой энергетики, а угольное топливо занимать «вторую строчку» в структуре мирового энергопотребления. Развитие этой отрасли отличается большей стабильностью по сравнению, скажем, с нефтяной, что объясняется целым рядом причин. Среди них – и гораздо лучшая обеспеченность разведанными ресурсами,

и постоянный устойчивый спрос со стороны прежде всего электроэнергетики и металлургии [106].

Угольная промышленность, несмотря на такие энергоисточники, как нефть и газ, с начала XXI века все еще остается лидирующей в энергетике мира. Доля использования угля в энергобалансе многих стран в среднем составляла 40-60% [158].

Железородная промышленность

Добыча железных руд – одна из крупных подотраслей горнодобывающей промышленности. Но поскольку железные руды используют в черной металлургии, организационно это производство во многих странах, включая Россию, обычно рассматривают в ее составе [106].

Черная металлургия – одна из базовых отраслей промышленности, или отраслей ее «нижнего этажа», связанного с переработкой различных видов сырья, главным образом минерального. Значение ее определяется прежде всего тем, что стальной прокат продолжает оставаться главным конструкционным материалом для промышленности и строительства. В сталеплавильной промышленности мира занято 6,5–7 млн человек [106].

Отрасль добычи и переработки руд цветных металлов для цветной металлургии

Цветная металлургия как отрасль имеет сложную внутреннюю структуру. Она включает в себя добычу и обогащение руд цветных металлов, их металлургический передел (получение концентрата, чернового и рафинированного продукта), производство различных сплавов, а также прокат цветных металлов и переработку вторичного сырья. Структура отрасли сложна еще и потому, что она имеет дело примерно с 70-ю металлами, хотя и по объему производства, и по стоимости продукции резко преобладают четыре из них – алюминий, медь, цинк и свинец. Известно, что алюминий – самый распространенный металл (8,8 %) в земной коре. А о значении его в мировой экономике говорит тот факт, что в металлургии он занимает второе место после железа, а по массе его производят больше, чем всех остальных цветных

металлов, вместе взятых. Вот почему алюминиевая промышленность считается ведущей отраслью цветной металлургии [106].

Динамика угольной промышленности России

В период угрозы усиления кризисных явлений в экономике, необходимости структурной перестройки производства остро стоит проблема обеспечения энергоресурсами экономик различных стран. В связи с этим повышенное внимание стало уделяться углю ввиду его значительных мировых запасов и большей доступности по сравнению с другими видами углеводородного топлива. Результатом этого стал рост объемов мирового производства угля, которые увеличились за последнее десятилетие более чем в полтора раза.

Технологическое состояние мировой энергетики и развитие угольной промышленности свидетельствуют о том, что в ближайшие 20 лет доля угля в энергетике и, соответственно, его добыча, особенно угля энергетического направления использования, будут расти [188].

Добыча угля в мире в период с 2000 по 2020 гг. выросла в 1,6 раза, до 7,4 млрд т, а экспорт возрос в 2,1 раза, до 1,3 млрд т. В России в период с 2000 по 2021 гг. произошел резкий рост объемов добываемого угля – в 1,7 раза, до 438 млн т [158].

По данным МЭА, в 2021 г. мировое производство электроэнергии из угля выросло на 9%, а общий спрос на уголь – на 6%. По состоянию на апрель 2022 г. уголь – один из самых дешевых источников энергии, что, скорее всего, будет одним из основных факторов, замедляющим отказ от его использования в период 2022-2024 гг. [158].

Россия является одним из мировых лидеров по производству и экспорту угля, она занимает шестое место по объемам угледобычи после Китая, США, Индии, Австралии и Индонезии (на долю России приходится около 5% мировой угледобычи) и третье место по экспорту угля после Индонезии и Австралии (на международном рынке на долю России приходится около 15%) [153].

Особо важное значение для развития потенциала отрасли имеет структура торгового оборота ископаемых углей, в общем объеме которого Российская Федерация находится на третьем месте с ежегодным значением данного показателя, превышающим 100 млн т.

Угольная отрасль России сегодня представлена частными компаниями, которые эффективно работают, обеспечивая высокую прибыль и рост налоговых поступлений в бюджеты всех уровней. Производственная мощность угледобывающих предприятий отрасли за последнее десятилетие выросла почти на 40% [188].

По отчетным данным угледобывающих компаний добыча угля в России за 2021 г. составила 438,4 млн т. Она увеличилась по сравнению с 2020 г. на 36,4 млн т, или на 9,1%. Подземным способом добыто 113,0 млн т угля (на 9,8 млн т, или на 9,4% больше, чем годом ранее). Добыча угля открытым способом составила 325,4 млн т (на 26,7 млн т, или на 8,9% выше уровня аналогичного периода 2020 г.) [153, 155]. Удельный вес открытого способа в общей добыче составил 74%.

Динамика объема добычи угля в России по способам добычи (по отчетным данным угледобывающих компаний) представлена на рисунке 1.1.

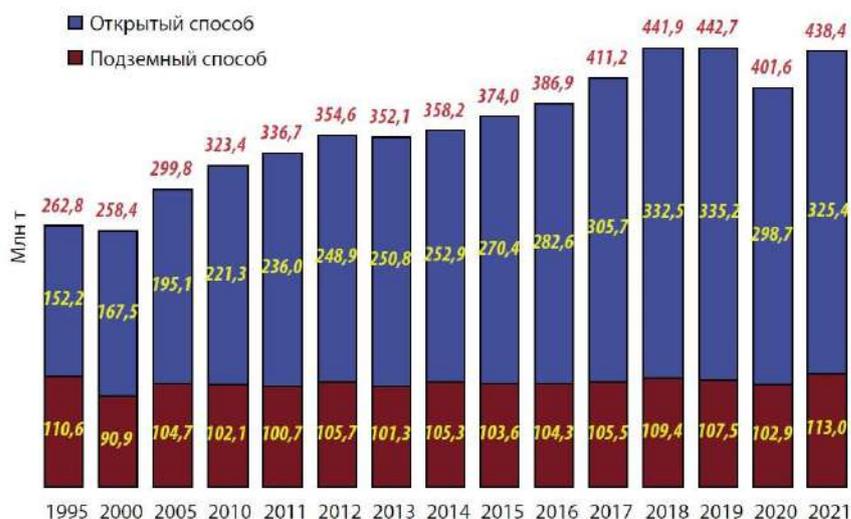


Рисунок 1.1 – Добыча угля в России по способам добычи (по отчетным данным угледобывающих компаний) (Источники: По данным ежемесячной отчетности угледобывающих компаний в ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА»)

В январе-марте 2022 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года добыча угля возросла в трех из четырех федеральных округов России. Крупнейшие производители российского угля и объемы производства в период январь-март 2022 г. представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Крупнейшие производители российского угля и объемы производства в период январь-март 2022 г

Крупнейшие производители российского угля	Январь-март 2022 г., тыс. т	Проценты к 2021 г., %	Крупнейшие производители российского угля	Январь-март 2022 г., тыс. т	Проценты к 2021 г., %
ООО УК «Кузбассразрезуголь»	8447,6	96,0	АО «Разрез «Тугнуйский» (АО «СУЭК»)	2317,4	67,0
АО «СУЭК-Кузбасс»	7720,4	91,7	АО «Ургалуголь» (АО «СУЭК»)	2081,3	70,7
Группа «Сибантрацит»	6388,7	133,3	РУХ «Сибуглемет»	2025,3	82,8
АО «Разрез «Бородинский» им. М.И.Щадова (АО «СУЭК»)	6117,3	107,3	Группа компаний «ТАЛТЭК»	1967,3	96,0
ООО «ЕвразХолдинг» (ООО «Распадская угольная компания»)	4768,7	73,5	ООО «Восточная Горнорудная Компания» разрез «Солнцевский»	1792,1	83,2
ООО УК «Эльга Уголь»	4485,2	160,9	АО УК «Сибирская»	1618,7	132,7
АО «Стройсервис»	4271,3	111,2	ООО «Разрез «Аршановский»	1383,5	116,8
АО «Русский уголь»	3817,4	105,8	ООО «ММК-Уголь»	1293,5	100,9
En+Group	3569,4	102,2	ООО УК «Талдинская»	1248,8	83,5
АО ХК «СДС-Уголь»	3396,3	70,9	АО «Разрез «Харанорский» (АО «СУЭК»)	1243,8	95,6
ПАО «Кузбасская Топливная Компания» разрез «Виноградовский»	3338,0	113,0	ЗАО «Шахта «Беловская»	1212,7	89,1
ООО «УК «Колмар»	3067,6	133,3	АО «ЛУР»	1212,3	124,6
АО «Воркутауголь»	2931,2	127,8	ООО «МелТЭК»	1181,5	106,1
ПАО «Мечел»	2818,2	106,7	ООО УК «Разрез «Майрыхский»	1169,4	77,8
ООО «Разрез «Черногорский» (АО «СУЭК»)	2454,5	95,8	Источник: ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России		

В соответствии со Стратегией развития минерально-сырьевой базы до 2035 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ от 22.12.2018 № 2914-р, уголь относится к полезным ископаемым первой группы, сырьевая база которых достаточна для обеспечения потребностей экономики в долгосрочной перспективе при любых сценариях ее развития и не требует проведения активных геологоразведочных работ, направленных на ее воспроизводство [113].

Согласно утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 г. №1523-р Энергетической стратегии России на период до 2035 года: «Решение задач угольной отрасли с учетом возможного увеличения доли Российской Федерации на мировом угольном рынке потребует увеличения объемов добычи угля в период до 2024 г. в диапазоне 448-530 млн т, а в период до 2035 г. – в диапазоне 485-668 млн т» [174].

Другим наиболее значимым направлением государственной поддержки угольной промышленности России являются мероприятия по реализации программы развития угольной промышленности России на период до 2035 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации № 1582-р от 13 июня 2020 г. Целью Программы является создание российским угольным компаниям условий для повышения их конкурентоспособности, в том числе за счет повышения производительности труда, снижения себестоимости добычи угля, роста объемов его переработки и обогащения, обеспечения стабильных поставок угля на внутренний и внешний рынки, развития производственных мощностей в регионах, расположенных близко к потребителям [175].

Динамика добычи и переработки руд черных и легирующих металлов

Россия располагает значительной сырьевой базой железных руд, уступая по ее масштабу Бразилии и Китаю. По выпуску железорудной продукции (концентратов, окатышей, агломерата и продуктов прямого восстановления железа) страна входит в пятерку крупнейших мировых производителей. Она также стабильно входит в число главных продуцентов стали. Основным источником железорудного сырья в России являются месторождения железистых кварцитов, преимущественно содержащие средние по качеству магнетит-гематитовые руды;

они обеспечивают примерно две трети российской добычи. Промышленное значение также имеют месторождения магнетитовых руд в скарнах и титаномагнетитовых руд. Мировые запасы железных руд оцениваются в 246,2 млрд т, ресурсы – в 670 млрд т. Производство товарных железных руд в мире в 2020 г., по предварительным данным, упало на 4,6% – до 2,4 млрд т, при этом производство стали увеличилось на 0,2% – до 1,88 млрд т. Основным источником железорудного сырья в мире (как и в России) являются месторождения железистых кварцитов, образующие крупные железорудные районы. Запасы руд таких месторождений нередко достигают нескольких миллиардов тонн.

Сырьевая база хромовых руд России невелика, тем не менее страна входит в первую десятку как держателей запасов, так и продуцентов товарно-сырьевой хромовой продукции мира. В 2020 г. на долю России пришлось 2% мирового импорта товарных хромовых руд. Производство феррохрома в основном ориентировано на экспорт: Россия занимает лидирующую позицию в мире по поставкам низкоуглеродистого феррохрома с содержанием углерода менее 4% (в 2020 г. — 83,3 тыс. т, или 35,2% мирового экспорта) и входит в число основных поставщиков высокоуглеродистого с содержанием углерода более 4% (144,6 тыс. т, или 2,6%). Мировые ресурсы хромовых руд выявлены в 29 странах мира и оцениваются в 12 млрд т [113].

В 2020 г. Россия занимала третье место в мире по объему импорта товарных марганцевых руд и концентратов и седьмое место – по производству ферросплавов. Мировые ресурсы марганцевых руд, заключенные в недрах 47 стран мира, составляют около 12 млрд т; запасы превышают 6,8 млрд т. В России промышленная добыча марганцевых руд не ведется [113].

По величине запасов бокситов и их добычи Россия находится на восьмом месте в мире, имея долю в 4% в мировых запасах и 2% в мировой добыче. По производству глинозема страна занимает пятое место в мире с долей в 2%, по производству первичного алюминия находится на втором месте (6%). Запасы бокситов разведаны в 29 странах и составляют 11,41 млрд т, ресурсы бокситов известны в 50 странах и оцениваются в 86,46 млрд т. По итогам 2011–2020 гг.

годовая добыча металлургических бокситов выросла на 24%, добыча богатых нефелиновых руд, используемых в металлургическом производстве, сократилась на 28%. В 2020 г. в России добыто 6,65 млн т бокситов (+0,1% относительно показателя предыдущего года), в том числе 6,11 млн т металлургического сорта (+2,6%), и 37,30 млн т нефелиновых руд (+1,4%), из которых только 3,12 млн т использовались в производстве металла [113].

Динамика добычи и переработки руд цветных металлов для цветной металлургии

Россия входит в пятерку ведущих стран-производителей рафинированной меди, уступая Китаю, Чили, Японии и ДР Конго, обеспечивая около 4,6% мирового выпуска. По стоимости экспортируемой рафинированной меди страна занимает третью-четвертую позицию поочередно с Японией, уступая Чили и ДР Конго. Запасы меди подсчитаны в 99 странах мира и оцениваются в 806 млн т, ресурсы — в 2 087 млн т [113].

В мировой экономике Россия занимает 2-е место в мире (после Китая) по объемам производства алюминия, никеля. Доля России в мировом производстве шести основных видов цветных металлов (алюминий, никель, медь, цинк, свинец, олово) составляет 8,5%. До 85% продукции цветной металлургии экспортируется [105].

В соответствии со Стратегией развития минерально-сырьевой базы до 2035 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ от 22.12.2018 № 2914-р, железные руды, медь, никель, кобальт отнесены к первой группе полезных ископаемых, запасы которых при любых сценариях развития экономики достаточны для удовлетворения внутренних потребностей и обеспечения экспортных поставок на длительную перспективу. Хромовые руды, цинк, свинец относятся к группе дефицитных полезных ископаемых, внутреннее потребление которых в значительной степени обеспечивается вынужденным импортом, что обусловлено недостаточными объемами добычи из-за низкого качества руд. Хром, марганец, бокситы, медь, никель входят в перечень стратегических видов минерального сырья, утвержденный распоряжением Правительства РФ от 16.01.1996 № 50-р [113].

Динамика добычи руд черных и цветных металлов в России

Добыча сырой железной руды и производство железорудного сырья для черной металлургии (концентраты, агломераты, окатыши и др.) сосредоточены в Северо-Западном, Центральном, Уральском и Сибирском федеральных округах России. Динамика добычи сырой руды и производства товарной, а также выпуска чугуна в России в период с 1990 по 2016 гг. приведена на рисунке 1.2.

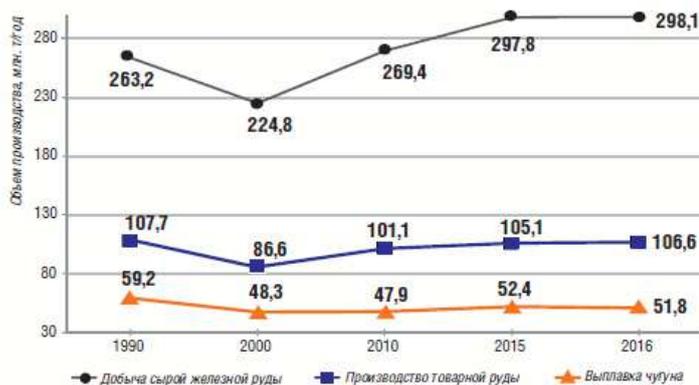


Рисунок 1.2 – Динамика добычи сырой железной руды, производства товарной руды и выплавки чугуна в России за период 1990-2016 гг.

Представленные данные свидетельствуют о стабилизации объемов выпуска товарной руды в России к 2016 г. на уровне 101–107 млн т/год. В то же время просматривается негативная тенденция снижения выхода товарной продукции вследствие ухудшения качества сырой руды, что приводит к росту объемов добычи сырой руды, а соответственно, и удельных затрат для поддержания достигнутого уровня производства товарной руды при существующих технологиях обогащения.

Добыча железной руды ведется в основном открытым способом (~ 93% от общего объема) горно-обогатительными комбинатами (ГОКами), входящими в состав ведущих мировых металлургических холдингов, таких как «Evraz Group», ОАО «Мечел», ОАО «Холдинговая компания "Металлоинвест"», ОАО «Северсталь» и др. В составе этих предприятий выделяется 8 крупнейших ГОКов, производящих более 85% железорудного сырья России. В таблице 1.2 представлены основные показатели добычи и оснащенность технологическим

оборудованием для ведения открытых горных работ по группе крупнейших ГОКов России в 2016 г. [85, 160].

Таблица 1.2 – Основные показатели добычи и оснащенность технологическим оборудованием для ведения открытых горных работ на ведущих ГОКах России

Предприятия	Объемы добычи, млн т		Кол-во оборудования, ед. (среднесписочное)				Средневзвешенное расстояние транспортирования, км	
	горной массы	в т.ч. руды	бурстанков	экскаваторов	автосамосвалов	локомотивов	автотранспорта	ж.д. транспорта
Михайловский ГОК	123,6	49,8	16,1	73,6	56,8	81,2	2,3	14,6
Стойленский ГОК	86,0	33,5	9,0	40,0	38,0	45,6	3,0	10,8
Лебединский ГОК	101,5	50,5	17,6	46,3	32,7	50,2	2,7	15,2
Костомукшский ГОК	141,7	34,7	20,0	44,0	55,3	18,0	3,1	14,3
Оленегорский ГОК	49,2	12,1	10,0	18,0	26,8	9,0	2,7	11,6
Ковдорский ГОК	28,8	19,6	7,7	14,0	58,0	0,0	3,8	0,0
Качканарский ГОК	74,0	59,4	15,6	37,0	28,0	36,4	1,3	11,1
Коршунровский ГОК	44,8	9,2	6,8	21,1	50,2	14,0	3,0	8,6
ИТОГО	649,5	268,8	102,8	294,0	345,9	254,4	2,7	10,8

За последнее десятилетие добыча железных руд из недр России выросла на 14,9%. При этом в структуре добычи доля богатых (с содержанием железа более 50%) руд сократилась с 1,6 до 1,3%; их добыча в физическом выражении сохранилась на уровне 4–5 млн т. В 2020 г. добыча железных руд составила 359,2 млн т, что на 3,6% выше показателя 2019 г.; еще 16,9 тыс. т извлечено из техногенных образований (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Динамика добычи железных руд и производства железорудной продукции в России в 2011–2020 гг., млн т (Источники: Государственный баланс полезных ископаемых Российской Федерации (ГБЗ РФ))

Добыча хромовых руд в России после значительного (в 1,8 раза относительно уровня 2011 г.) падения в 2012–2013 гг. демонстрирует в целом

устойчивую восходящую динамику. В 2020 г. она составила 608 тыс. т, что на 2,4% выше показателя 2019 г. Производство хромовых товарных руд и концентратов зависит не от объемов добычи, а от объемов переработки сырья, включая складированное, поэтому в разные годы оно было как выше, так и ниже показателя добычи хромитов. В 2020 г. оно составило 689 тыс. т, снизившись относительно показателя 2019 г. на 1,3%.

Динамика добычи хромовых руд и производства товарных хромовых руд и концентратов в 2011–2020 гг. представлена на рисунке 1.4.

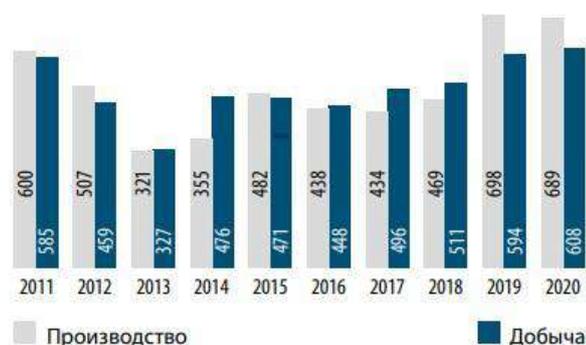


Рисунок 1.4 – Динамика добычи хромовых руд и производства товарных хромовых руд и концентратов в 2011–2020 гг., тыс. т (Источники: ГБЗ РФ)

В ближайшие годы в России ожидается значительное увеличение объемов добычи хромовых руд, прежде всего за счет ввода в эксплуатацию Южно-Сарановского месторождения в Пермском крае и освоения объектов массива Рай-Из в Ямало-Ненецком АО (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Основные проекты освоения месторождений хромовых руд [113]

Месторождение (субъект РФ)	Способ отработки	Проектная мощность, тыс. т руды в год	Характеристика инфраструктуры	Этап освоения
АО «Сарановская шахта «Рудная» (ООО «УСМК»)				
Южно-Сарановское (Пермский край)	Подземный	350	Район хорошо освоен	Строительство
Малый Пестерь (Пермский край)	Открытый	65	Район хорошо освоен	Опытно-промышленная разработка
ООО «ОборонГеоГрупп» (ООО «Хромиты Урала»)				
Месторождение №219 (Свердловская обл.)	Открытый	62,5	Район хорошо освоен	Опытно-промышленная разработка
ООО «Аккаргинские хромиты»				
Аккаргинское (Оренбургская обл.)	Открытый	50	Район освоен	Строительство

С 2017 г. в России ведется только опытно-промышленная разработка марганцевых руд. В 2020 г. ее объемы составили 188 тыс. т, что в 4,8 раза превысило показатель 2019 г. В 2020 г. статус «разрабатываемые» имело всего одно месторождение – Парнокское в Республике Коми, однако его разработка не ведется, карьер законсервирован.

Динамика добычи марганцевых руд и производства товарных марганцевых руд в 2011–2020 гг. представлена на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Динамика добычи марганцевых руд и производства товарных марганцевых руд в 2011 – 2020 гг., тыс. т (Источник: ГБЗ РФ) [113]

За период 2011–2020 гг. годовая добыча металлургических бокситов выросла на 24%, добыча богатых нефелиновых руд, используемых в металлургическом производстве, сократилась на 28%. В 2020 г. в России добыто 6,65 млн т бокситов (+0,1% относительно показателя предыдущего года), в том числе 6,11 млн т металлургического сорта (+2,6%), и 37,30 млн т нефелиновых руд (+1,4%), из которых только 3,12 млн т использовались в производстве металла.

На протяжении последнего десятилетия производство глинозема российскими предприятиями в среднем составляло 2,7 млн т/год, а производство первичного алюминия варьировало от 3,5 до 4 млн т/год (его колебания зависят от ситуации на мировом рынке металла). В 2020 г. выпуск глинозема вырос примерно на 2% (до 2,81 млн т), при этом его выпуск из бокситов снизился на 1%, а из нефелиновых руд увеличился на 9%.

Уровень добычи меди после сравнительно стабильного состояния в 2011–2017 гг. с 2018 г. демонстрирует устойчивый рост, что обусловлено началом освоения ряда новых объектов и их выходом на проектную мощность.

В 2020 г. из российских недр было добыто 1 134,6 тыс. т меди (+18,8% относительно уровня 2019 г.), еще 10,4 тыс. т (-37%) получено из техногенных месторождений.

Выпуск рафинированной меди (с учетом вторичного металла) составил 1055 тыс. т (+2,6%) (рисунок 1.6). В 2020 г. на медь разрабатывалось 48 коренных месторождений, в том числе 40 существенно медных и 8 комплексных медьсодержащих, а также 3 техногенных месторождения. Кроме того, медь попутно добывалась на 14 месторождениях комплексных руд, где полностью терялась при переработке; доля таких объектов в структуре российской добычи металла не превышала 0,9%.

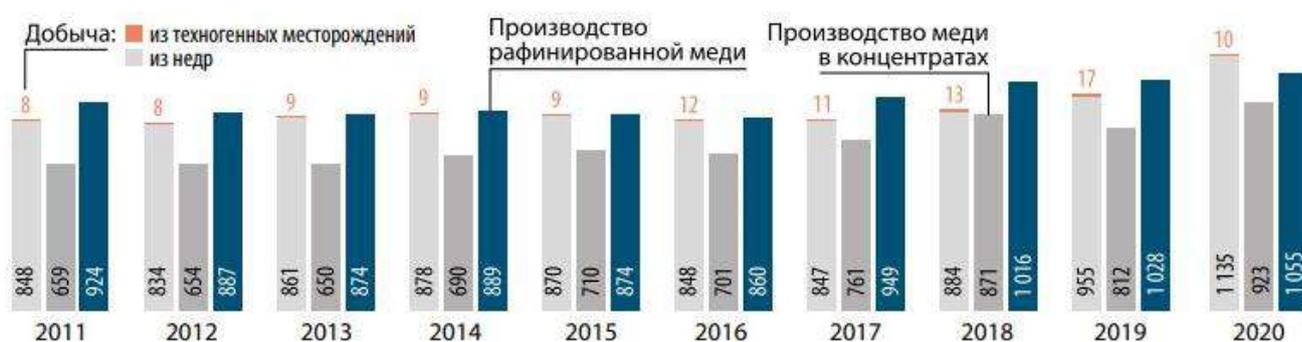


Рисунок 1.6 – Динамика добычи меди, производства меди в концентрате и рафинированной меди (включая вторичный металл) в 2011–2020 гг., тыс. т

(Источники: ГБЗ РФ, экспертная оценка ФГБУ «ЦНИГРИ»)

Основной объем добычи меди в России обеспечивают предприятия трех вертикально-интегрированных холдингов: ПАО «ГМК "Норильский никель"» («Норникель»), ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» (ОАО «УГМК») и АО «Русская медная компания» (АО «РМК»).

В России имеются перспективы существенного (в 2 раза) увеличения добычи меди из недр. В 2020 г. велись работы по подготовке к эксплуатации 29 коренных месторождений, на которых учитываются запасы меди (из них 24 существенно медных, 5 комплексных медьсодержащих) и два техногенных.

Крупнейшие проекты освоения реализуются на семи из них: Удоканском, Томинском, Подольском, Ново-Учалинском, Ак-Сугском, Малмыжском и Песчанка [113].

В экономике нашего государства промышленность строительных материалов, в том числе и основных видов нерудных строительных материалов (НСМ), является одной из самых топливо-, энерго- и грузоемких отраслей тяжелой промышленности. К нерудным строительным материалам в России относят, в первую очередь, песок, гравий и щебень (известняковый и гранитный), камень. Больше половины российского производства НСМ представлено галькой, гравием и щебнем.

Структура российского рынка нерудных строительных материалов на период 2013 г. представлена на рисунке 1.7.

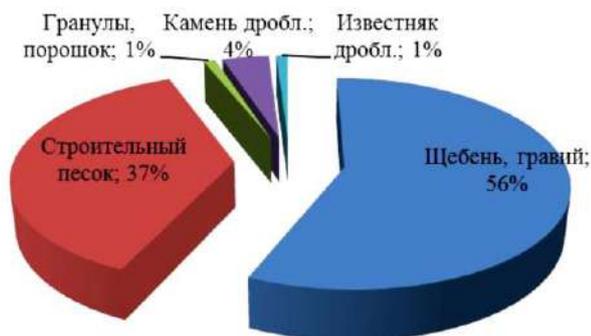


Рисунок 1.7 – Структура российского рынка нерудных строительных материалов

Динамика добычи НСМ менялась в зависимости от спроса на рынке и экономической ситуации в стране. Особенно существенно было падение объема добычи во время кризиса 2009 г. – оно составило 38%. В 2013 г. добыча НСМ превысила уровень 2007 г., хотя и не достигла величины 2008 г. (тогда было добыто 428 млн м³). На протяжении последних 4 лет объемы выработки стабильно увеличиваются на 12–18 % в год (в 2013 г. – на 12,8 %, было получено 403 млн м³ НСМ). К 2014 г. подотрасль так и не вышла на докризисные показатели по объему производства (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Динамика производства нерудных строительных материалов

Основу мировой сырьевой базы цементного сырья составляют карбонатные породы (известняки различной степени доломитизации, мел, мергели, мрамор), в меньшей степени – глинистые породы (глины, аргиллиты, глинистые сланцы, суглинки).

Добыча цементного сырья и производство цемента в России характеризуются волнообразной динамикой, отражающей ситуацию в строительной отрасли страны. За последние 10 лет максимальные показатели были достигнуты в 2013 г., после чего наблюдалось их снижение, сохранявшееся до 2018 г. В последующие годы наметился тренд на повышение добычи сырья и производства цемента (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Динамика добычи из недр цементного сырья (по видам сырьевых компонентов) и производства цемента в 2012–2021 гг., млн т (Источник: ГБЗ РФ, ГБЗ РФ (предварительные (сводные) данные), Росстат)

Больше всего производителей нерудных стройматериалов сконцентрировано в Южном Федеральном округе России – около 210 хозяйствующих субъектов. Второе место занимает Северо-Западный федеральный округ. Здесь добычей и реализацией нерудных материалов занимаются более 190 хозяйствующих субъектов. При этом наибольшие объемы добычи и реализации песка, щебня и гравия осуществляются в Санкт-Петербурге, Ленинградской области, Архангельской области и Республике Карелия [64].

Добыча нерудных ископаемых в январе 2022 г. увеличилась по сравнению с аналогичным периодом прошлого года на 7,5%. По сравнению с декабрем 2021 г. – снизилась на 21,0%.

Гранита и песчаника, используемого для строительства и создания памятников, добыто 5,3 млн т, что на 29,9% больше, чем в январе 2021 г., но на 26,1% меньше, чем в декабре прошлого года.

Производство щебня составило 11,1 млн м³, что на 3,4% больше, чем в январе 2021 г., но на 23,7% меньше, чем в декабре 2021 г.

Добыча и производство песка в январе 2022 г. составили 10,2 млн м³, снизившись по сравнению с январем и декабрем 2021 г. на 2,9% и на 40,0% соответственно.

Известняка добыто 4,8 млн т, что на 6,2% больше, чем в январе 2021 г., но на 11,9% меньше, чем в декабре 2021 года [218].

Динамика объема добычи полезных ископаемых в мире

Россия занимает шестое место в мире по объемам угледобычи после Китая, Индии, Индонезии, США и Австралии (на долю России приходится около 5% мировой угледобычи) и третье место в мире по экспорту угля после Индонезии и Австралии (на международном рынке на долю России приходится около 15%) (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Добыча угля крупнейшими странами-производителями угля в 2011-2021 гг., млн т [154]

Страны- углепроизводители	Годы										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Китай	3764,4	3945,1	3974,3	3873,9	3746,5	3410,6	3523,6	3697,7	3846,3	3901,6	4126,0
Индия	563,7	605,6	608,5	646,2	674,2	689,8	711,7	760,4	753,9	759,3	811,3
Индонезия	353,3	386,1	474,4	458,1	461,6	456,2	461,2	557,8	616,2	563,7	614,0
США	993,9	922,1	893,4	907,2	813,7	660,8	702,7	686,0	640,8	485,7	524,4
Австралия	423,2	448,2	472,8	505,3	503,7	502,1	487,2	502,0	505,4	470,0	478,6
Россия	341,7	357,2	352,5	358,3	369,3	388,1	417,3	444,9	443,5	402,5	439,5
ЮАР	252,8	258,6	256,3	261,4	252,2	249,7	252,3	250,0	254,4	245,8	234,5
Германия	188,6	196,2	190,6	185,8	184,3	175,4	175,1	168,8	131,3	107,4	126,0
Казахстан	116,4	120,5	119,6	114,0	107,3	103,1	112,3	118,5	115,0	113,4	115,7
Польша	139,3	144,1	142,9	137,1	135,8	131,0	127,1	122,4	112,4	100,7	107,6
Мировая добыча, всего	7956,6	8185,6	8256,1	8179,8	7947,8	7476,0	7695,7	8068,5	8111,4	7732,0	8172,6
В том числе страны ЕС	571,2	573,5	545,5	528,1	519,1	478,9	489,7	475,1	381,6	311,0	340,3

В десятку ведущих стран по мировому производству меди по состоянию на 2022 год входят Чили, Перу, Демократическая Республика Конго, Китай, США, Россия, Индонезия, Австралия, Замбия и Мексика. На долю России приходится около 5% мирового объема добычи меди. На рисунке 1.10 представлена динамика мировой добычи меди.

Основой в производстве алюминия является глинозем. Глинозем – технический оксид алюминия (Al_2O_3), получаемый из горных глинистых пород – бокситов, нефелинов, алунитов, каолинов. По некоторым оценкам производство глинозема в мире за 2018–2022 гг. выросло на 7,3% [9].

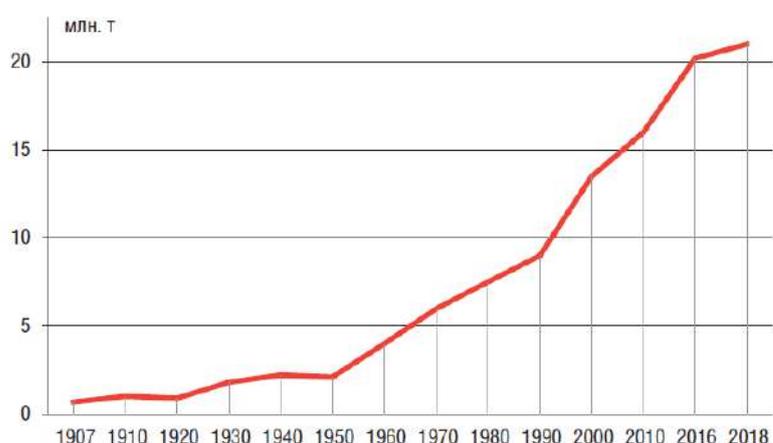


Рисунок 1.10 – Динамика мировой добычи меди, млн т [96]

В 2022 г. общий объем производства пригодной для использования железной руды в мире составил 2600 млн т (рисунок 1.11). Для сравнения в 2020 г. этот объем составлял 2350 млн тонн [231].

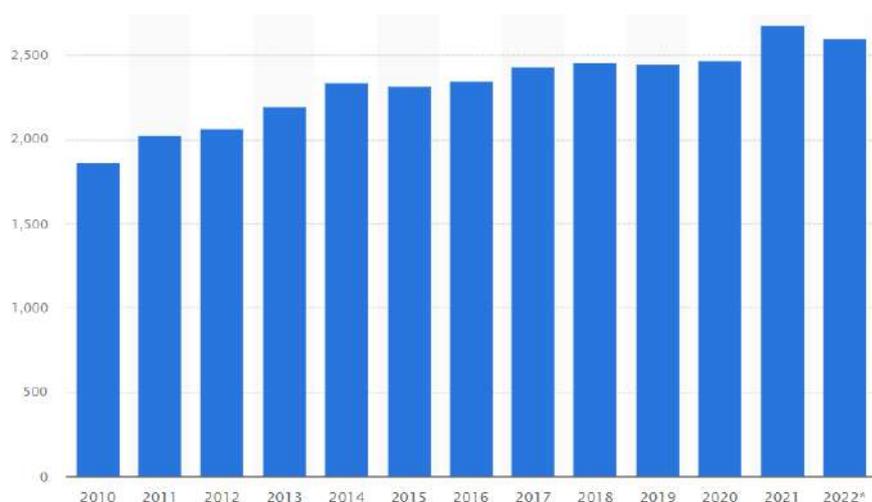


Рисунок 1.11 – Динамика мирового производства железной руды, млн т

По объёмам производства золота Россия занимает третье место после Китая и Австралии. На долю производства российского золота приходится до 10% мировой добычи.

В основном по всем рассматриваемым видам сырья наблюдается рост добычи. Обычно это объясняется тем, что при положительной конъюнктуре цен на рынках сырья предприятиям выгодно наращивать объемы производства для получения дополнительной прибыли, а при снижающейся цене предприятия компенсируют падение цен увеличенными объемами продаж при наличии спроса на продукцию.

Влияние внешних и внутренних факторов развития горнотехнических систем на динамику параметров открытой геотехнологии

Российские горнодобывающие предприятия с начала 1990-х г. находятся в условиях мирового рынка. За период более чем 20 лет большинство предприятий страны, адаптируясь к рынку, прошли путь от спада производства и неспособности конкурировать с предприятиями других стран до увеличения своей производительности, обновления основных фондов и повышения своей конкурентоспособности. В настоящее время на российских горнодобывающих предприятиях используются мощные современные российские и зарубежные технические устройства и технологии. Наша страна сегодня в мире занимает 3-е место по объему производства золота, 5-е место по производству железной руды, 6 место по производству угля, 7-е место по производству меди [36].

Несмотря на использование новейших технологий и технических устройств, жизнеспособность современных российских горнодобывающих предприятий продолжает зависеть от их возможности быстрой адаптации к постоянно меняющимся условиям мирового и внутреннего рынка. В условиях современного мирового экономического кризиса горнодобывающие предприятия являются уязвимыми к падению рыночных цен и спроса на производимое сырье. Так, цена на железную руду на мировом рынке за период 2013-2016 гг. снизилась в 3 раза, затем был рост, а в период с 2021 по 2022 гг. снижение в 2 раза, цена на медь за период 2011-2016 гг. снизилась в 2 раза, затем снижение наблюдалось в период с 2018 по 2020 гг. в 1,5 раза [254] (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12. – Динамика рыночных цен на сырье, производимое горнодобывающими предприятиями по видам полезного ископаемого, \$/т:
а – железная руда; б – каменный уголь; в – медь; г – золото

При этом с каждым годом горно-геологические и горнотехнические условия разработки открытым способом усложняются. Увеличивается глубина карьеров, возрастает расстояние транспортирования, а содержание полезного компонента в рудах разрабатываемых месторождений уменьшается. Что в целом приводит к увеличению себестоимости выпускаемой горнодобывающими предприятиями продукции [1]. На рисунке 1.13 представлена динамика изменения глубины карьеров и линейных размеров применяемого горнотранспортного оборудования.

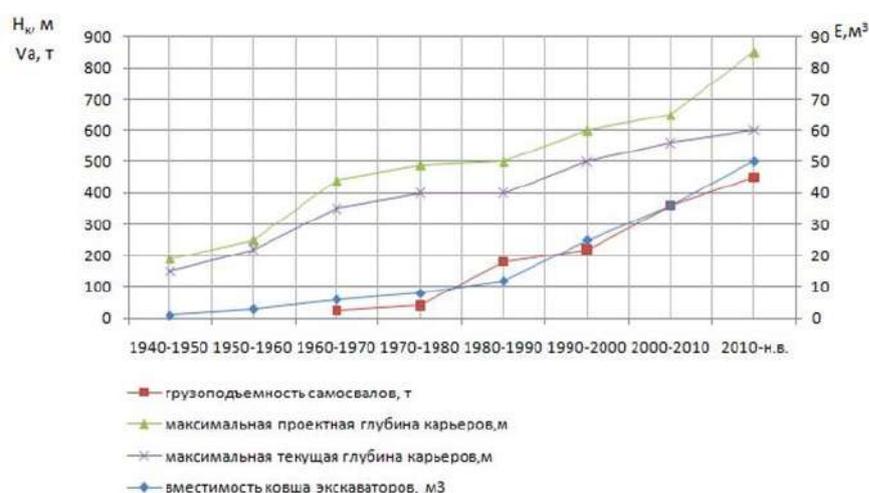


Рисунок 1.13 – Динамика изменения глубины карьеров и параметров применяемого оборудования: V_a – грузоподъемность автосамосвала, т; E – вместимость ковша экскаватора, m^3 ; H_k – глубина карьеров проектная, м [24]

Среднее содержание полезного компонента в добываемых рудах на медно-колчеданных месторождениях Урала за последние десятилетия уменьшилось более чем в 2 раза. Динамика снижения содержания полезных компонентов в добываемых рудах представлена на рисунке 1.14.

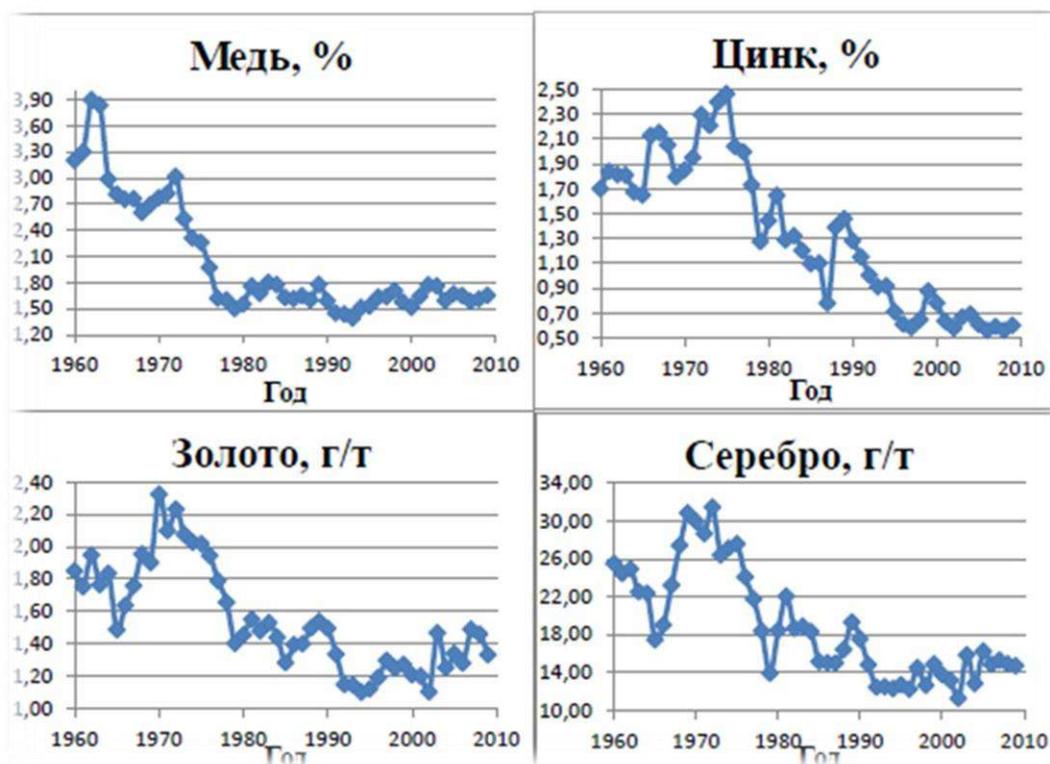


Рисунок 1.14 – Динамика снижения содержания полезных компонентов в добываемых рудах за период 1960 – 2010 гг. на медноколчеданных месторождениях Урала [157]

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. В таблице 1.5 представлены данные по объему образования отходов производства и потребления в Российской Федерации по основным видам экономической деятельности. В результате деятельности в современных условиях рынка горнодобывающие предприятия уязвимы к падению цены и спроса на производимое сырье. Так, закрытие горных предприятий производится не только из-за отработанных запасов, но и по причине низкого качества сырья, высоких затрат на его производство, потери рынков, производственных и технических трудностей и др. (рисунок 1.15).

Таблица 1.5 – Объем образования отходов производства и потребления в Российской Федерации по основным видам экономической деятельности в 2016–2020 гг., тыс. т

Вид деятельности	2016	2017	2018	2019	2020
сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	49242,3	41499,2	42773,7	47664,2	45150,5
добыча полезных ископаемых	4723843,8	5786189	6850485,4	7257022,1	6367335,7
в том числе:					
добыча угля	3377939,9	3874534,2	4816499,8	5199628,2	3911299,0
добыча сырой нефти и природного газа	7750,7	8836,7	8917,2	7068,4	8127,1
добыча металлических руд	957557,3	1522341,6	1643674,5	1635476,4	2070925,8
добыча прочих полезных ископаемых	376242,8	376197,9	377504,7	407468,3	373976,4
предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых	4353,1	4278,6	3889,2	7380,8	3007,4
обрабатывающие производства	549325,3	274816,8	243767,6	296442,7	240432,5
обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	20509,3	20548,4	20105,1	20185,2	17468,0
водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	7181,3	9937,6	10606,0	10688,6	8388,2
строительство	21100,0	-	36000,0	42000,6	31551,8
прочие виды экономической деятельности	70111,5	87652,4	62316,2	76873,9	245390,3
Всего*	5441313,5	6220643,4	7266054,0	7750877,3	6955717,0

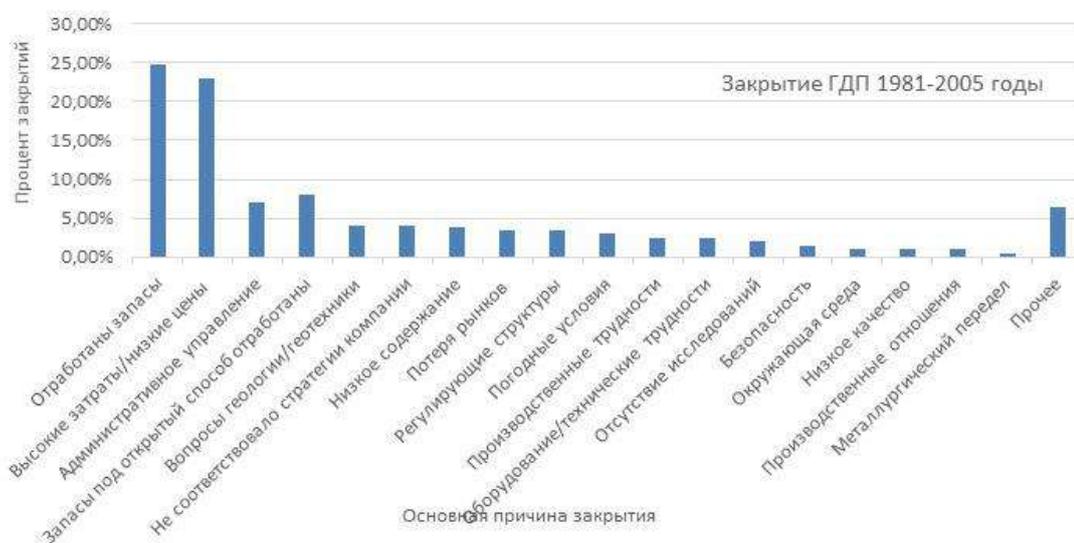


Рисунок 1.15 – Основные причины закрытия горнодобывающих предприятий

Сохранение жизнеспособности предприятия зависит от вида выпускаемой им продукции, ее стоимости на рынке и горнотехнических условий разработки [129]. При этом номенклатура выпускаемого горным предприятием сырья или готовой продукции непосредственно зависит от разрабатываемого месторождения полезного ископаемого. Кроме того, с запасами месторождений и предприятиями их разрабатывающих связано образование на их основе множества населенных пунктов в виде сел, поселков городского типа и даже

городов. Населенный пункт, экономическая деятельность в котором тесно связана с единственным предприятием, называют моногородом. В России официально признано 319 монопрофильных муниципальных образований [173], то есть около 30% всех городов России. Вклад монопоселений в ВВП страны оценивается на уровне 20–40%. Производство различной продукции горно-металлургических предприятий в моногородах, в долях от общего объема по стране, представлено в таблице 1.6 [115].

Таблица 1.6 – Доля производства продукции в моногородах

Вид продукции	Доля в общем объеме по стране, %
Добычи нефти	64
Добычи газа	83
Добычи угля	53
Производства продукции черной металлургии	50
Производства стали и кокса	66
Производства калийных удобрений	84
Производства продукции цветной металлургии	90
Производства глинозема	100

Уровень экономической и социальной обстановки таких населенных пунктов напрямую зависит от экономической эффективности, стабильности и срока деятельности горнодобывающего предприятия. По официальной статистике из всех монопоселений 30% находятся в сложном социально-экономическом положении, 48% – имеющие риски ухудшения социально-экономического положения, 22% – со стабильной социально-экономической ситуацией [173].

Экономическое развитие моногородов в настоящее время зависит от сохранения и развития жизнеспособности многих горнодобывающих предприятий. Таким образом, в условиях роста спроса на минеральное сырье, динамично меняющейся конъюнктуры рынка и усложняющихся горнотехнических условиях разработки месторождений открытым способом все актуальнее становится задача повышения эффективности и устойчивости функционирования горнодобывающих предприятий, что делает необходимым периодический пересмотр проектных и организационно-технологических решений по освоению балансовых запасов и изменению параметров горнотехнической системы.

Глубокие карьеры, достигающие проектных глубин 500 м и более, а также карьеры, разрабатываемые, как правило, не менее 30 лет, в ходе эксплуатации претерпевают ряд реконструкций. Реконструкции зачастую вызваны пересмотром контуров карьера по результатам эксплуатационной разведки, техническим перевооружением по отдельным технологическим процессам, изменениям системы вскрытия карьера, в ряде случаев изменением системы разработки [24]. Производимая предприятиями реконструкция связана с изменением параметров горнотехнической системы. Примеры реконструкции предприятий и изменения некоторых параметров горнотехнической системы представлены в таблице 1.7

Таблица 1.7 – Примеры реконструкции на горнодобывающих предприятиях

Наименование карьера (месторождения)	Тип добываемого полезного ископаемого	Количество реконструкций (проектов)	Сущность реконструкций	Изменение основных параметров и показателей	
				Глубина, м	Производительность, млн.т/год
Малый Куйбас	железная руда	2	увеличение глубины, корректировка контуров	165-315	1,9-2,5
Сибайский	медная руда	5	увеличение глубины, корректировка контуров	190-480	н.д.
Коркинский	уголь	7	изменение глубины	40-630	н.д.
Михеевский	медная руда	1	увеличение глубины, корректировка контуров	358-538	18-24
Учалинский	медно-колчеданная руда	3	увеличение глубины, корректировка контуров	380	1,8-4
Баженовский	хризотил-асбест	4	увеличение глубины, корректировка контуров,	350	4,6
Светлинский	золоторудное	2	увеличение глубины, корректировка контуров	60-312	7,2

Техническое перевооружение с увеличением единичной мощности карьерного оборудования производится чаще всего по всем технологическим процессам. Так, для экскаваторов с большей вместимостью ковша требуются автосамосвалы большей грузоподъемности. Поэтому для обеспечения эффективного и безопасного применения нового оборудования при реконструкции карьера необходимо изменять параметры рабочей зоны [219] и пересматривать параметры схемы вскрытия [24]. Кроме того, для сохранения эффективной работы горных предприятий в условиях технического перевооружения и изменения производительности предприятия целесообразно

изменение параметров системы разработки [65, 82, 84, 101], параметров технологических процессов [1, 40, 46, 162, 180]. В ряде случаев требуется изменение параметров прибортового и техногенного массивов [68, 69, 145, 147, 148, 223], а так же параметров складов и отвалов [31, 42, 73, 120, 92].

В зависимости от выбора параметров горнотехнической системы и ситуации на рынке развитие горнодобывающих предприятий происходит по-разному. Так, на примере двух предприятий разреза «Черногорский» и разреза «Степной», разрабатывающих одно единое Черногорское угольное месторождение, видно неравномерное развитие их производственной мощности (рисунок 1.16).

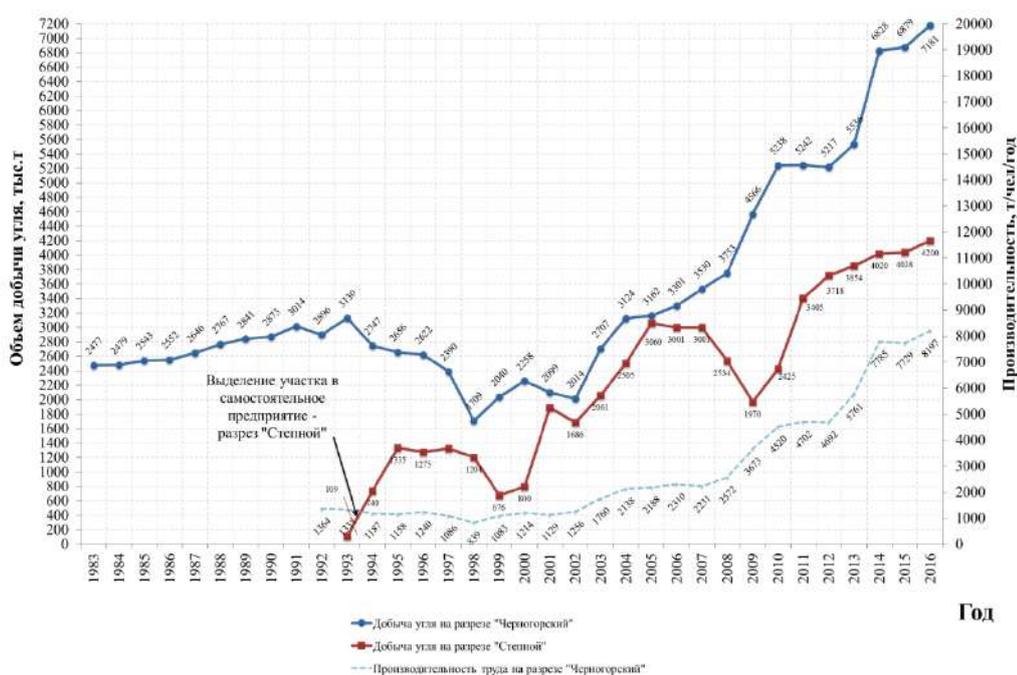


Рисунок 1.16. – Развитие разрезов «Черногорский» и «Степной», разрабатывающих Черногорское месторождение в период 1983–2016 гг.

Однако освоение месторождения с параметрами горнотехнической системы, ориентированными только на повышение производственной мощности и комплексное освоение природных георесурсов в условиях снижения спроса и цены на добываемое сырье и высоких требований к его качеству, ведет к потере рынка и остановке предприятия. Оценка рыночных позиций предприятий открытого способа добычи рассмотрена на примере Бейского месторождения в координатах «средняя себестоимость 1 т угля – среднее качество угля» представлено на рисунке 1.17.

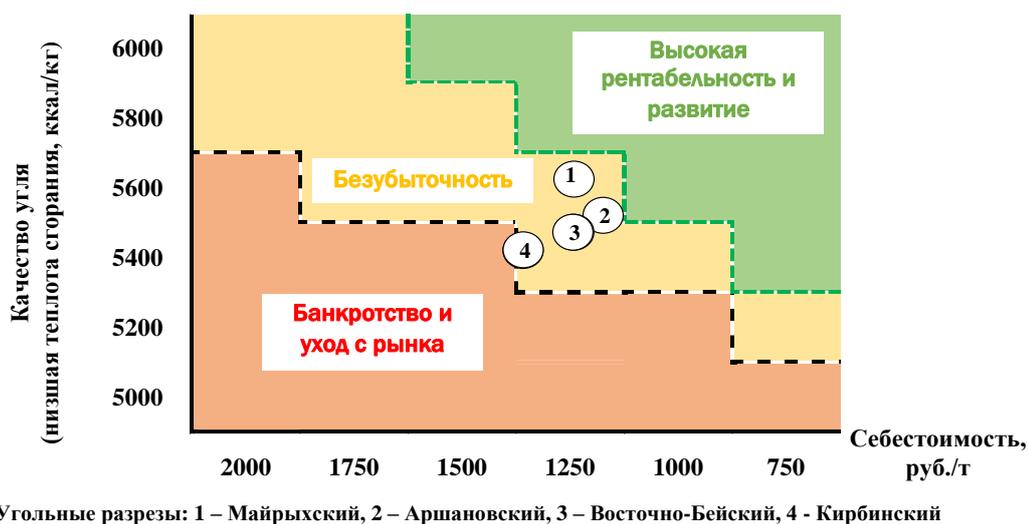


Рисунок 1.17 – Рыночные позиции предприятий Бейского каменноугольного месторождения в 2019 г. [162]

Из рисунка 1.17 видно, что выход на безубыточность, высокую рентабельность и развитие возможен только при определенном качестве и себестоимости продукции. Следует отметить, что в течение 2019 г. цена на угольную продукцию снизились в 1,5-2,0 раза, а рост стоимости материально-технических и энергетических ресурсов, тарифов перевозчиков составил 5-15%. Для повышения экономической эффективности российским предприятиям в таких условиях необходимо гибко подходить к объему производства и качеству выпускаемой продукции, а также снижать затраты на добычу.

С другой стороны, разработка месторождения с параметрами горнотехнической системы, ориентированными только на условия рынка, с минимальными затратами, без учета изменения горнотехнических условий и преобразования участка недр ведет к потере месторождения. На примере предприятия, разрабатывающего железорудное месторождение «Малый Куйбас», видно, что параметры горнотехнической системы, ориентированные только на условия рынка, в 2008 г. привели к остановке добычных работ из-за критического положения добычной зоны и невозможности производить дальнейшую углубку для отработки балансовых запасов. В результате в период 2008-2013 гг. произведена реконструкция карьера с разносом бортов и выходом на проектную производственную мощность, которая сопровождалась

значительными финансовыми инвестициями [78, 117, 120]. Развитие карьера «Малый Куйбас» в период 2008-2023 гг. представлено на рисунке 1.18.

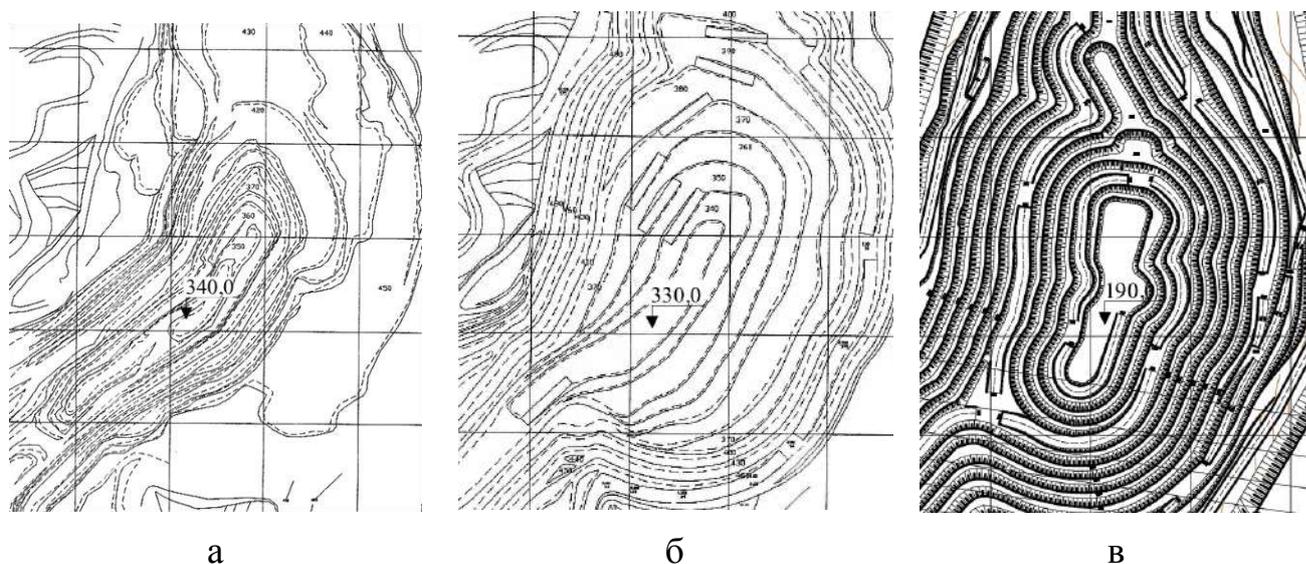


Рисунок 1.18 – План северной части карьера «Малый куйбас» в различные периоды: а – на 2008 г. в период остановки добычных работ;

б – на 2013 г. после реконструкции и выхода на производственную мощность;

в – на 2023 г. – период доработки карьера

Таким образом, в настоящее время в России и мире в основном наблюдается рост спроса на минерально-сырьевые ресурсы. Однако прослеживается высокая волатильность цен на добываемое сырье и повышение требований к качеству продукции. При этом горнотехнические и горно-геологические условия разработки месторождений усложняются, растет себестоимость добычи. В таких условиях горнодобывающие предприятия вынуждены периодически пересматривать проектные и организационно-технологические решения по освоению балансовых запасов и изменять параметры горнотехнической системы для сохранения эффективной работы горных предприятий. С целью развития открытой геотехнологии задача управления параметрами горнотехнической системы в условиях изменчивости рынка становится весьма актуальной и требует анализа научно-методической базы по обоснованию параметрами горнотехнической системы открытой геотехнологии.

1.2 Анализ научно-методической базы по управлению параметрами горнотехнической системы открытой геотехнологии при комплексном освоении участка недр

Длительный период разработки месторождений и динамично меняющиеся рыночные условия приводят к необходимости пересмотра проектных и организационно-технологических решений, обусловленных технико-экономическим обоснованием новых кондиций, изменением качества продукции, объемов запасов, производственной мощности, а также типом и моделями применяемых горных машин. Проектные и организационно-технологические изменения в процессе эксплуатации месторождений при открытой геотехнологии сопровождаются изменением параметров горнотехнической системы.

Изучение вопроса обоснования параметров открытых горных работ при комплексном освоении месторождений показало, что все предложенные идеи, подходы и решения ведущих отечественных ученых: академиков М.И. Агошкова, Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, К.Н. Трубецкого; чл.-корр. РАН Д.Р. Каплунова, В.Л. Яковлева; докторов наук: В.А. Азева, А.И. Арсентьева, С.Е. Гавришева, В.А. Галкина, Ю.В. Дмитрака, В.Г. Зотеева, О.В. Зотеева, П.Э. Зуркова, И.В. Зырянова, В.В. Истомина, В.Н. Калмыкова, Н.М. Качурина, В.С. Коваленко, С.В. Корнилкова, А.И. Косолапова, Г.Л. Краснянского, Ю.И. Лель, В.В. Мельника, И.А. Пыталева, М.В. Рыльниковой, Г.Г. Саканцева, В.П. Сафронова, А.Г. Секисова, А.В. Селюкова, А.В. Соколовского, Г.В. Стась, П.И. Томакова, В.С. Федотенко, С.И. Фомина, Г.А. Холоднякова, В.С. Хохрякова, В.В. Хронина и др., внесли значительный вклад в развитие науки и производства. При этом следует отметить, что в научно-методической базе проектирования открытой геотехнологии комплексного освоения месторождений при обосновании параметров горнотехнических систем, как правило, не учитывается возможность вариативного их изменения в оперативном режиме с учетом изменяющихся рыночных и горно-геологических условий для обеспечения полноты и эффективности отработки балансовых запасов. В настоящее время в нормах проектирования не предусмотрена возможность создания условий для расширения

направлений комплекса производственной деятельности предприятий с открытой геотехнологией, в том числе не связанной непосредственно с добычей полезных ископаемых, отсутствуют требования анализа потребности в георесурсах, техногенных объектах и услугах горных производств с учетом фактора времени, их ценности и потребительских характеристик.

Обеспечение оптимального уровня производственной мощности и повышение эффективности использования этих мощностей является основной задачей большинства предприятий реального сектора российской экономики, в том числе и в горнодобывающей отрасли. В классическом представлении производственная мощность непосредственно влияет на конкурентоспособность продукции, формирует конкурентные преимущества предприятия и обеспечивает его рыночную устойчивость [5 – 8, 58, 108, 143, 181, 211]. Научно-методической и нормативной базой, регламентирующей разработку месторождений, предусматривается наиболее полное извлечение из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов [3, 52, 66, 86, 88, 89, 212, 225]. Однако для большинства горнодобывающих предприятий с открытым способом разработки резервы повышения эффективности только за счет изменения производственной мощности и комплексного освоения природных георесурсов практически исчерпаны.

На российских горнодобывающих предприятиях имеются единичные примеры повышения качества, ассортимента и номенклатуры выпускаемой продукции. При этом изменение параметров горнотехнической системы в некоторых случаях производится с повышением издержек в краткосрочном периоде. Издержки обусловлены увеличением количества и качества технологических операций; выбором вариантов разработки с наибольшим коэффициентом вскрыши; снижением доли бестранспортной системы в пользу транспортной, переходом от железнодорожного транспорта к автомобильному, подготовкой выработанных пространств карьеров и отвалов для дальнейшего использования в качестве емкости для складирования промышленных отходов или строительных полигонов. В ряде случаев для снижения издержек происходит передача выполнения отдельных технологических процессов

подрядным организациям. Все вышеперечисленное позволяет получить экономический эффект в перспективе.

В настоящее время в разработку вовлекаются все более сложные и менее ценные месторождения. Например, доля продукции, произведенной на пластовых угольных месторождениях с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля (Восточно-Бейский, Кирбинский, Майрыхский разрезы, Никольский, Иркутский, Буреинский угольные бассейны), по прогнозу к 2030 г. вырастет в 3 раза и составит не менее 15%. Угольная промышленность РФ на сегодняшний день является экспортно-ориентированной, поскольку около 50% производимой продукции продается зарубежным потребителям. В этой связи в последние годы все колебания мирового рынка энергоносителей существенно отражаются на российских производителях энергетического угля.

Принимаемые предприятиями технологические решения с неизменными параметрами разработки угольных месторождений в течение периода эксплуатации, направленные в основном на высокопроизводительную работу оборудования, зачастую не обеспечивают качество продукции, соответствующее современному рынку и потребностям горного предприятия. Это усложняет процесс управления качеством продукции, особенно для месторождений со сложными условиями залегания и невыдержанным качеством угля.

В работе [162] установлено, что месторождения каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей характеризуются изменениями низшей теплоты сгорания в среднем в 1,5 раза, глубины залегания пластов до 4 раз и мощности угольных пластов до 10 раз. При этом качество угля, добываемого на разрезе, может отличаться в 1,5 раза, его цена в 2-3 раза, что существенно отражается на экономических показателях его деятельности и подтверждает необходимость разработки методических рекомендаций по управлению качеством продукции угольных разрезов.

Для управления качеством товарной продукции угольных разрезов предложено использовать показатель приведенной теплоты сгорания угля, учитывающий изменение таких характеристик, как зольность, влажность и

крупность куска. По величине данного показателя следует осуществлять разделение фронта горных работ на отдельные блоки, выбор порядка и параметров их отработки [1, 16, 25, 98, 114, 137, 164, 166, 191, 215, 226, 229, 253, 262, 275, 276].

Определено, что повышение качества продукции угольных разрезов на месторождениях с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей при выполнении основных технологических процессов обеспечивается:

- при производстве буровзрывных работ – исключением перемешивания различных сортов угля и засорения вскрышными породами; достижением требуемой крупности угля за счет применения рассредоточенной конструкции заряда на добычных уступах и подсыпкой забоя скважины на вскрышных уступах, расположенных над пластами угля;

- при выемочно-погрузочных работах – селективной выемкой угля различного качества и вскрышных пород в процессе экскавации, что достигается подбором вместимости ковша экскаватора;

- при транспортировании – сокращением переизмельчения угля при частых перегрузках и увеличением вместимости кузова карьерного автосамосвала;

- при складировании – увеличением количества штабелей с различным качеством угля в результате изменения параметров каждого штабеля и отведением дополнительных площадей для их размещения;

- при переработке – выбором способа обогащения в зависимости от конечного получаемого качества угля на разрезе и требований рынка.

В работе [162] разработана методика оценки качества технологических процессов в условиях отработки месторождения каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей, позволяющая осуществлять количественную оценку принимаемых решений. Отличительной особенностью методики является учет влияния количества процессов, задействованных в повышении качества, и качества каждого технологического процесса на обеспечение требуемой товарной стоимости продукции.

Для обоснования выбора наиболее рациональных решений в работе [162] установлены эмпирические зависимости потерь угля, мощности минимального разрабатываемого слоя, прироста мелочи в угольной продукции и прироста теплоты сгорания от параметров технологических процессов (рис. 1.19 и 1.20).

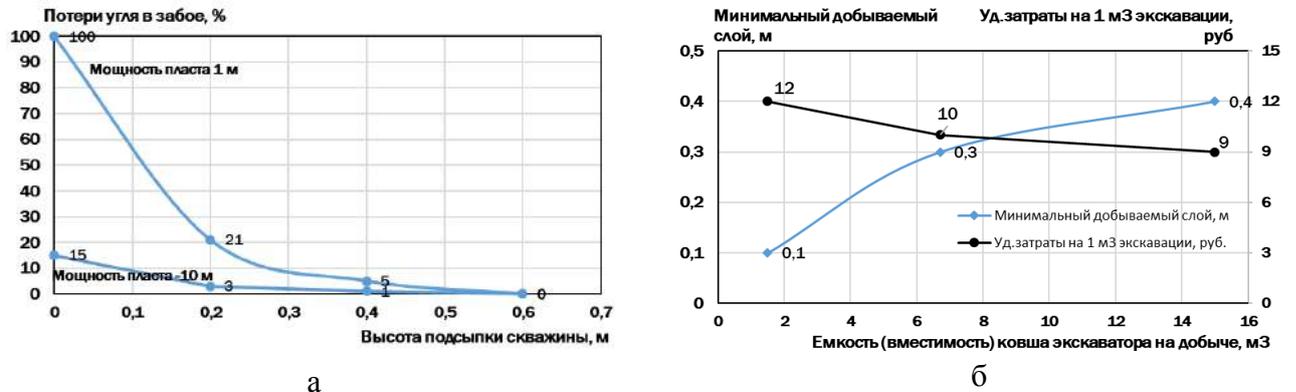


Рисунок 1.19 – Эмпирические зависимости качественных характеристик угля от параметров процессов подготовки пород к выемке и выемочно-погрузочных работ в условиях отработки Бейского месторождения:

а – зависимость потерь угля в кровле угольного пласта от высоты подсыпки скважины надугольного вскрышного уступа; б – зависимость мощности минимального добываемого слоя и удельных затрат на экскавацию от емкости ковша экскаватора

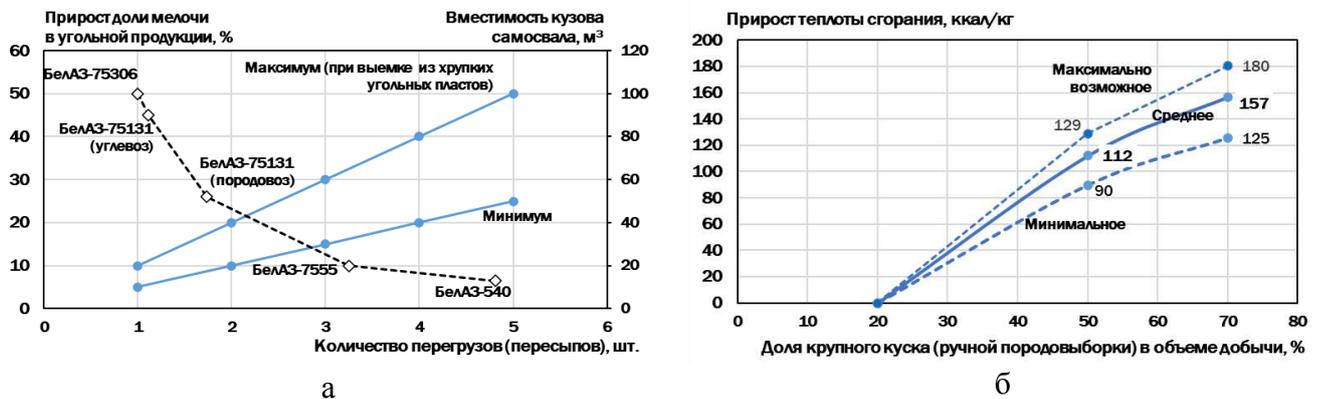


Рисунок 1.20 – Эмпирические зависимости качественных характеристик угля от параметров процессов транспортирования, переработки и отгрузки в условиях отработки Бейского месторождения:

а – зависимость прироста мелочи в угольной продукции от количества перегрузов (пересыпов) в технологическом процессе и вместимости кузова автосамосвалов; б – зависимость прироста теплоты сгорания угольной продукции в результате породовыборки по крупности горной массы, поступившей в переработку

Таблица 1.8 – Параметры основных технологических процессов для обеспечения определенной ценности и товарной стоимости продукции (Бейское каменноугольное месторождение)

Технологический процесс	Качественный показатель, характеризующий технологический процесс	Ценность продукции			
		Особо ценная	Высокоценная	Ценная	Малоценная
		Технологические параметры и решения			
Подготовка к выемке	Крупность куска	Сетка скважин: 4*4 до 6*6 (в зависимости от мощности пласта)		Сетка скважин: 3*3 до 6*6 (в зависимости от мощности пласта)	
	Засорение	Конструкция заряда: рассредоточенный с учетом технологии Blast Maker	Конструкция заряда: рассредоточенный с подсыпкой 0,5 м надугольной зоны	Конструкция заряда: сплошной с подсыпкой 0,5 м надугольной зоны	Конструкция заряда: сплошной
Выемочно-погрузочные работы	Засорение	Выемка: селективная по блоку и слоям	Выемка: селективная по слоям	Выемка: валовая	
	Крупность куска	Вместимость ковша экскаватора: максимальная рациональная		Вместимость ковша экскаватора: средняя	Вместимость ковша экскаватора: без учета влияния на качество
Транспортирование	Крупность куска	Вместимость кузова автосамосвала: максимальная рациональная		Вместимость кузова автосамосвала: средняя	Вместимость кузова автосамосвала: без учета влияния на качество
Складирование	Засорение	Количество штабелей: 8-10	Количество штабелей: 5	Количество штабелей: 4	Количество штабелей: 3
Переработка	Засорение	Способ обогащения: глубокое	Способ обогащения: породовыборка	Обогащение отсутствует	
Дополнительные удельные затраты на реализацию решений и достижение требуемых параметров (ΔС), руб./т					
Всего		309	255	84	0

Для оценки влияния представленных в таблице 1.8 параметров технологических процессов и технологических решений по фактическим данным 2019 г. построена зависимость товарной стоимости продукции угольного разреза и себестоимости добычи угля от приведенной теплоты сгорания, представленная на рисунке 1.21.



Рисунок 1.21 – Зависимость товарной стоимости продукции угольного разреза от приведенной теплоты сгорания

Анализ результатов, представленных в таблице 1.8 и на рисунке 1.21, показывает, что для условий Бейского каменноугольного месторождения изменение параметров основных технологических процессов обуславливает увеличение приведённой теплоты сгорания от 5100 до 5800 ккал/кг, затрат на добычу угля в 1,27 раза (с 1100 до 1400 руб./т), что позволяет увеличить товарную стоимость продукции более чем в 2,4 раза.

Изменение параметров отдельного технологического процесса в определенном диапазоне, а также количество технологических процессов, в которых производятся изменения параметров, могут оказать различное влияние на итоговое качество продукции. Для количественной оценки влияния изменения параметров технологических процессов на качество добываемого угля разработана методика оценки качества технологических процессов угольного разреза. Отличительной особенностью предлагаемой методики является учет влияния количества задействованных процессов, а также качества каждого технологического процесса на качество товарной продукции.

Формула для определения среднего коэффициента качества технологических процессов $K_{ТП}$ имеет вид:

$$K_{ТП} = \frac{K_1 \cdot N_{под} + K_2 \cdot N_э + K_3 \cdot N_т + K_4 \cdot N_с + K_5 \cdot N_{п}}{\sum_{n=1}^5 K_n \cdot N_{max}}, \quad (1.1)$$

где K_1, K_2, \dots, K_5 – весовые коэффициенты процессов подготовки, экскавации, транспортировки, складирования горной массы, переработки продукции, соответственно, доли ед.; $N_{под}, N_э, N_т, \dots, N_{п}$ – оценка качества процессов подготовки, выемочно-погрузочных работ, транспортирования, складирования горной массы, переработки продукции соответственно, балл; n – порядковый номер технологического процесса; N_{max} – принятая максимальная оценка качества процессов.

Весовые коэффициенты влияния каждого технологического процесса на итоговое качество продукции применительно к конкретному месторождению определяются методом экспертных оценок.

Ввиду специфических особенностей строения месторождения, качества исходного сырья в массиве, принятых технологических решений на предприятии могут отсутствовать отдельные технологические процессы, например подготовка к выемке, переработка и др. В таких случаях данные процессы не учитываются в расчетах и весовые коэффициенты для них принимаются равными 0.

Для условий Восточно-Бейского разреза определены следующие весовые коэффициенты: подготовка горной массы (K_1) – 0,253; экскавация (K_2) – 0,304; транспортировка (K_3) – 0,050; складирование (K_4) – 0,156; переработка продукции (K_5) – 0,237.

Оценка качества процессов производится в соответствии с таблицей 1.8, при этом параметрам, соответствующим «малоценной» продукции, присваивается 1 балл, «ценной» – 2 балла, «высокоценной» – 3 балла, «особо ценной» (максимальная оценка) – 4 балла.

С помощью предложенной методики были выполнены расчеты для условий разреза «Восточно-Бейский» за период с 2014 г. по 1 квартал 2020 г., на основе которых установлена эмпирическая зависимость приведенной теплоты

сгорания от качества технологических процессов, имеющая вид возрастающей линейной функции (рисунок 1.22).



Рисунок 1.22 – Зависимость качества продукции от качества технологических процессов (ООО «Восточно-Бейский разрез», 2014 г. – 1 квартал 2020 г.)

Повышение качества технологических процессов позволяет повысить качество и, следовательно, товарную стоимость продукции угольного разреза на основе определения рациональных параметров технологических процессов и технологических решений. Управление качеством добываемого угля посредством освоения на разрезе рациональных параметров отработки позволило повысить более чем в 2 раза коэффициент качества технологических процессов, увеличить приведенную теплоту сгорания добываемого угля более чем на 100 ккал/кг и почти в 2 раза увеличить объемы продаж продукции с максимальной товарной стоимостью.

Таким образом, для ряда месторождений ключевым фактором обеспечения экономической эффективности в условиях изменчивости рынка является качество продукции. Для повышения качества продукции требуется изменение параметров горнотехнической системы, в том числе и параметров основных технологических процессов. Изменение параметров горнотехнической системы с повышением качества технологических процессов сопровождается дополнительными финансовыми издержками, которые компенсируются повышенной стоимостью выпускаемой продукции и сохранением рыночной устойчивости предприятия.

В работе [84] представлено решение задачи обеспечения заданной эффективности угольного разреза посредством изменения порядка и режимов отработки участков месторождения на основе создания рациональной структуры резервов. Автором обосновано, что основное влияние на эффективность угольного разреза оказывают изменения цен на продукцию и потребляемые ресурсы, объема производства и качества продукции.

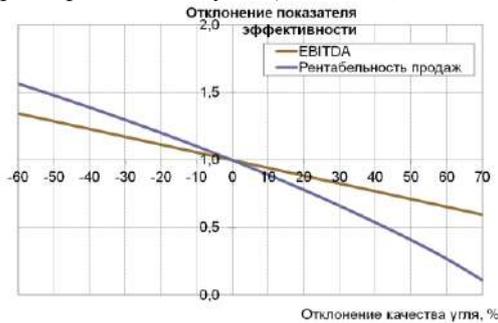
Проведен ретроспективный анализ состояния горных работ на разрезах, на которых осуществлялась отработка запасов без соответствующего объема подготовительных работ, что в последующем приводило к ухудшению производственно-экономической ситуации. Сделан вывод, что на всех этих разрезах имелись возможности сохранения заданного уровня эффективности без ухудшения условий отработки.

На основе экономико-математического моделирования производственной деятельности угольного разреза установлено, что компенсировать негативные отклонения факторов внешней и внутренней среды возможно изменением технологических параметров горнотехнической системы: коэффициента вскрыши, производительностью оборудования, качества угля, грузотранспортной работы при отработке запасов. Полученные результаты моделирования приведены на рисунке 1.23.

В работе [84] определено влияние направлений и режима горных работ на изменение технологических параметров горнотехнической системы. Установлено, что поддержание эффективности угольных разрезов посредством изменения направлений и режимов отработки обеспечивается созданием необходимой структуры резервов по следующим направлениям: мощность и количество оборудования; объем и качество подготовленных и готовых к выемке запасов, располагаемых на отдельных автономных участках и дополнительных рабочих площадях. Методикой обеспечения заданного уровня эффективности угольного разреза в условиях изменчивой внешней среды предусмотрено разделение месторождения на участки, создание структуры резервов, оцениваемой коэффициентом устойчивости, обоснованием изменений

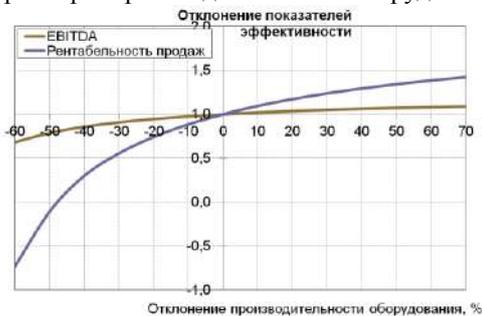
направлений и режимов обработки выделенных участков при изменении условий внешней среды.

Параметр – качество угля (зольность, влажность)



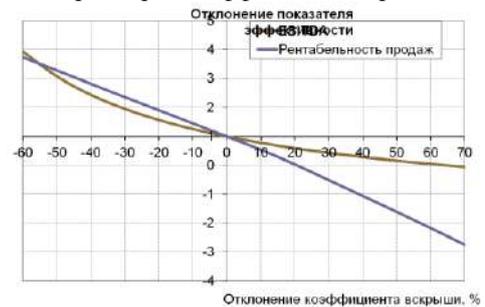
Влияние 10% отклонения:
на R +10%; -11%
на EBITDA +6%; -6%

Параметр – производительность оборудования



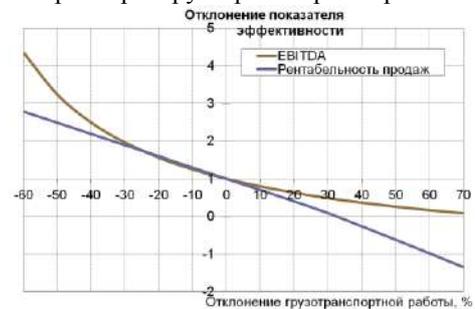
Влияние 10% отклонения:
на R +6%; -30%
на EBITDA +2%; -5%

Параметр – коэффициент вскрыши



Влияние 10% отклонения:
на R +46%; -53%
на EBITDA +49%; -15%

Параметр – грузотранспортная работа



Влияние 10% отклонения:
на R +56%; -5%
на EBITDA +38%; -16%

Рисунок 1.23 – Влияние изменений параметров ГТС на показатели эффективности обработки

Таким образом, в работе подтверждается, что значительное количество предприятий осуществляет свою деятельность с параметрами, ориентированными исключительно под условия текущей рыночной ситуации, что негативно сказывается при изменении конъюнктуры рынка. Следует отметить, что в классической теории открытой геотехнологии при обосновании параметров обработки месторождения, ориентированных, как правило, на обеспечение заданной производственной мощности, основными показателями выбранных параметров являются: скорость подвигания уступов, производительность рабочей зоны, коэффициент вскрыши, грузооборот и др. Производительность оборудования в проектах и планах развития горных работ принимается теоретическая с учетом межремонтного цикла и коэффициента использования во времени. А качество продукции определяется ТЭО кондиций и характеризуется конкретным значением

показателя, изменение которого является достаточно трудоемким. В работе [84] показано, что при определенных условиях коэффициент вскрыши, производительность оборудования, интенсивность отработки и грузооборот являются не показателями, а параметрами горнотехнической системы, которыми при необходимости можно управлять для сохранения устойчивости предприятия в изменяющихся условиях рынка.

В работе [65] говорится о возможности управления параметром «функциональное время работы оборудования». Под функциональным временем автором понимается время, в течение которого рабочие процессы осуществляются с рациональными параметрами. В работе предложено функциональное время работы использовать в качестве критерия оптимизации параметров рабочих площадок, а в качестве показателя оптимизации – коэффициент использования фонда времени оборудования как отношение функционального времени к календарному. Автором установлена зависимость технологически возможного уровня использования фонда времени экскаватора от ширины рабочей площадки, которая показывает, что увеличение данного параметра рабочей зоны в 3-3,3 раза по сравнению с минимальным значением позволяет создать условия для роста эффективности использования фонда времени экскаватора в 2,0-2,2 раза (рисунок 1.24).

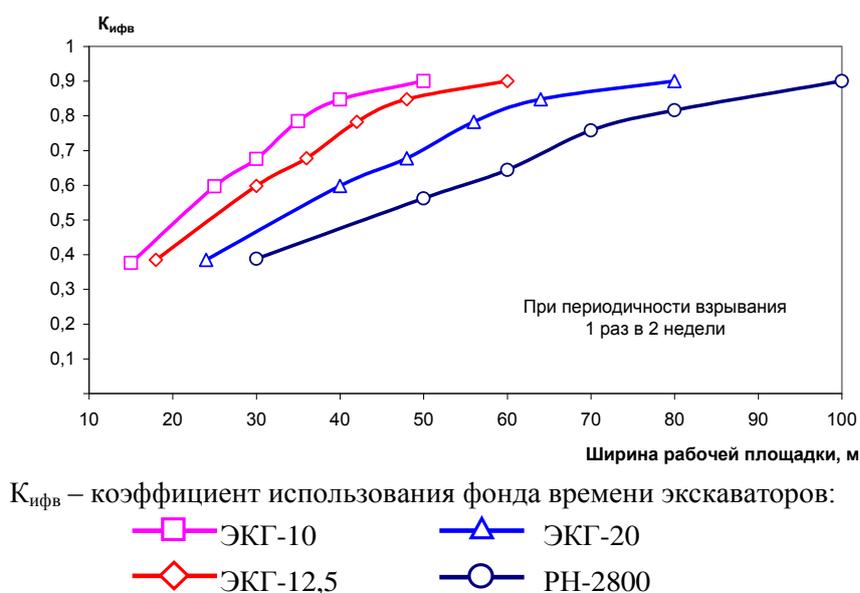


Рисунок 1.24 – Зависимость технологически возможного уровня использования фонда времени экскаватора от ширины рабочей площадки (при применении автотранспорта)

Исследование, проведенное автором по календарному фонду времени оборудования, позволило выявить потери в общей структуре времени, обусловленные нерациональными параметрами рабочих площадок (27-32%), несогласованностью производительности основного и вспомогательного горно-транспортного оборудования (17-25%), несинхронностью рабочих процессов (18-23%). Сделаны выводы о том, что из-за несоответствия фактических значений параметров рабочих площадок рациональной скорости подготовки запасов на отечественных карьерах снижена не менее чем на 20-25%. Для увеличения скорости подготовки запасов к выемке необходимо либо увеличение в 1,3-2,0 раза функционального времени горнотранспортного оборудования, либо приведение ширины рабочей площадки к рациональному значению, соответствующему достигнутому уровню использования техники.

Таким образом, функциональное время работы оборудования также является параметром горнотехнической системы, значения которого при развитии предприятия следует планировать, достигать с помощью различных организационно-технологических решений и контролировать его требуемое значение.

Следует отметить, что кроме функционального времени работы оборудования в науке и практике чаще используется термин «производительное время работы оборудования» [63, 67, 99, 111, 112]. Количество часов производительной работы, $T_{пр}$, маш.-ч, рассчитывается по формуле

$$T_{пр} = \frac{V}{Q_{ч}}, \quad (1.2)$$

где V – объем транспортирования (извлечения) горной массы на единицу оборудования в месяц, m^3 (т);

$Q_{ч}$ – часовая производительность автосамосвала (экскаватора) при работе с рациональными параметрами рабочего цикла, $m^3/ч$ (т/ч).

Анализ результатов работы горнотранспортного оборудования представительного ряда горно- и угледобывающих предприятий показал, что его использование имеет структуру времени, представленную на рисунке 1.25.

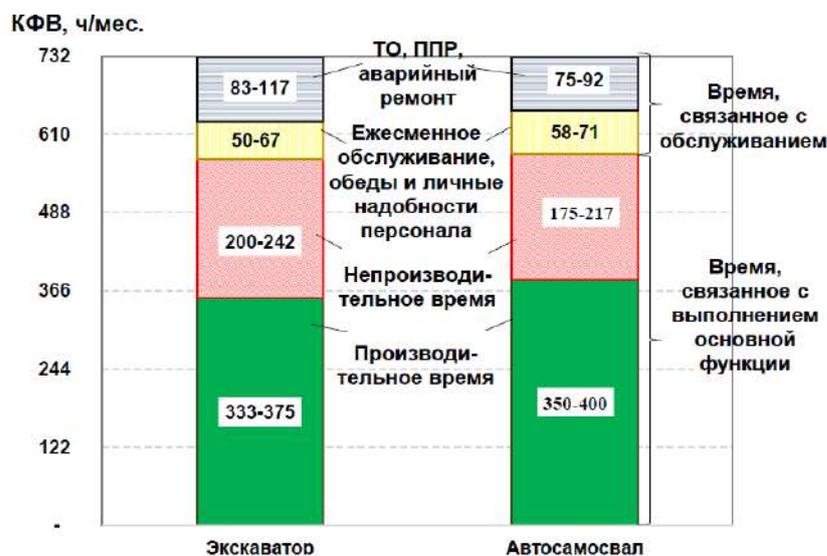


Рисунок 1.25 – Среднемесячная структура календарного фонда времени горнотранспортного оборудования [112]

Исследования показывают, что внутрипроизводственные резервы повышения времени производительной работы при повышении качества организации процесса экскавации до передового по российским компаниям уровня (500 произв.-ч в месяц) составляют 35-45%, при повышении качества организации процесса экскавации до передового мирового уровня (620 произв.-ч в месяц) – 65-75% [67].

Исследования показывают, что функциональное или производительное время оборудования зависит не только от технологии, но и от организации производства. Таким образом, параметры горнотехнической системы следует рассматривать с учетом технологии и организации производства.

В работе [101] установлена зависимость между параметрами рабочей зоны и себестоимостью производства горных работ (рисунок 1.26).

Минимальная себестоимость работ экскаваторов-мехлопат достигается при удельной площади рабочей зоны 3,0-3,5 тыс. м². При большей площади себестоимость возрастает из-за увеличения постоянных затрат на ее содержание и эксплуатацию.

С учетом проведенных исследований, расчетов, а также установленной зависимости определены параметры и разработан комплекс решений для формирования угольного разреза нового технико-технологического уровня,

соответствующего возрастающим требованиям к эффективности и безопасности производства (таблица 1.9).

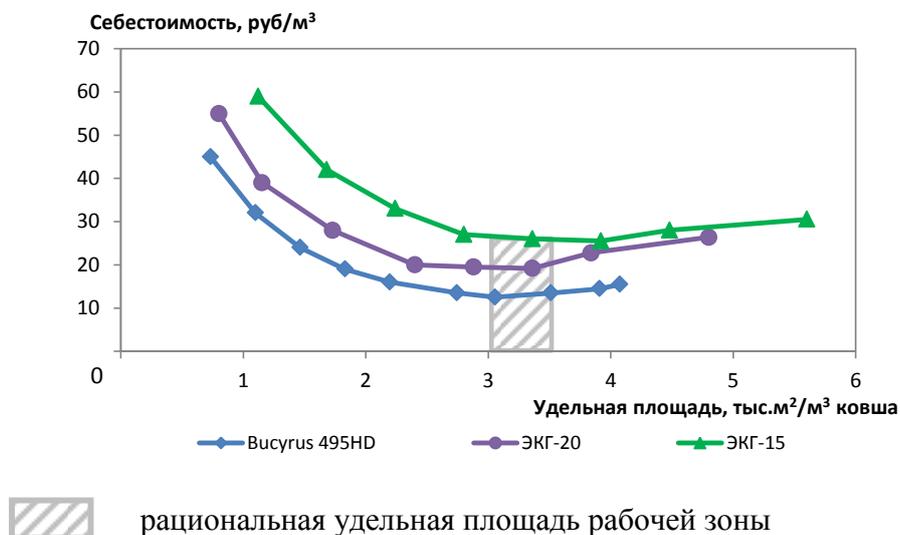


Рисунок 1.26 – Зависимость себестоимости работ, выполняемых экскаваторами-мехлопатами, от удельной площади рабочей зоны

(по данным разрезов «Тугнуйский», «Междуреченский», «Сибиргинский»)

Таблица 1.9 – Параметры типичного угольного разреза и разреза нового уровня

Показатель	Уровень	
	Типичный	Новый
1. Мощность вскрышного оборудования: – экскаваторы-мехлопаты с емкостью ковша, м ³ – экскаваторы-драглайны с емкостью ковша, м ³ – автосамосвалы грузоподъемностью, т – бульдозеры массой, т – автогрейдеры массой, т	8-20 10-40 110-180 20-45 до 20	> 30 ≥ 20 ≥ 220 > 45 > 45
2. Удельная годовая производительность, тыс. м ³ /м ³ емкости ковша: – экскаваторы-мехлопаты – экскаваторы-драглайны	180-250 250-350	>350 >400
3. Функциональное время работы основного горнотранспортного оборудования в месяц, ч: – буровые станки – экскаваторы-мехлопаты – экскаваторы-драглайны – автосамосвалы	200-300 150-250 180-280 280-360	> 500 > 500 > 500 > 500
4. Удельная площадь рабочей зоны на 1 м ³ емкости ковша, тыс. м ² /м ³ в месяц: – экскаваторы-мехлопаты – экскаваторы-драглайны – экскаваторы гидравлические с обратной лопатой	Не нормируется	3,0-3,5 0,7-1,0 5,5-8,5

Показатель	Уровень	
	Типичный	Новый
5. Удельный объем бурения на 1 м ³ емкости ковша, тыс. пог. м/ м ³ – экскаваторы-мехлопаты – экскаваторы-драглайны	Не нормируется	> 800 350-520
6. Количество вскрышных забоев на 1 добычной	> 4	< 2,5
7. Коэффициенты частоты травмирования: – на 1 млн т – на 1000 чел.	4,0-8,0 4,5-6,5	< 0,8 < 2,0
8. Технологические схемы	Типовые, ориентированные на среднеотраслевые показатели работы оборудования	Типовые, ориентированные на максимальное функциональное время работы оборудования
9. Организация работ	На основе среднеотраслевых норм	На основе взаимосогласованных стандартов производственных процессов
10. Отклонения от требуемых параметров производственного процесса	10-250 %	≤ 10 %

В работе [101] автор показывает, что высокая конкурентоспособность и инвестиционная привлекательность современных предприятий с открытым способом добычи угля достигаются на основе параметров горнотехнической системы, обеспечивающих уровень производительности оборудования и труда персонала, в 2-2,5 раза превышающем среднеотраслевые показатели. Для перехода разреза на новый технико-технологический уровень в комплекс параметров горнотехнической системы автором включены, кроме функционального времени работы, удельная годовая производительность оборудования и его мощность, удельная площадь рабочей зоны, отклонения производственных процессов, или по-другому – качество технологических процессов, и другие параметры организационно-технического характера.

В настоящее время в науке и практике выполняются исследования с реализацией организационно-технологических решений по использованию природных и техногенных георесурсов с частичным изменением сферы деятельности горнодобывающих предприятий, расширяющих область использования участка недр.

Работа [232] посвящена разработке и обоснованию параметров горнотехнической системы комплексного освоения Жезказганского месторождения в условиях восполнения выбывающих мощностей рудников. За 80 лет эксплуатации из недр этого месторождения извлечено уже более 1 млрд т руды, что составляет 75% от общего количества балансовых запасов. Неизбежными следствиями интенсивной эксплуатации Жезказганского месторождения являются количественное и качественное истощение сырьевой базы действующих рудников, накопление выработанных пространств в недрах, а также накопление на поверхности отходов обогатительного производства.

Основной проблемой развития этого крупного горнопромышленного комплекса является расширение минерально-сырьевой базы региона в усложнившихся горнотехнических и геомеханических условиях. Расширение сырьевой базы предложено путем повторной разработки целиков различного назначения и зон обрушений, комплексного вовлечения в эксплуатацию бедных сульфидных, смешанных и окисленных руд, накопленного техногенного сырья, экономическая целесообразность которого появляется только с применением усовершенствованных физико-технических и физико-химических процессов добычи и переработки с получением грубого промпродукта для его последующего гидрометаллургического передела с извлечением всех ценных компонентов в условиях горного производства.

Автором установлено, что комплексное освоение Жезказганского месторождения на стадии доработки балансовых запасов требует дополнительного включения нетрадиционного для данного типа руд инновационного гидрометаллургического передела с изменением требований к переработке бедных руд и техногенного сырья – получения на стадии флотации грубого промпродукта для последующего его выщелачивания и гидрометаллургического передела с высоким сквозным извлечением всех ценных компонентов и утилизацией отходов в завершеном экологически сбалансированном цикле. В результате комплексной флотационно-гидрометаллургической переработки бедных, забалансовых сульфидных руд

Жезказганского месторождения получены товарные продукты высокого качества: медь катодная, марка не ниже Мок; серебро в слитках – марка Ср 99,99%; рений в перренате аммония – марка AP-0, AP-1. Сквозное расчетное извлечение меди – 91,0%, серебра – 86,9%, рения – 47,4%.

Таким образом, расширение минерально-сырьевой базы Жезказганского месторождения и увеличение срока его эксплуатации стало возможным за счет развития предприятия и изменения геотехнологий освоения участков месторождений по ряду направлений: вовлечения в эксплуатацию, наряду с оставшимися балансовыми запасами, всех бедных руд и техногенного сырья, запасов в целиках, зонах обрушений, отдаленных и ранее списанных в потери. Кроме того, в условиях горного производства, освоены и реализованы технологические решения, расширяющие производство по технологической цепочке выпуска конечной продукции, повышающие качество и ассортимент выпускаемой продукции.

Однако зачастую разработка месторождений не позволяет в полной мере использовать весь комплекс горных пород, особенно малоценных, извлекаемых и перерабатываемых в процессе освоения запасов месторождения. Сегодня только на территории Уральского Федерального округа площадь земель, нарушенных горными работами и занятых под размещение отвалов, складов и накопителей отходов превышает 30 тыс. га [54]. В наибольшей степени вредное воздействие на окружающую природную среду оказывают внешние отвалы пород, занимающие до 50-70% нарушаемой поверхности [208]. На действующих и проектируемых горнодобывающих предприятиях отвалы вскрышных и вмещающих пород в основном складываются 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.

Основы подхода использования техногенных георесурсов были заложены академиком М.И. Агошковым в 1982 г. 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 [3]. 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.

В классификации способов вовлечения в эксплуатацию выработанного карьерного пространства – одним из пунктов является использование технологических решений, направленных на формирование и использование горнотехнических сооружений [52, 156]. Классификационным признаком этой классификации 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 определены различные направления использования пространства отработанных карьеров [52, 156].

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 [27, 50, 61, 62, 204, 234].

В практике горного дела накоплен огромный опыт использования выработанного пространства карьера для складирования вскрышных пород [92, 93, 97, 116, 187, 206, 207, 233]. Также в отечественной промышленности имеется опыт складирования отходов обогащения в естественных и техногенных емкостях и в выработанном пространстве карьеров [43, 80, 95, 152].

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 1.27).



Рисунок 1.27 – Гидроаккумулирующая электростанция Таум Саук (Taum Sauk) в штате Миссури [55]

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» занимающий 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 г. «Бутчарт-сад» был признан Национальной исторической достопримечательностью Канады [186].

Несмотря на имеющийся положительный опыт использования выработанных пространств, 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 [52]. 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.

В работе [167] доказано, что для компенсации негативных факторов, связанных с низким использованием отвалов и выработанных пространств карьеров, 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. Автором 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. Разработана динамическая геоинформационная модель горнотехнической системы, которая 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.

Установлено, что целенаправленное формирование техногенных объектов с заданными потребительскими характеристиками и последующая их эксплуатация требуют изменения подхода при проектировании горнотехнической системы и обоснования 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 противифльтрационным характеристикам в пределах всего карьерного поля. 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 град соответственно при угле растекания отходов от 1 до 14 град.

В работе [167] 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 классов опасности и различного фазового состояния при увеличении доли задействованных пород вскрыши до 30%. Доказано, что при определении режима горных работ 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 классов опасности.

Анализ научно-методической базы по управлению параметрами горнотехнической системы показал, что для обеспечения устойчивости функционирования предприятия в условиях изменения внешних и внутренних факторов их нацеливание производится на развитие различных направлений. Основными направлениями являются: повышение производительности, качества, ассортимента и номенклатуры продукции, включая целенаправленное формирование и освоение техногенных георесурсов. При этом параметры рассматриваются как с позиции технологии, так и с позиции организации производства. Организация и технология тесно связаны между собой. Такие параметры, как удельная производительность оборудования, функциональное время его работы, коэффициент вскрыши, интенсивность отработки, удельная площадь рабочей зоны или концентрация оборудования, грузооборот и другие аналогичные параметры, планируются, организуются и контролируются в первую очередь системой управления предприятия, входящей в организационную подсистему горнотехнической системы. С технологией производства открытой геотехнологии и нормами технологического проектирования больше связаны главные параметры карьера, параметры основных и вспомогательных технологических процессов, параметры системы разработки, вскрытия и др. В изменяющихся горнотехнических, горно-геологических условиях и конъюнктуры рынка параметры горнотехнической системы следует рассматривать в едином комплексе. Однако в современной научно-методической базе в недостаточной степени изучены состав, структура и взаимное влияние параметров горнотехнической системы на эффективность производства при комплексном освоении участка недр и развитии различных направлений деятельности предприятия в изменяющихся условиях внешних и внутренних факторов.

1.3 Перспективные направления открытой геотехнологии в изменяющихся условиях недропользования

Экономическая эффективность, стабильность и срок деятельности горнодобывающего предприятия в наше время связаны с условиями рынка, применяемыми организационными и технологическими решениями, а также с видом полезного ископаемого и объемом запасов разрабатываемого месторождения. Полная отработка запасов полезных ископаемых месторождения или неспособность горнодобывающего предприятия адаптироваться к новым ситуациям на рынке ведут к ликвидации производства. Так, например, горнодобывающее предприятие, являясь сначала основой создания монопоселения, после своей ликвидации ведет к его экономической и социальной деградации. Такая закономерность является одной из составляющих современной проблемы моногородов, экономическое развитие которых в настоящее время зависит от сохранения и развития жизнеспособности основополагающих предприятий. На рисунке 1.28 представлен график жизненного цикла товара по Ф. Котлеру [102], на основе которого можно представить жизненный цикл горнодобывающего предприятия. Этапы разработки месторождения, включающие проектирование, строительство, разработку и доработку, можно сравнить с этапами жизненного цикла товара: разработка товара, выведение на рынок, этап роста, этап зрелости, этап упадка.

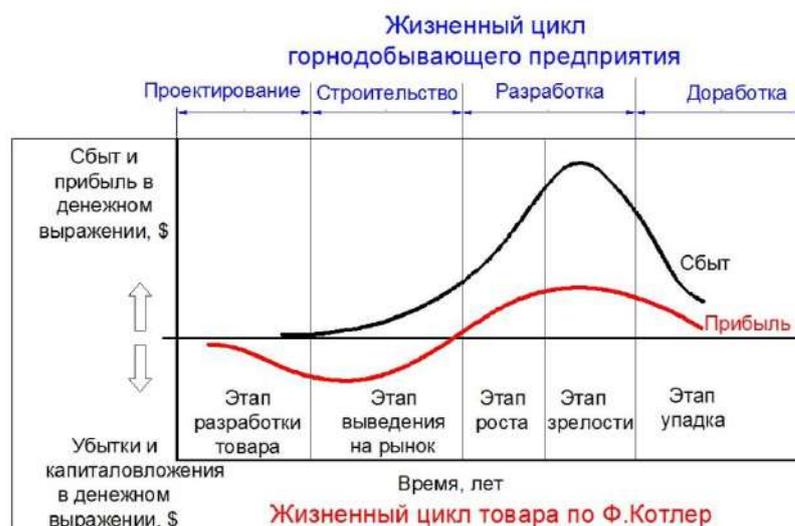


Рисунок 1.28 – Жизненный цикл горнодобывающего предприятия

При этом существуют маркетинговые стратегии, применяемые компаниями с целью повышения их жизнеспособности на различных этапах жизненного цикла товара. На этапе роста ведется разработка нового вида товара или производится поиск новых потребителей, новых сфер использования или новых модификаций выпускаемой продукции (рисунок 1.29).

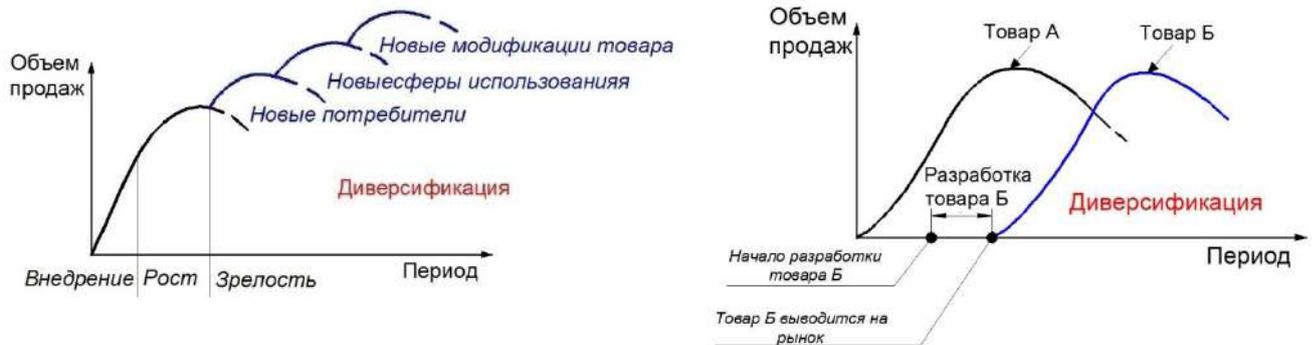


Рисунок 1.29 – Маркетинговые стратегии, применяемые на различных этапах жизненного цикла товара

Представленные стратегии заложены в понятие «диверсификация».

Диверсификация (от средневекового лат. *diversificatio* – изменение – разнообразие) – это: 1) проникновение фирм в отрасли, не имеющие прямой производственной связи или функциональной зависимости от основной отрасли их деятельности; 2) расширение ассортимента, изменение вида продукции, производимой предприятием, фирмой, освоение новых видов производств с целью повышения эффективности производства, получения экономической выгоды, предотвращения банкротства [170, 268].

Так, диверсификация горнодобывающих предприятий может рассматриваться как одно из направлений решения проблемы сохранения и развития их жизнеспособности и особенно это актуально для предприятий, которые лежат в основе создания населенных пунктов.

Диверсификацию деятельности предприятия можно представить на ряде примеров известных крупных зарубежных компаний [14, 247, 261, 267, 274].

Компания «Liebherr» начинала свою деятельность с производства башенных кранов и сейчас продолжает оставаться одним из мировых лидеров на строительном рынке. Однако, кроме этого, «Liebherr» занимается производством

гидравлических экскаваторов, а также холодильного оборудования бытового назначения.

Компания «Caterpillar Inc.» выпускает горнотранспортную технику, строительное оборудование, дизельные двигатели, энергетические установки, обувь, мобильные телефоны и смартфоны.

Компания «ЗМ» производит более 50 тыс. наименований товаров для медицины и различных отраслей промышленности, в том числе автомобильной, нефтегазовой, горнодобывающей и др.

Одной из самых диверсифицированных групп является Virgin Group. В этот набор компаний входят Virgin Vision (кинопродукция), Virgin Developments (розничная торговля и недвижимость), Virgin Money (банковские услуги), Virgin Atlantic Airlines (авиакомпания), Virgin Trains (железнодорожные перевозки) и Virgin Games (компьютерные игры).

Примером диверсификации своей деятельности могут являться и российские компании: «Лукойл», «Объединенные машиностроительные заводы», «Северсталь», «Интеррос» и мн. др. Также имеются примеры диверсификации деятельности малых предприятий: АО «Кварц», ООО «КВАРЦ групп» и др.

Подходы к управлению производственными ресурсами на большинстве горнодобывающих предприятий за последние десятилетия во многом не изменились и не соответствуют современным рыночным условиям. Выполнение основных бизнес-процессов не подчинено единой стратегии по систематическому снижению ресурсоемкости производства. В общей структуре себестоимости производства отдельных цветных металлов на долю добычи сырья приходится до 40%. Доля затрат на выполнение отдельных процессов может изменяться в значительных пределах. Например, на производство буровзрывных работ затраты могут достигать 45%. Многие горнодобывающие предприятия с целью снижения ресурсоемкости некоторых основных производственных процессов передают их выполнение на аутсорсинг другим компаниям [140, 260, 264, 272].

В таблице 1.10 представлен анализ технико-экономических показателей Михеевского карьера в различные периоды деятельности при передаче отдельных производственных процессов сторонним организациям и компаниям. На примере Михеевского карьера видно, что доля затрат на услуги сторонних организаций по годам может меняться. Но по показателю рентабельности можно судить, что модели, обеспечивающей сбалансированное использование этой стратегии, нет.

У стратегии привлечения подрядных организаций есть свои преимущества и свои недостатки.

Преимущества:

- Сокращение объема требуемой разрешительной документации, складских запасов, нагрузки на снабженцев, логистов и другие службы. То есть не требуется обеспечивать вспомогательные процессы документами и кадрами, расходными материалами, ГСМ и запчастями, соответствующие службы могут сконцентрироваться на ключевых бизнес-процессах и основном ассортименте.

- Сокращение численности персонала. То есть снижается общая штатная численность, улучшаются показатели выручки и прибыли на одного работающего.

- Возможность вывести вспомогательные процессы на высокий уровень эффективности. Эффект масштаба сконцентрированного бизнеса позволяет аутсорсеру внедрить современные технологии, привлечь профессионалов и достичь показателей эффективности на лучшем мировом уровне, снижая издержки.

- Отсутствие необходимости инвестиций и управления основными средствами. Приобретение, ремонт, списание оборудования, обучение операторов и механиков выполняет аутсорсер.

- Разделение рисков падения объемов производства с компанией-аутсорсером. Расходы на вспомогательные процессы переходят из постоянных в переменные, сокращаясь вместе с объемом.

Таблица 1.10 – Показатели Михеевского карьера в различные периоды деятельности при передаче отдельных производственных процессов сторонним организациям и компаниям

Показатели	Года						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Этапы ведения горных работ						
	Строительство	Строительство	Строительство	Эксплуатация	Эксплуатация (переход на хозспособ ведения ГР)	Эксплуатация	Эксплуатация
Производительность карьера по вскрыше, м³/год	7 481 200	9 299 888	5 944 616	10 148 411	11 570 101	22 948 209	15 651 190
Производительность карьера по руде, м³/год	4 780 400	5 864 612	5 862 914	6 842 912	10 549 120	11 658 519	11 941 547
Производительность карьера по руде, т/год	12 895 672	16 086 469	16 303 593	18 787 688	28 894 768	32 534 611	33 218 000
Кол-во подрядных организаций, занятых ведением горных работ, кол-во ед.	3	3	3	3	3	2	2
Затраты на ведение горных работ, %	100	100	100	100	100	100	100
1. Затраты на услуги сторонних организаций при ведении горных работ, %	82,7	79,3	76,3	78,3	48,1	42,4	33,1
1.1 Аренда буровых станков, %	0,5	2,1	2,5	2,0	0,6	0,0	0,0
1.2 Аренда горной техники, %	13,1	9,7	12,0	9,7	3,0	0,0	0,0
1.3 Буровзрывные работы, %	18,9	21,8	21,3	17,0	6,6	10,3	10,8
1.4 Услуги по экскавации и транспортировке, %	50,2	45,8	40,5	49,5	37,9	32,1	22,3
2. Общепроизводственные расходы при ведении горных работ (хозспособ) с НДС, %	17,3	20,7	23,7	21,7	51,9	57,6	66,9
Рентабельность собственного капитала (ROE)	-72	-15	76	49	50	71	57

Недостатки:

- Зависимость бизнеса от подрядной организации. Утрачивается контроль над некоторыми бизнес-процессами, аутсорсер должен быть добросовестным партнером.

- Себестоимость может оказаться выше, чем при работе собственными силами. Расчетная себестоимость работ может быть выше, чем расчетная себестоимость при организации собственными силами. В то же время часто бывает ситуация, когда итоговый тариф оказывается ниже фактической себестоимости.

С другой стороны, горнодобывающие предприятия, имея свой производственный потенциал, во многих случаях изменив подход к управлению производственными ресурсами, кроме основной деятельности, сами могут предоставлять на рынке различные услуги. К ним можно отнести выполнение основных и вспомогательных технологических процессов для сторонних организаций.

Таким образом, технологические и организационные преобразования [192] горнотехнической системы, нацеливающие производство на расширение границ области использования открытой геотехнологии [38], расширение номенклатуры выпускаемой продукции, а также расширение функционала сотрудников предприятия [18], позволит повысить эффективность горного производства (рисунок 1.30) [36].

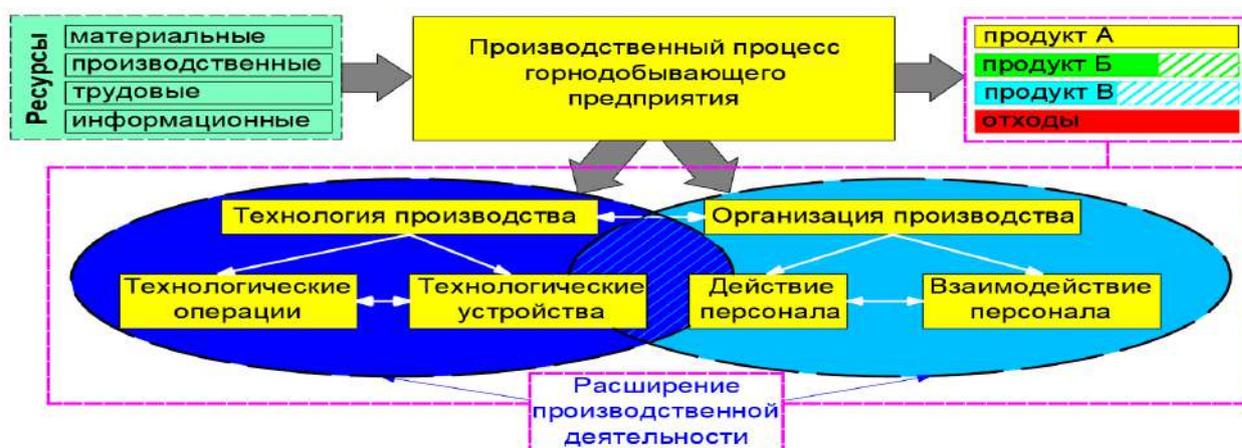


Рисунок 1.30 – Схема производственного процесса ГДП

Волатильность мировых цен на добываемое сырье и спроса, фиксируемые за последнее десятилетие, а также усложняющиеся горнотехнические и горно-геологические условия разработки месторождений обуславливают необходимость применения новых, более эффективных стратегий и механизмов управления производственными ресурсами горнодобывающих предприятий РФ. Горнодобывающие предприятия имеют различный производственный и трудовой потенциал [192, 241, 277], уровень освоения которого зависит не только от минерально-сырьевой базы, но и от территориального расположения участка недр относительно других промышленных и развитых районов страны, уровня развития транспортной и социальной инфраструктуры, рынков сбыта и других влияющих внешних факторов, а также связанных с ними способами организации производства.

На рисунке 1.31 представлена взаимосвязь элементов и видов выпускаемой продукции горнотехнической системы от внешних факторов. За основу принята структурная схема горнотехнической системы карьера, предложенная в работе [44].

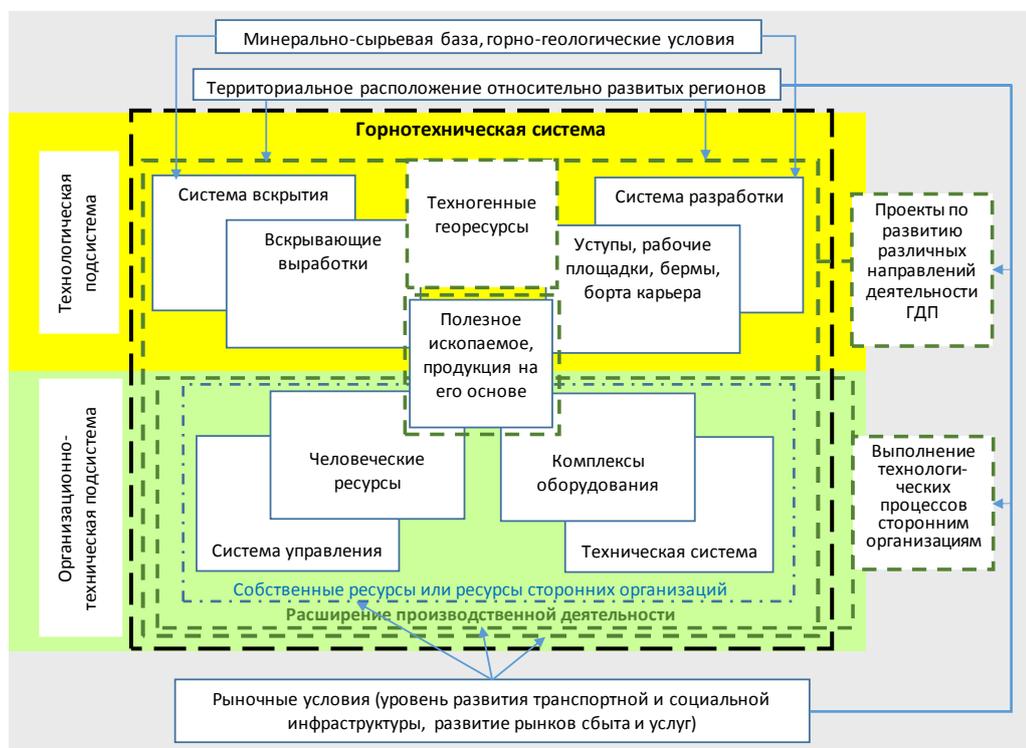


Рисунок 1.33 – Взаимосвязь элементов и видов выпускаемой продукции горнотехнической системы от внешних факторов

Так, например, в зависимости от целей недропользователя и соответствующих условий влияющих факторов, освоение участка недр полностью или частично возможно на основе использования услуг сторонних организаций – стратегия с привлечением подрядных организаций. В то же время горнодобывающие предприятия при благоприятных условиях и необходимости, сами могут предоставлять на рынке различные услуги для сторонних компаний. И кроме основной продукции, горное предприятие способно поставлять на рынок другие и уникальные виды продукции, в том числе связанные с формированием и освоением техногенных георесурсов [73, 131, 237, 268]. Последняя стратегия, по сути, является стратегией с расширением сферы и видов деятельности. Развитие предприятия с использованием данной стратегии в зависимости от влияющих факторов и целей недропользователя возможна по целому ряду различных направлений.

Таким образом, эффективность и устойчивость функционирования современного горнодобывающего предприятия во многом зависит от используемой комбинации возможных способов организации деятельности, с учетом множества востребованных технологических процессов и производственных функций, обусловленных рядом влияющих факторов.

Отдельный технологический процесс или комплекс работ, выполняемый горным предприятием для сторонних компаний, а также передача отдельных видов работ внутри собственного производства на выполнение сторонним организациям могут приносить доход или снижать убытки предприятия от этого вида деятельности.

Обеспечение эффективной деятельности горнодобывающего предприятия возможно на основе оптимального и сбалансированного формирования комплекса его производственных функций, комбинации применяемых им способов управления производственными ресурсами с учетом множества влияющих факторов и оптимального сочетания параметров горнотехнической системы.

В зависимости от направленности избранной стратегии собственников предприятий и особенностей его деятельности определяется система специфических целей, в качестве которых могут выступать:

- максимизация роста капитала;
- максимизация роста дохода;
- минимизация рисков закрытия;
- обеспечение требуемой ликвидности комплекса различных видов деятельности.

Для принятия решения о вложении средств в расширение производственных функций собственнику предприятия достаточно рассмотреть лишь так называемое эффективное множество возможных комбинаций видов деятельности, стратегий их осуществления, возникающих при этом экономических рисков и выбрать оптимальный вариант.

При расширении видов и сферы деятельности предприятия невысокие доходы по одним видам производства перекрываются высокими доходами по другим. При этом каждое отдельное направление предприятия или вид бизнеса может отличаться не только доходностью, но и экономическими рисками. Снизить риски можно и за счет включения в общий комплекс бизнеса большого круга отраслей, не связанных между собой, что снижает вероятность одновременного снижения их деловой активности.

Целью оптимизации комплекса производственных функций, выполняемых самим предприятием или сторонними организациями, является создание модели производственной деятельности, которая бы соответствовала требованиям недропользователя как по доходности, так и по рискованности.

Результатом этого этапа формирования комплекса деятельности горнодобывающего предприятия является обеспечение минимально возможного уровня его экономического риска при заданном уровне дохода.

Примеры расширения производственной деятельности горнодобывающих предприятий, факторы ограничивающие реализацию различных видов продукции и пути решения представлены в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Примеры расширения производственной деятельности горнодобывающих предприятий

Вид продукции ГДП	Факторы, ограничивающие реализацию продукции	Пути решения	Примеры диверсификации предприятий
<p>Минеральное сырье на основе добываемого полезного ископаемого</p>	<p>Высокая себестоимость</p>	<p>1. Увеличение рыночной доли компании (предприятия) за счет увеличения производственной мощности, вовлечения в отработку новых участков месторождений, ввод в эксплуатацию новых карьеров</p>	<p>Компания УГМК – более 40 предприятий (11 горнодобывающих); компания СУЭК – 26 разрезов и шахт, 9 обогатительных фабрик; Компания РМК – 13 предприятий</p>
		<p>2. Максимально глубокая переработка сырья с комплексным использованием полезных компонентов</p>	<p>Глубокая переработка антрацитов позволяющая увеличить выпуск конечных ценных продуктов, таких как: термоантрациты, активированный уголь и углеродные молекулярные сита, сорбенты, карбид кремния и кальция, углеродные добавки для металлургических процессов (ОАО «Гуговуголь»)</p>
		<p>3. Выпуск новых видов продукции с более высокой добавленной стоимостью из производимых ранее полуфабрикатов</p>	<p>Для предприятий по добыче строительных материалов: производство строительных смесей (ООО «Кварц», ООО ЮУГПК). Для предприятий по добыче меди: переработка медного и молибденового концентратов и производство меди катодной, медной катанки, медной проволоки (УГМК), трехокси молибдена, молибденового порошка, молибденовых специзделий (КОО Предприятие Эрдэнэт)</p>
		<p>4. Оптимизация действующего производства без существенных изменений видов продукции при совершенствовании организации производства или производственных процессов.</p>	<p>Повышение количества и уровня функций, выполняемых персоналом (АО «Разрез Изыхский» рост производительности труда в 2,9 раза за 5 лет). Оптимизация технологических операций (ООО «ЮУГПК», ОАО «Черногорский разрез» – отказ от железнодорожного транспорта)</p>

Вид продукции ГДП		Факторы, ограничивающие реализацию продукции	Пути решения	Примеры диверсификации предприятий
Техногенные георесурсы	Техногенные месторождения	Получение экономической выгоды через десятки лет	Заложение имеющегося опыта проектирования и освоения техногенных георесурсов как стратегического направления при разработке и реализации программ основания новых и развития имеющихся монопоселений, повышающих освоение и более эффективное (более организованное и интенсивное) использование ресурсов территории страны — природных, пространственных, трудовых	Освоение Жезказганского техногенного месторождения (Казахстан). Складирование в карьерах отходов металлургического производства (АО «ММК»). Строительство отеля Songjiang InterContinental в выработанном пространстве карьера (Шанхай)
	Сооружения из вскрышных и вмещающих пород			
	Выработанное пространство в качестве емкости			
	Выработанное пространство в качестве строительного полигона	Удаленность техногенных объектов, планируемых к использованию в виде емкости для складирования отходов, от других промышленных предприятий	Подготовка выработанного пространства для экологически безопасного складирования отходов высокого класса опасности	Полигон утилизации бытовых и промышленных отходов на территории Олимпиадинского ГОК (ОАО «ПолусЗолото»). Полигон ТБО в карьере «Северо-Восточный-1» (Самарская область). Полигон для уничтожения боеприпасов в карьере Спасского района Приморья
		Удаленность техногенных объектов, планируемых к реализации в виде минерального сырья или насыпных сооружений	Выпуск новых видов продукции с более высокой добавленной стоимостью	Строительство горнолыжного комплекса «Снежные холмы» на отвалах разреза «Коркинский»
Выполнение технологических процессов сторонним организациям		Недостаточная квалификация персонала, недостаточный уровень организации производства	Повышение квалификации в соответствии с запланированной реализацией услугой, выход на рынок	Образовательные услуги – создание университетов, учебных центров на базе компаний (УГМК, СУЭК-Кузбасс). Производство БВР (ОАО Ураласбест). Ремонт горнотранспортного оборудования, производство узлов и деталей машин (РМЗ Черногорского разреза компании СУЭК)

Несмотря на наличие факторов, ограничивающих реализацию продукции выделяемых групп, имеются многочисленные примеры горнодобывающих предприятий с расширением своей производственной деятельности и номенклатуры выпускаемой продукции. В частности, развитие производственной деятельности можно рассмотреть на примере предприятия, разрабатывающего Аккермановское месторождение известняков в Оренбургской области. В таблице 1.13 представлена характеристика предприятия в различные периоды времени.

Таблица 1.13 – Характеристика предприятия, разрабатывающего Аккермановское месторождение известняков в различные периоды времени

В период до 2010 г.	В период 2010-2020 гг.
<p><i>Производственные единицы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Центральный карьер; - Северо-Западный карьер; - ДСК; - Известково-обжиговой цех <p><i>Продукция – флюсовый известняк (объем производства – 2,5 млн т/год)</i></p> <p><i>Производство технологических процессов – собственными силами</i></p> <p><i>Транспортирование горной массы – комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт</i></p>	<p><i>Производственные единицы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Центральный карьер; - Северо-Западный карьер; - ДСК; - Известково-обжиговой цех; - Цементный завод; - Цех разработки шлаковых отвалов; - Отдел распространения программного продукта <p><i>Продукция:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - флюсовый известняк (3,2 млн т/год); - легкоплавкие глины (вскрышные породы) (200 тыс. т/год); - цементная продукция в ассортименте (около 2 млн т/год); - щебень шлаковый; - металлосодержащая продукция; - лом огнеупорных изделий <p><i>Производство технологических процессов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Буровзрывные работы, транспортировка горной массы – выполняются сторонними организациями. - Остальные процессы – собственными силами. <p><i>Транспортирование горной массы – только автомобильным транспортом</i></p>

Из таблицы 1.13 видно, что до 2010 г. на предприятии выпускался один вид продукции – флюсовый известняк, и производственная мощность по его производству была ограничена низким спросом. Развитие строительной отрасли в тот период позволило найти выход из этой ситуации, которым стало решение

строительства цементного завода на базе имеющейся инфраструктуры предприятия. В результате была пересмотрена номенклатура минерально-сырьевых ресурсов предприятия и выпускаемой продукции. Глина, которая была вскрышной породой, перешла в категорию полезного ископаемого. К 2020 г. на предприятии производится уже 6 видов продукции: известняк, глины, щебень и др. Также с целью снижения издержек буровзрывные работы, транспортировка горной массы переданы для выполнения сторонними организациями. Эти преобразования в целом позволили повысить комплексность освоения участка недр и повысить устойчивость функционирования предприятия, что стало возможным за счет выбора различных направлений развития и изменения параметров горнотехнической системы.

В результате анализа, технологических характеристик и потребительских свойств георесурсов при комплексном их использовании, востребованности для реализации горно-перерабатывающей отрасли выделены следующие наиболее перспективные направления расширения производственной деятельности, при их целевой организации в рамках функционирования горнотехнической системы на всех стадиях освоения участка недр:

1. Расширение производственной деятельности на базе основного полезного ископаемого:

- с вовлечением в разработку прибортовых и забалансовых запасов;
- с увеличением производственной мощности предприятия;
- с повышением качества полезного ископаемого;
- с повышением ассортимента продукции без учета процесса переработки за счет вовлечения в разработку попутных полезных ископаемых;
- с повышением ассортимента по технологической цепочке выпуска конечной продукции за счет увеличения глубины переработки добываемого сырья.

2. Формирование и освоение техногенных георесурсов.

3. Предоставление на рынке услуг по выполнению основных и вспомогательных технологических процессов.

Таким образом, необходима классификация продукции горнодобывающего предприятия с выделением номенклатуры техногенных георесурсов и видов услуг.

Главным преимуществом расширения производственной деятельности горнодобывающего предприятия является возможность организации структуры с различными источниками доходности, обеспечивающие повышение эффективности и продление сроков устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия.

Таким образом, для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающих предприятий на неопределенно долгий промежуток времени в современных условиях разработки месторождений необходимо управление параметрами горнотехнической системы с развитием одновременно нескольких различных направлений, соответствующих имеющейся ресурсной базе участка недр, включающих: гибкое изменение объема вовлекаемых в разработку запасов, производственной мощности, качества, ассортимента и номенклатуры выпускаемой продукции, в том числе на основе техногенных георесурсов, а также организацию выполнения технологических процессов открытой геотехнологии для других предприятий или привлечение подрядных организаций для снижения издержек.

Анализ опыта комплексного освоения участка недр, изученности проблемы расширения производственной деятельности и области использования открытой геотехнологии позволил сформулировать цель и задачи исследований, определить методы их проведения.

1.4 Цель, задачи и методы исследований

Современное состояние открытых горных работ характеризуется постоянным усложнением горно-геологических и горнотехнических условий, компенсирующихся внедрением высокотехнологичных решений в области проектирования, планирования и ведения добычных работ, а также периодическим изменением параметров разработки и способов организации деятельности. На фоне высокой волатильности цен и спроса на производимое сырье, снижения качества вовлекаемых в эксплуатацию полезных ископаемых и

роста удельных затрат на разработку месторождений, вызванных увеличением глубины карьеров, расстоянием транспортирования горной массы, площади отчуждаемых земель, отечественные горнодобывающие предприятия для обеспечения рентабельности вынуждены внедрять технологические и организационные решения, связанные с расширением направлений деятельности, связанных с разработкой забалансовых запасов, повышением производственной мощности и качества, а также увеличением ассортимента и номенклатуры продукции. В том числе обеспечение устойчивости функционирования горнодобывающего предприятия в современных условиях может быть достигнуто путем развертывания новых конкурентоспособных производств (прежде всего для увеличения выпуска продукции и услуг, пользующихся стабильным спросом на рынке) на базе основного месторождения и участка недр, эксплуатируемого недропользователем. Реализация данного направления позволяет компенсировать возможные невысокие доходы по одному виду деятельности всего комплекса видов деятельности высокими доходами по другим и тем самым повысить комплексность и полноту освоения участка недр, а также увеличить срок существования самого предприятия. Однако данные решения являются единичными для отрасли.

Главной причиной, препятствующей реализации стратегии расширения комплекса направлений производственной деятельности, является несовершенство существующего подхода к обоснованию параметров горнотехнической системы, не учитывающего необходимость поэтапной их переоценки в условиях изменения внешних и внутренних факторов, а также принятия нестандартных решений с повышением издержек производства. Поскольку эффективность освоения участка недр традиционно связано с производственной мощностью, нацеливание параметров производится в основном именно на её развитие и срок функционирования горнодобывающего предприятия, таким образом, ограничивается периодом отработки балансовых запасов месторождения.

Сегодня следует считать, что продукцией горнодобывающего предприятия являются не только полезные ископаемые природного происхождения, но и техногенные георесурсы и целенаправленно формируемые техногенно-измененные ландшафты, а также производственная инфраструктура с выполнением основных и вспомогательных технологических процессов оборудованием и персоналом для сторонних организаций.

Таким образом, требуется систематизация параметров горнотехнической системы и разработка модели выбора оптимального сочетания их значений для формирования в процессе эксплуатации месторождения условий, обеспечивающих одновременное развитие нескольких перспективных направлений освоения участка недр.

Цель работы. Разработка методики управления параметрами горнотехнической системы в динамике развития открытых горных работ с расширением номенклатуры товарной продукции для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся горнотехнических условиях и конъюнктуре минерально-сырьевого рынка.

Идея работы. Устойчивость функционирования горнотехнической системы на всех этапах развития открытых горных работ при ухудшении горно-геологических условий освоения участка недр и истощении балансовых запасов в изменяющейся конъюнктуре рынка обеспечивается за счет заблаговременного формирования горных возможностей по расширению номенклатуры товарной продукции путем оперативного управления параметрами горнотехнической системы, оптимизация которых производится на основе предложенного критерия экономической эффективности.

Анализ опыта управления параметрами горнотехнической системы при комплексном освоении георесурсов открытой геотехнологии позволил сформулировать первоочередные задачи выполнения исследований, среди которых:

– анализ научно-методических подходов и практики управления параметрами горнотехнической системы на открытых горных работах в изменяющихся горнотехнических условиях и конъюнктуре рынка;

- обоснование понятия устойчивости функционирования горнотехнической системы и принципов ее обеспечения при комплексном освоении недр;
- систематизация параметров горнотехнической системы открытой геотехнологии при добыче твердых полезных ископаемых, определяющих устойчивость функционирования горнодобывающих предприятий;
- разработка технологических схем и методики выбора параметров горнотехнической системы, обеспечивающих заблаговременное формирование горных возможностей по расширению номенклатуры товарной продукции;
- обоснование критерия экономической эффективности и показателя устойчивости функционирования горнотехнической системы, исследование факторов, влияющих на показатели эффективности открытых горных работ;
- разработка экономико-математической модели оперативного управления параметрами горнотехнической системы с целью обеспечения ее устойчивого функционирования на всех этапах развития открытых горных работ;
- разработка технико-технологических рекомендаций по обеспечению устойчивого функционирования горнотехнической системы и оценка их экономической эффективности при эксплуатации рудных и угольных месторождений, карьеров по добыче строительного сырья.

В результате реализации работы должны быть получены решения по развитию методологических основ управления параметрами горнотехнической системы для комплексного освоения участка недр открытой геотехнологией, обеспечивающих расширение номенклатуры продукции, повышение ее ценности и выполнение технологических процессов открытой геотехнологии для сторонних организаций путем поэтапного изменения сочетания используемых способов организации деятельности и технологических параметров разработки месторождений, сбалансированных по приемлемым уровням доходности и затратам всего комплекса производственной деятельности в условиях изменяющегося рынка.

Выводы по главе 1

1. В результате анализа динамики параметров горнотехнических систем открытой геотехнологии установлено, что разработка месторождений осуществляется на фоне высокой волатильности цен и спроса на производимое сырье, снижения качества вовлекаемых в эксплуатацию полезных ископаемых и роста удельных затрат на разработку месторождений, вызванных увеличением глубины карьеров, расстоянием транспортирования горной массы, площади отчуждаемых земель. В таких условиях отечественные горнодобывающие предприятия для обеспечения рентабельности вынуждены внедрять технологические и организационные решения, связанные с расширением деятельности направленной на вовлечение в разработку забалансовых запасов, на повышение производительности и качества, а также увеличение ассортимента и номенклатуры продукции.

2. Установлено, что динамика рыночных условий приводит к необходимости периодического, раз в 2-3 года, пересмотра проектных и организационно-технологических решений с изменением параметров горнотехнической системы, что зачастую обусловлено технико-экономическим обоснованием новых кондиций, изменением объемов запасов, производительности, качества продукции, а также типом и моделями применяемых горных машин.

3. Выявлено, что современные горнодобывающие предприятия с открытой геотехнологией способны поставлять на рынок новые виды продукции с повышенной добавленной стоимостью, полученной в результате освоения недр, на основе разрабатываемого полезного ископаемого и вмещающих пород при целенаправленном повышении качества сырья и увеличении глубины их переработки, а также в виде техногенных георесурсов. Кроме того, горнодобывающие предприятия, имея свой производственный потенциал, в регионах с развитой инфраструктурой, кроме основной деятельности, могут выполнять услуги в виде выполнения основных и вспомогательных технологических процессов открытой геотехнологии для внешних потребителей.

4. Главной причиной, препятствующей реализации стратегии расширения комплекса направлений производственной деятельности, является несовершенство существующего подхода к обоснованию параметров горнотехнической системы, не учитывающего необходимость поэтапной их переоценки в условиях изменения внешних и внутренних факторов, а также принятия нестандартных решений с повышением издержек производства. Поскольку эффективность освоения участка недр традиционно связана с производственной мощностью, нацеливание параметров производится в основном именно на её развитие, и срок функционирования горнодобывающего предприятия, таким образом, ограничивается периодом отработки балансовых запасов месторождения, что в целом противоречит необходимости обеспечения устойчивого функционирования предприятия на неопределенно долгий промежуток времени.

5. Анализ динамики параметров горнотехнической системы с учетом конъюнктуры рынка и факторов, определяющих условия ее эффективного функционирования, позволил выявить необходимость и возможность расширения сферы деятельности открытой геотехнологии от комплексного освоения запасов месторождения полезных ископаемых до комплексного освоения целенаправленно преобразуемого участка недр и его инфраструктуры, которые необходимо рассматривать исключительно в совокупности с формируемой горнотехнической системой, что достигается расширением номенклатуры природных и техногенных георесурсов совместно с выполнением производственных процессов открытой геотехнологии для сторонних организаций. При этом динамика параметров открытой геотехнологии определяет устойчивость функционирования горнотехнической системы.

6. Таким образом, требуется развитие научно-методических основ устойчивости функционирования горнотехнической системы и формирование новой концепции выбора и обоснования оптимального сочетания значений параметров системы для формирования в процессе разработки месторождения условий, обеспечивающих одновременное развитие нескольких перспективных направлений освоения участка недр с учетом влияния внешних и внутренних факторов.

2 РАЗВИТИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

2.1 Обоснование концепции устойчивого функционирования и развития горнотехнической системы в изменяющихся условиях недропользования

В работе устойчивое развитие и устойчивое функционирование рассматриваются как самостоятельные понятия.

Обеспечение устойчивости развития горнодобывающих предприятий является на сегодняшний день весьма актуальной и не редко обсуждаемой в научном сообществе. При этом понятие «устойчивое развитие» в широком смысле и устойчивое развитие предприятия различными авторами понимается неоднозначно.

Ретроспективный анализ позволил определить, что под устойчивым развитием понимается требование обеспечения текущих общественных потребностей в изменяющихся условиях без нарушения перспектив развития будущих поколений. С точки зрения философии в представленной формулировке обозначенный подход вполне оправдан.

Однако исследования особенностей функционирования горнотехнических систем в изменяющихся внутренних и внешних факторах ее развития показал, что для повышения эффективности самих систем необходимо обеспечение безубыточного их функционирования на протяжении всего периода освоения участка недр. Это возможно за счет управления внутренними горнотехническими резервами в специфических условиях разработки природных месторождений и техногенных образований с учетом изменения горнотехнических, конъюнктурных и социально-экономических факторов внутренней и внешней среды [185].

В работе [209] отмечено, что устойчивое развитие должно обеспечивать отсутствие конфликта между техносферой и природой при минимальном воздействии техногенной среды на экосистему горнопромышленного региона.

Однако безвредное воздействие на природную окружающую среду возможно только при недопустимости техногенных изменений состояния недр в ходе производства горных работ, а следовательно, при отказе от добычи природных ресурсов. Соответственно, такая постановка формулировки устойчивого развития очевидно противоречит самому развитию социального общества, которое не может существовать без потребления минеральных ресурсов и разработки месторождений, при этом, как показывает анализ, спрос на минеральное сырье только увеличивается. Таким образом, обеспечение устойчивого развития горнотехнических систем должно осуществляться на принципах, обозначенных в работе [185]:

- безубыточности на всех этапах освоения лицензионного участка недр, включая этапы доработки запасов, эксплуатации и переработки техногенного сырья, рекультивации территорий и многофункционального использования сформированных открытыми и подземными работами выработанных пространств;

- экономичности, ресурсо- и энергосбережения технологических процессов добычи и переработки полезных ископаемых с воспроизводством электроэнергии непосредственно в горнотехнической системе и минимизацией выбросов CO₂ в атмосферу;

- развития экологически сбалансированных геотехнологий, предусматривающих разработку компенсирующих мероприятий по ликвидации ущерба, наносимого окружающей среде горными работами по добыче и переработке минерального сырья;

- создания условий для роста материального благосостояния, принятия мер по решению социально-экономических, культурно-бытовых, духовных и спортивно-оздоровительных проблем не только сотрудников горнодобывающих предприятий, но и всего населения горнопромышленных регионов;

- развития открытости, прозрачности системы корпоративного управления горнодобывающей компанией, включая все ее структурные подразделения, с соблюдением правил деловой и корпоративной этики;

– цифровой трансформации горнотехнических систем, предусматривающей внедрение цифровых технологий в различные бизнес-процессы предприятий отрасли. Сделать это возможно исключительно на базе интеллектуализации геотехнологий и цифровой трансформации горного производства с отображением в режиме on-line количественной информации о состоянии техногенной и окружающей среды, производственных и социальных процессов.

Отечественная горная промышленность во многом не отвечает глобальным динамичным изменениям, что связано с развитием минерально-сырьевой базы и усложняющимися условиями вовлечения природного и техногенного сырья в промышленную эксплуатацию. Это определяет необходимость разработки научно-методических основ устойчивого развития горнотехнических систем на базе установления закономерностей взаимодействия природных и инновационных технологических процессов в условиях интенсивного комплексного освоения недр Земли с использованием рациональной структуры, сочетания различных, в том числе нетрадиционных, геотехнологических процессов с заданными параметрами [185].

Обеспечение устойчивого развития горнодобывающей отрасли России возможно на основе определения для каждой горнотехнической системы рационального сочетания геотехнологических процессов, масштабов их реализации с внедрением инновационных технологических решений при одновременном вовлечении в эксплуатацию природных и техногенных георесурсов. Причем специфика функционирования горнотехнических систем состоит не только в неповторяемости объектов недропользования, изменении во времени и пространстве предмета труда, крайней нестабильности и сложной прогнозируемости рынка сырьевой товарной продукции, высокой недостоверности исходной информации о состоянии объекта освоения недр, но и в необходимости учета взаимного влияния различных геотехнологий и параметров горнотехнических конструкций на состояние и свойства массива горных пород и параметры горнотехнической системы в целом.

В этих условиях устойчивое функционирование горнотехнических систем возможно обеспечить на основе синтеза и расширения спектра геотехнологических процессов, обеспечивающих на стадии проектирования и в ходе всего жизненного цикла освоения участка недр таких рациональных значений параметров горнотехнической системы, которые в полной мере удовлетворяют потребности общества в минерально-сырьевой товарной продукции и гарантируют безубыточность работы горного предприятия на протяжении всего периода освоения участка недр.

В работе [24], посвященной разработке геотехнологических решений отработки запасов глубоких горизонтов рудных крутопадающих месторождений, представлено положение, в котором утверждается, что устойчивое функционирование горнорудных предприятий достигается поэтапным изменением доли поточной технологии транспортирования горной массы с соответствующим изменением положения и параметров карьерных вскрывающих выработок. В работе доказывается, что изменение схем вскрытия и транспортного обеспечения необходимо производить: внутри текущего этапа разработки – при снижении эффективности циклического транспорта; при переходе на новый этап открытых горных работ, связанный с изменением контура карьера; при переходе с открытого на открыто-подземный способ разработки; при использовании сформированных техногенных георесурсов для целей, не связанных с добычей руды. В данном случае понятие «устойчивое функционирование» непосредственно связано только с главными параметрами карьера, параметрами вскрывающих выработок и эффективностью использования транспортных комплексов оборудования.

Для повышения комплексности и эффективности освоения участка недр в условиях динамического изменения конъюнктуры рынка и внутренних горно-геологических и горнотехнических данных необходим системный учет большой группы параметров горнотехнической системы и адаптация их значений к новым факторам. Таким образом, в работе предложено новое определение устойчивого функционирования.

Под устойчивым функционированием горнотехнической системы открытой геотехнологии понимается ее способность обеспечивать комплексность и эффективность освоения участка недр с производством товарной продукции в течение неопределенно долгого периода времени в независимости от объема и качества запасов разрабатываемого месторождения в условиях постоянно изменяющихся факторов внешней и внутренней среды, достигающаяся в динамике развития открытых горных работ на основе системного и синхронизированного управления конструктивными, горнотехническими, геотехнологическими, геомеханическими и режимными параметрами. Такой комплекс реализуется, в частности, на основе целенаправленного развития многофункционального использования открытой геотехнологии с расширением ее сферы деятельности от комплексного освоения запасов месторождения полезного ископаемого до комплексного освоения целенаправленно преобразуемого участка недр и его инфраструктуры.

По одному из определений «синхронизация» – это процедура согласования объектами времени выполнения ими процессов обработки или передачи данных. Синхронизация осуществляется: на физическом уровне посредством тактирования, задающего единый стандарт дискретного времени для управления процессом передачи сигналов; на остальных уровнях посредством передачи специальных блоков данных либо введением в головную часть блоков специальных полей [17].

По определению синхронная работа – это операции, которые предсказуемо иницируются часами («Синхронная работа». Словарь Vocabulary.com, Vocabulary.com, [https://www.vocabulary.com/dictionary/synchronous Operation](https://www.vocabulary.com/dictionary/synchronous%20Operation). Доступ 02 мая. 2024.). Антонимом в данном случае является «асинхронная операция» – операции, которые происходят без регулярной или предсказуемой временной связи с другими событиями. Таким образом, синхронные операции в том числе предполагают, чтобы одна операция ждала завершения другой, прежде чем она сможет начаться.

Таким образом, управление параметрами горнотехнической системы предполагает изменение состава, структуры и значений параметров горнотехнической системы, выполняющееся в определенной последовательности в зависимости от этапа освоения ресурсной базы участка недр, направлений развития производственной деятельности и формируемой номенклатуры продукции.

2.2 Обоснование направлений расширения номенклатуры продукции горнодобывающего предприятия и требования к горнотехническим решениям

2.2.1 Имеющиеся и возможные виды продукции горного производства

Работу горного предприятия можно представить в виде выражения: Ресурсы + Технология = Продукты + Отходы или $(P + T = \Pi + O)$ [68].

Ресурсы (от франц. Ressource – вспомогательное средство) – денежные средства, ценности, запасы, возможности, источники средств, доходов [193].

Технология – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции. Задача технологии как науки – выявление физических, химических, механических и других закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов [193].

Открытая горная технология – научная дисциплина об открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых. Открытая горная технология решает задачи рациональной выемки полезных ископаемых и вмещающих пород, их погрузки и перемещения в пределах карьерного поля, внутрикарьерного усреднения, формирования отвалов, рекультивации нарушенных земель [49].

Продукт – это 1. Предмет как результат человеческого труда (обработки, переработки, исследования). 2. Следствие, результат, порождение чего-нибудь [49].

Отходы горного производства – неиспользуемые продукты добычи и переработки минерального сырья, выделяемые из массы добытого полезного ископаемого (горной массы) в процессах разработки месторождения, обогащения и химико-металлургической переработки [49].

Отход – остатки производства, годные для какой-нибудь иной цели [49].

Рассматривая работу карьера через формулу ($P + T = \Pi + O$), к понятию «продукт» следует относить добытое полезное ископаемое, а также попутно добываемые – реализуемые горные породы. Тогда к понятию «отходы» в данном случае следует относить: отвалы горных пород, выработанное карьерное пространство; площадь, занимаемую отвалами и карьером; неблагоприятное воздействие на окружающую среду. При этом образование отходов сопровождается: затратами на формирование отвалов (планировочные работы) и карьерного пространства (затраты на подготовку и выемку большого объема вскрыши, на заоткоску); затратами на транспортирование; налогами и платежами за занимаемые площади; экологическими выплатами [68].

«Отходы» горных предприятий имеют определенный ресурсный потенциал, образуя так называемые техногенные месторождения. В работах Трубецкого К.Н. и Пешкова А.А. выработанное пространство карьеров и отвалы горных пород относятся к разряду потенциальных ресурсов [210]. В настоящее время данные ресурсы зачастую формируются без учета дальнейшего их использования. Формирование отвалов горных пород, карьерного пространства с учетом дальнейшего их использования в качестве заменителей некоторых природных и производственных ресурсов позволяет относить их к новым видам продукции горного производства или к новым техногенным георесурсам. Примером заменителя природных ресурсов может служить частичная замена основного сырья повторно извлекаемым из отходов горного и обогатительных производств.

Складирование твердых отходов горного предприятия в качестве потенциального минерально-сырьевого ресурса связано с затратами на принятие определенных мер защиты от их выветривания, окисления (в том числе

бактериального), вымывания, а также с занятием земли, в некоторых случаях плодородной. Формирование карьерного пространства в качестве нового вида техногенного ресурса также повлечет за собой дополнительные затраты. Поэтому выбор способа формирования новых георесурсов следует осуществлять с учетом направления их дальнейшего использования [68].

Выбор направления использования новых георесурсов производился на основе выделенных проф. Истоминым В.В. целей горных работ [81]:

1. Использование извлекаемых ресурсов – только горной массы.
2. Использование только неизвлекаемых ресурсов недр – массива горных пород.
3. Комбинированное использование извлекаемых и неизвлекаемых ресурсов.

Ресурсы – источники обеспечения потребностей (в целом природные ресурсы), источники жизнеобеспечения, в данном случае речь идет об их части - ресурсах недр);

Недра – часть земной коры под ее поверхностью, доступная для освоения.

Открытые горные работы – связанные с извлечением горных пород из недр работы, производимые с любыми целями начиная с поверхности.

В самом общем виде сущность горных работ и дальнейших переделов переработки заключается:

- в разделении на отдельные составляющие недр (две группы ресурсов), горной массы, горных пород, минералов и т.д.;
- в частичном (в предельных случаях нулевом или полном) соединении ранее разделенных ресурсов между собой или с другими (внешними) минеральными веществами (их компонентами).

Следует отметить, что некоторые из рассматриваемых вопросов, особенно из первой и частично из третьей групп ресурсов, как-то решаются и без участия открытых горных работ. Например, строителями, коммунальными службами, водохозяйственными организациями. Но их решения, способы производства работ, результаты во многом не отвечают современным требованиям. Техника и

технологии горняков могут и должны улучшить технико-экономические показатели этих работ и, естественно, горных работ. Расширение функций открытых горных работ путем формирования выработанного пространства карьеров и отвалов в качестве заменителей некоторых природных и производственных ресурсов позволяет получать новые виды продукции горного производства или новые техногенные георесурсы [68].

Как любой продукт предприятия, техногенные георесурсы характеризуются определенными качественными показателями. Например, выработанное пространство карьера, используемое для складирования отходов, характеризуют следующие показатели:

- предельная глубина карьера, м;
- угол наклона бортов, град;
- периметр дна карьера, м;
- площадь дна карьера, м²;
- объем выработанного пространства, м³;
- расстояние транспортирования отходов до карьера, км.

Использование выработанного пространства карьеров и отвалов может быть самым разнообразным как в различных отраслях промышленности, так и в сельском хозяйстве. Это обуславливает необходимость систематизации направлений использования новых формируемых в результате открытых горных работ техногенных георесурсов.

Первая группа ресурсов, выделенная Истоминым В.В., в работе рассмотрена как возможное направление использования отвальных пород.

В работе [68] был проведен анализ по вопросу использования твердых отходов горных предприятий, который показал, что породы отвалов имеют широкое применение в качестве сырья для получения различных продуктов [94, 200, 214, 217]. В таблице 2.1 приведены известные направления использования пород отвалов в качестве сырья для получения различных продуктов.

Таблица 2.1 – Возможное применение пород отвалов [68]

Породы отвалов	Получаемый продукт (направление использования)
Бурты чернозема	Облагораживание земель
Доломит, базальты, габбро, диабазы, мел вскрыши	Удобрения
Порфирит, гранат, ортоклаз, пироксен, туфы, известняк, кварц, серпентиниты	Щебень
Базальты	Базальтовая вата – теплоизоляционный материал. Базальтовая пыль: а) чистящее средство; б) полимерная композиция для шпатлевания металлических и других поверхностей
Мел вскрыши, кварцевый песок, альбитофиры, габброиды, сланцы, известняк, хвосты обогатительных фабрик (фракция более 14 мм)	Строительные цели
Серпентиниты, кек с высоким содержанием SiO ₂ , хвосты обогатительных фабрик (фракция до 14 мм)	Производство бетонов, Облицовочных плит
Шлаки; забалансовые, некондиционные руды; лежалые хвосты	Извлечение металлов

Кроме того, обосновано применение пород вскрыши для строительства крупных земляных сооружений, например плотин, дамб, хвостохранилищ. Также породы отвалов используются для изменения ландшафта местности.

В работе [68] систематизированы виды и направления использования техногенных георесурсов (рисунок 2.1).

Выделены три категории пород отвалов в зависимости от экономической целесообразности их переработки и возможных направлений дальнейшего их использования [72]:

1. Породы, технология переработки которых известна и в настоящее время экономически целесообразна.

2. Породы, переработка которых с использованием известных технологий в настоящее время экономически нецелесообразна. К этим породам относятся некондиционные руды или металлсодержащие минералы.

3. Породы, технология переработки которых отсутствует и неизвестна возможная сфера их применения.

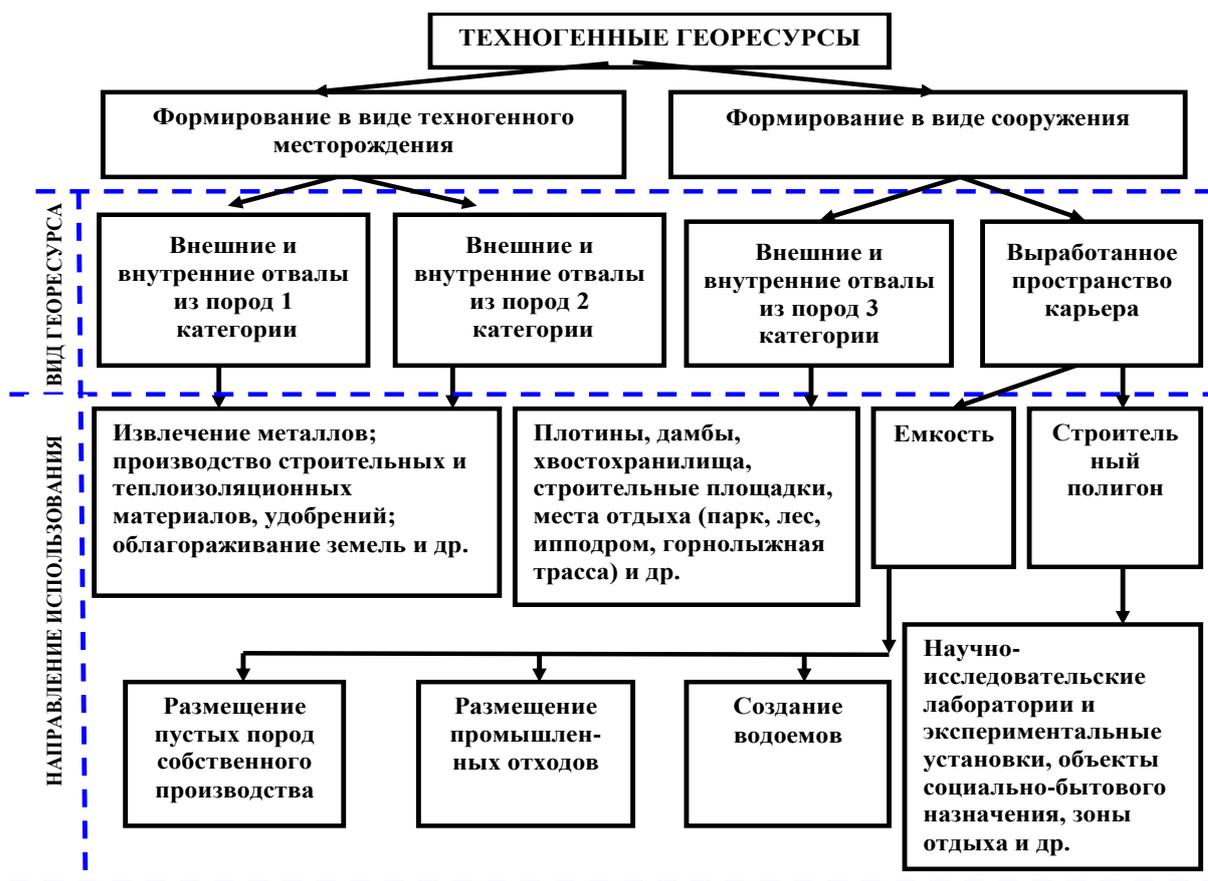


Рисунок 2.1 – Виды и направления использования техногенных георесурсов

Вторая группа ресурсов Истомина В.В. («неизвлекаемые» – остающиеся на месте, массивы горных пород) в работе разделена по использованию в качестве емкости и в качестве строительного полигона (см. рисунок 2.1).

Более детально в работе рассмотрено использование карьерного пространства в качестве емкости для складирования различных отходов. Использование выработанного пространства действующего карьера с углубочной системой разработки в качестве емкости для складирования отходов возможно:

1) при отработке наклонных (угол падения $8-30^{\circ}$) или пологих (угол падения $0-10^{\circ}$) залежей (рисунок 2.2);

2) при наличии на нерабочих бортах карьера широких площадок, которые образуются после отработки рудных залежей, разбитых на отдельные клиновидные блоки, объем и количество которых соответствуют параметрам кондиции для подсчета запасов (рисунок 2.3);

3) при различной интенсивности отработки участков карьера с засыпкой отработанного участка вскрышей разрабатываемого участка карьера (рисунок 2.4);

4) при укреплении скальной вскрыши верхних горизонтов карьера, сложенных мягкими породами, с целью предотвращения оползней (рисунок 2.5).

Доказано использование отработанного карьерного пространства как георесурса для размещения отвалов вскрышных пород, рядом расположенного, действующего карьера (рисунок 2.6). Карьерное пространство засыпается как собственными пустыми породами, так и несобственными. Для промышленных городов большое значение имеет наличие емкости для размещения промышленных и бытовых отходов, так как их размещение на земной поверхности сопровождается значительными выплатами [68] (рисунок 2.7).

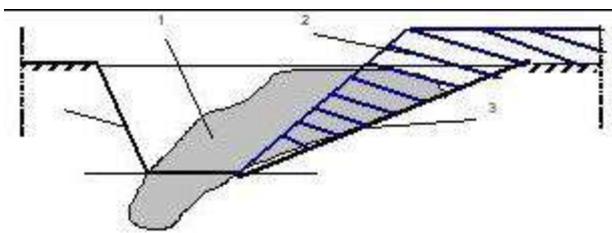


Рисунок 2.2

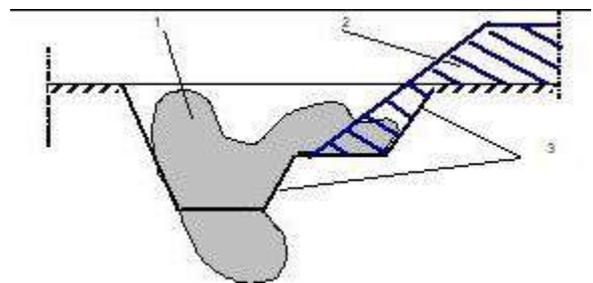


Рисунок 2.3

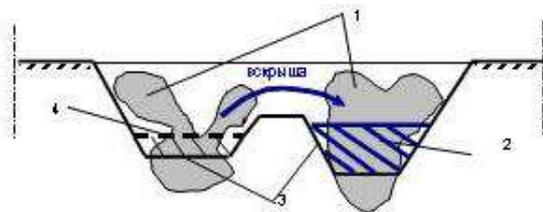


Рисунок 2.4

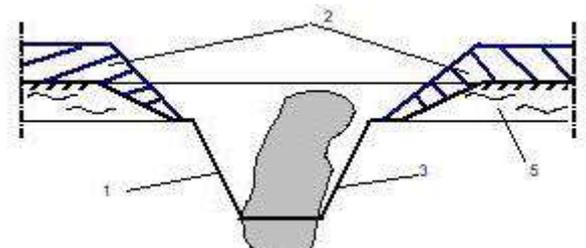


Рисунок 2.5

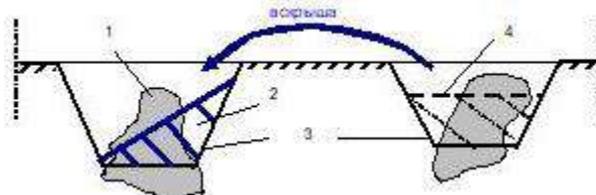


Рисунок 2.6



Рисунок 2.7

На рисунках 2.2–2.7: 1 – рудное тело; 2 – отвал; 3 – конечный контур карьера; 4 – промежуточный контур карьера; 5 – наносы.

Также карьерное пространство используется для аккумуляции энергии, как водоемы, как научно-исследовательские лаборатории и экспериментальные установки, как объекты социально-бытового назначения (офисы, товарные базы,

производственные помещения, клиники), как подземные гаражи, концертные залы, стадионы, зоны отдыха [68].

2.2.2 Анализ ценности техногенных георесурсов

Выработанное пространство карьера и отвалы могут являться ценным техногенным георесурсом при использовании их, например, в качестве емкости для размещения промышленных отходов различного класса опасности. Этому посвящено достаточно исследований, в ходе которых введено понятие «ценность техногенного георесурса», разработана и в дальнейшем уточнена экономико-математическая модель для ее определения [68, 73, 133, 149, 167].

Под понятием *ценности техногенного георесурса* понимается денежное выражение стоимости 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 [68].

При формировании техногенного объекта в качестве приемной емкости для размещения промышленных отходов II–V классов опасности различного агрегатного состояния, а также продуктов их переработки в работе ценность данного техногенного георесурса предлагается определять по следующей формуле:

$$Ц_{\text{ТГО}}^{\text{емкость}} = k_{\text{д}} (1 - k_{\text{п}}) \cdot \sum_{t=1}^T \sum_{z=1} V_z \cdot \gamma_z \cdot C_{\text{лз.отх}} \cdot \eta_t - \Delta Z_{\text{ф}} - Z_{\text{р}} - Z_{\text{исз}} - Z_{\text{т}}, \quad (2.1)$$

где $k_{\text{д}}$ – коэффициент дефляции, принятый на момент создания емкости; $k_{\text{п}}$ – доля нормативной платы, взимаемой при размещении промышленных отходов на спецплощадках и полигонах; z – вид промышленных отходов и продукта их переработки; $C_{\text{лз.отх}}$ – 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; $\Delta Z_{\text{ф}}$ – 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 (2.1), 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

$$Ц_{ТГО}^{ТПиК} = \Delta Z_{IP} + \Delta Z_p - \Delta Z_{\Phi}, \quad (2.2)$$

где ΔZ_{IP} – разница затрат на строительство подземного рудника с дневной поверхности 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 [167]. Это необходимо учитывать при обосновании параметров горнотехнической системы.

На рисунке 2.8 представлены результаты расчета удельной ценности выработанного пространства ряда карьеров при размещении в них промышленных отходов различного класса опасности [149, 167].

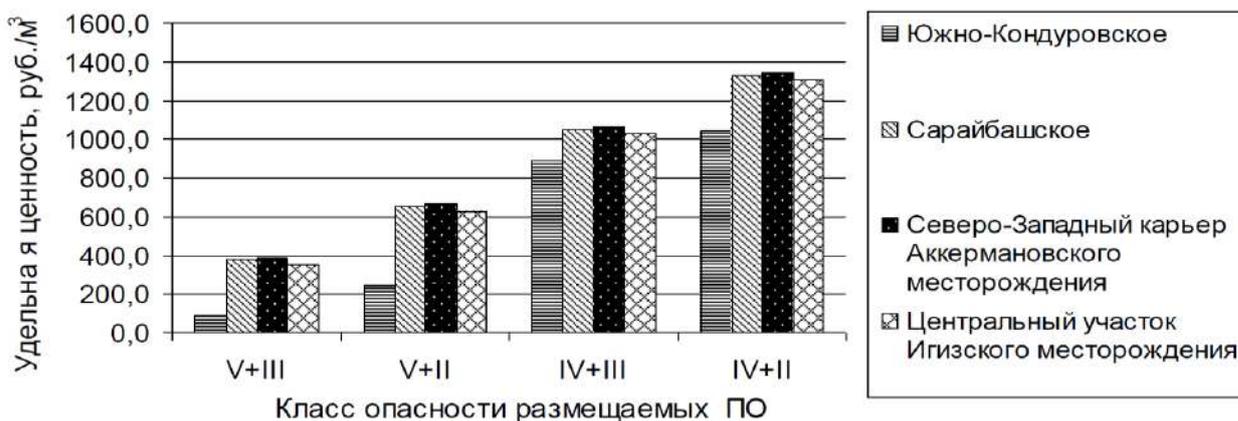


Рисунок 2.8 – Удельная ценность выработанного пространства ряда карьеров при размещении в них промышленных отходов различного класса опасности

Так, при использовании выработанного пространства карьера в качестве емкости для размещения промышленных отходов в качестве рекультиванта при определенных условиях его удельная ценность может быть выше стоимости самого полезного ископаемого. Это позволяет говорить о том, что техногенные георесурсы действительно являются дополнительной новой продукцией горнодобывающего предприятия, расширяющие ее номенклатуру.

2.2.3 Способы формирования и повышения ценности техногенных георесурсов

На основе выделенных категорий пород обоснованы способы формирования отвалов в виде техногенных георесурсов [68]:

1. Формирование отвалов из пород 1-й категории в виде техногенного георесурса производится селективным складированием пород, фракционированием их по крупности и по составу. Складирование осуществляется на специально подготовленных площадях с возможностью отгрузки пород для последующей переработки или непосредственно потребителю. На рисунке 2.9 приведены схемы селективного отвалообразования.

Такое строение отвала при необходимости обеспечивает извлечение любого типа пород в любой определенный момент времени, а также создает условия для производства отвальных работ с гарантированной устойчивостью откосов при значительных колебаниях показателей прочности пород [31].

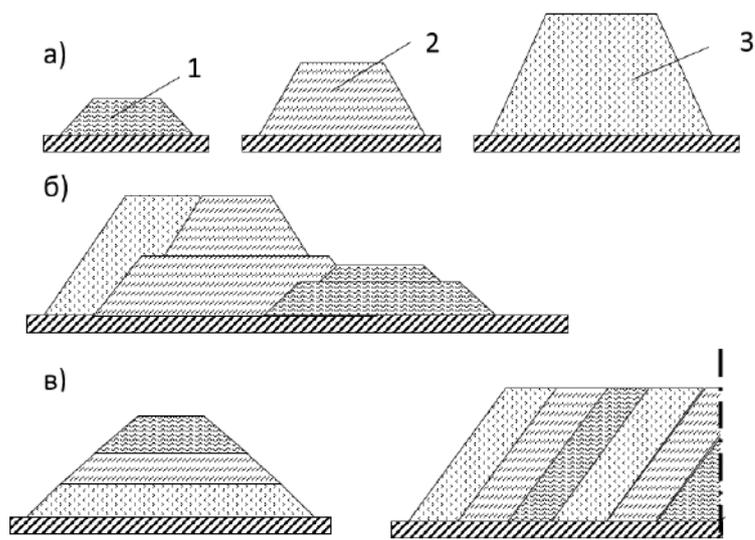


Рисунок 2.9 – Схема раздельного отвалообразования пород:

а – в отдельные отвалы; б – отдельными блоками; в – горизонтальными и наклонными слоями; 1, 2, 3 – соответственно глинистые, полускальные и скальные породы

Совместное складирование песчано-глинистых, полускальных и скальных пород при определенных условиях позволяет получить высоту отвала, равную высоте отвала прочных скальных пород. Схема «а» предпочтительна для складирования пород на малоценных землях. Схемы «б» и «в» будут эффективны с точки зрения рационального использования земель, так как раздельное складирование пород с различными физико-техническими свойствами в один отвал требует значительно меньших площадей, чем при размещении этих пород в отдельные отвалы.

2. Формирование отвалов из пород 2-й категории в виде техногенного георесурса производится с консервированием пород и их складированием на площадях, изолированных от поверхности земли с уклоном, позволяющим собирать и нейтрализовать или перерабатывать кислые стоки (рисунок 2.10).

При отсыпке отвалов из некондиционных руд или токсичных пород в их основании предлагается формировать экран из укатанного глинистого грунта с таким расчетом, чтобы объем фильтрующейся через экран жидкой фазы был в 2-3 раза меньше объема стоков по его поверхности.

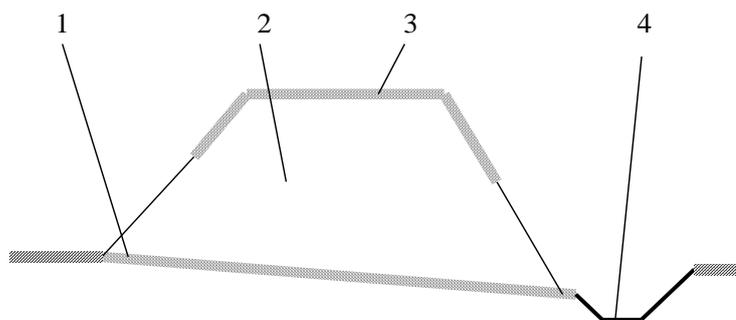


Рисунок 2.10 – Схема консервации отвала:

- 1 – экран из укатанного глинистого грунта; 2 – отвал токсичных пород или некондиционных руд; 3 – экран из глинистого грунта (0,1-0,2 м);
4 – прудок-нейтрализатор для загрязненной воды

Для предотвращения растворения и выщелачивания минералов, содержащих токсичные элементы, отсыпку отвалов желательно осуществлять одним ярусом. Для уменьшения количества атмосферных осадков, инфильтрующихся в тело отвала, по мере продвижения фронта его отсыпки на верхнюю площадку следует накатывать экран из глинистого грунта. Аналогичный экран целесообразно отсыпать и укатывать по верхней части откосов (4-5 м) погашенной части отвала. Эти мероприятия в комплексе с нагорными водоотливными канавами обеспечат перехват и отвод в прудки-нейтрализаторы загрязненной воды и защиту от окисления и выщелачивания заскладированных отходов, что позволит в последующем их более эффективно перерабатывать [68].

При складировании пород 2-й категории возможно создание условий полезного взаимодействия исходных компонентов, что позволяет улучшить свойства пород или создать новые виды минерального сырья с минимальными дополнительными затратами. Такой способ эффективен, например, при складировании некондиционных карбонатосодержащих (сидеритовых руд) и известняков, керамзитовых глин, а также железосодержащих руд, легко поддающихся разложению под влиянием внешней среды [56].

3. Формирование отвала из пород 3-й категории как техногенного георесурса производится в виде инженерного сооружения. Следует учитывать

местонахождение горного предприятия по отношению к населенным пунктам, промышленным предприятиям, так как отвал может быть сформирован как место для отдыха (парк, лес, ипподром, горнолыжная трасса), строительная площадка или емкость.

Ресурсосберегающий способ складирования пород отвалов определяется в зависимости от категории складываемых пород в соответствии с предложенным алгоритмом (рисунок 2.11) [72].

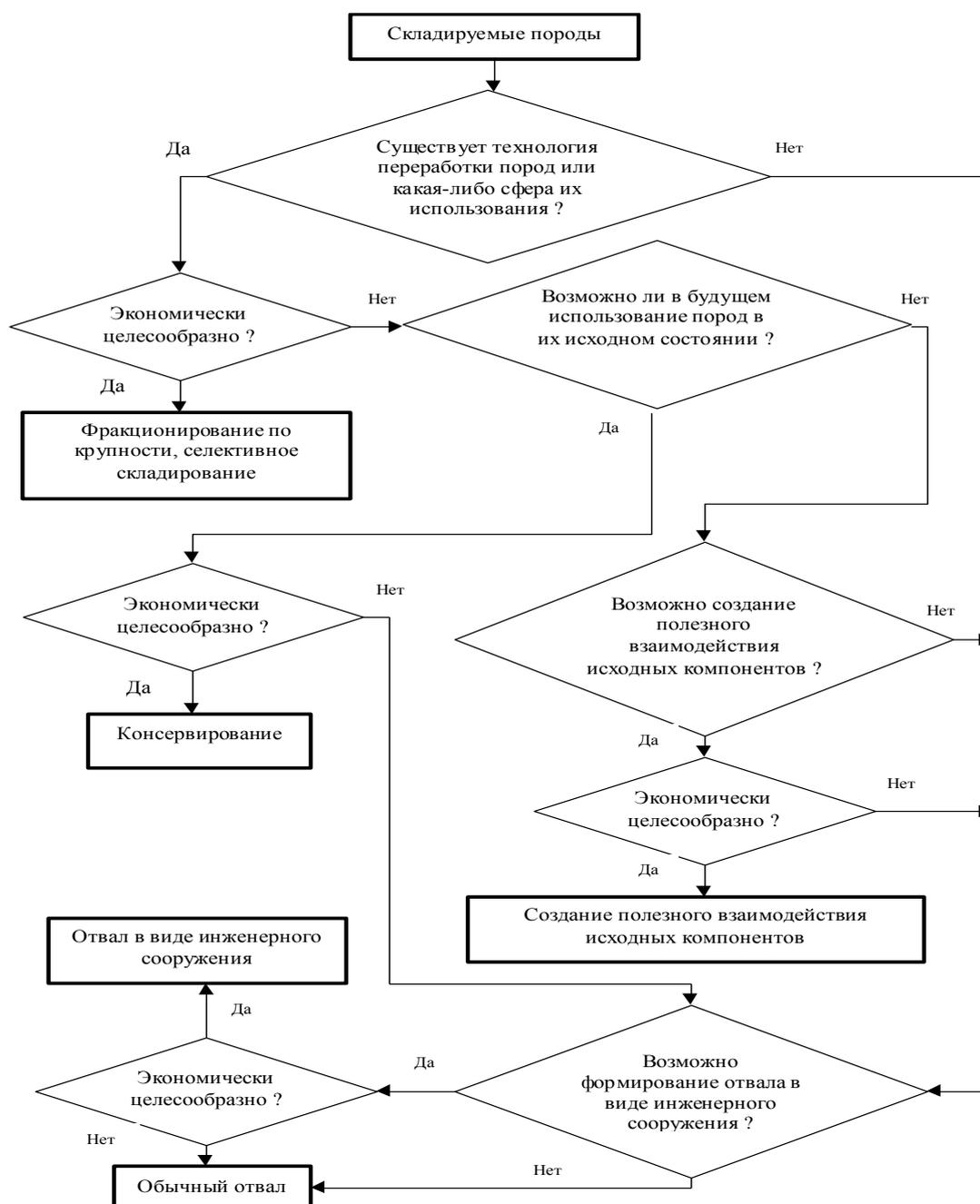


Рисунок 2.11 – Алгоритм выбора ресурсосберегающего способа складирования пород отвалов [68]

В работе обоснованы способы формирования карьерного пространства в виде нового техногенного георесурса, используемого для внутреннего отвалообразования:

1. Интенсивная обработка части карьерного поля и использование выработанного пространства с целью засыпки вскрышей другой части карьерного поля при разработке месторождения, имеющего вытянутую форму в плане [156].

2. Придание дну карьера выпукло-вогнутого профиля взрывом части на выброс для увеличения предельной высоты отвального яруса [93].

Широкое распространение на открытых разработках получил способ увеличения высоты отвального яруса рыхлых пород путем создания в его основании призмы упора из скальных пород. Создание призмы упора осуществляется взрывным способом, сущность которого заключается в следующем (рисунок 2.12).

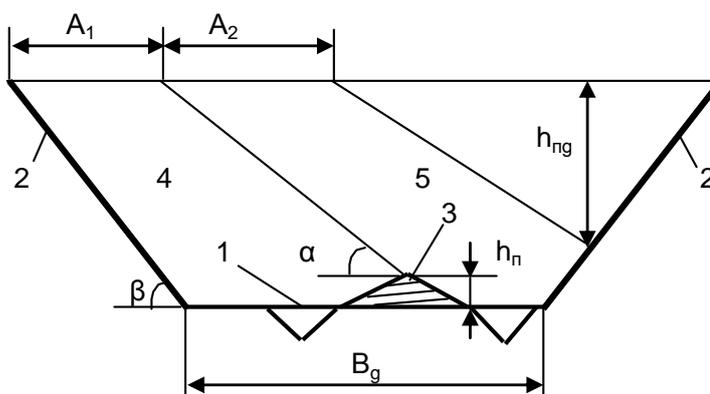


Рисунок 2.12 – Схема отвалообразования с созданием призмы упора буровзрывным способом

После прекращения горных работ в карьере на его дне обуриваются полосы 1 вдоль длинных бортов 2. После этого осуществляют зарядание и направленное взрывание с использованием энергии взрыва для перемещения и укладки взорванных пород в центральной части карьера. В результате создается призма упора 3, поперечное сечение которого представлено равнобедренным треугольником. После чего производят доставку пород железнодорожным транспортом и укладку их в отвал экскаватором. Отсыпку пород осуществляют

заходками 4, 5. Устойчивость первой заходки обеспечивается за счет призмы упора, а второй упором в борт карьера. Высота создаваемой призмы упора $h_{п}$, параметры карьера и отвального яруса находятся во взаимосвязи, которая выражается следующей зависимостью [93]:

$$B_g = A_1 + h_{ng} (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta) - A_2 - 2h_n \operatorname{ctg} \beta, \quad (2.3)$$

где B_g – ширина дна карьера, м;

h_{ng} – предельная высота надпризменной части откоса, м;

α и β – соответственно угол откоса отвала и бортов карьера, град;

A_1 и A_2 соответственно ширина первой и второй отвальной заходки, м.

Повысить эффективность засыпки глубоких карьеров позволяет технология отвалообразования, сущность которой заключается в следующем (рисунок 2.13). Перед отсыпкой вскрышных пород, применяя направленный взрыв, дну карьера придают выпукло-выгнутый профиль и создают вдоль борта 7 выемку 8, а вдоль борта 2 насыпь 1.

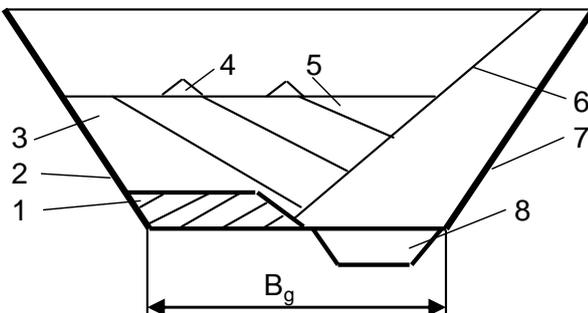


Рисунок 2.13 – Схема отвалообразования с формированием выпукло-вогнутого профиля дна карьера

После этого доставляют вскрышные породы железнодорожным транспортом и драглайном, который располагают на борту 7, осуществляют частичную засыпку карьера на всю его глубину и полную засыпку выемки. Последнюю засыпку оставшейся части карьера осуществляют от борта 2 ярусами 3 снизу вверх. Отсыпку породы в ярусах осуществляют в ярусах с переменной высотой гребней. Первые заходки яруса формируют с максимальным использованием рабочих параметров драглайна в плане и

отсыпкой гребней 4 максимально возможной высоты на их верхних площадках, а после упора заходки в откос пород 6, отсыпанных при частичной засыпке карьера, заходки 5 формируют с уменьшающейся высотой гребней.

Формирование выемки в дне карьера позволяет увеличить объем пород, укладываемых с дневной поверхности, а формирование насыпи – снизить объем транспортирования пород в нижний ярус [93].

3. Формирование заездов и предохранительных валов на широких площадках бортов карьера, позволяющее исключить просыпание отвальных пород на рабочие горизонты и с минимальными транспортными затратами разместить вскрышу на борту карьера.

В работе решена задача по определению высоты предохранительного вала. Предохранительный вал организуется с целью предотвращения просыпей отвальных пород на нижележащие рабочие горизонты при формировании отвалов на верхних горизонтах карьера.

Высота предохранительного вала h , м, определяется по формуле

$$h = \frac{h_1 - \mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot h_1}{1 + \mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha}, \quad (2.4)$$

где h_1 – высота внутреннего отвала, м;

μ – коэффициент трения между поверхностью откоса отвала и отвальными породами;

α – угол откоса внутреннего отвала, град.

Значения высоты предохранительного вала h для различных высот и углов откоса внутреннего отвала из скальной вскрыши представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Значения высоты предохранительного вала h

Высота отвала h_1	$\alpha = 34^\circ$	$\alpha = 36^\circ$	$\alpha = 38^\circ$
10	1	1,4	1,8
20	2	2,8	3,5
30	3	4,3	5,3
40	4	5,5	7
50	5	7	8,8
60	6	8,3	10,5

Выбор способа формирования техногенных георесурсов целесообразно осуществлять с учетом экономически выгодного направления их дальнейшего использования. Например, использование выработанного пространства карьера для складирования отходов возможно как в действующем карьере, так и в отработанном. Выработанное пространство действующего карьера, как правило, используется для складирования собственных отходов – вскрышных пород. Полностью отработанный карьер также обосновано использовать для складирования вскрышных пород рядом расположенного действующего карьера. Однако выработанное пространство карьеров также предложено использовать и в качестве емкости для складирования промышленных отходов других предприятий (например, металлургического комбината) и в качестве строительного полигона. Для снижения ресурсоемкости освоения месторождения открытым способом и получения максимальной прибыли необходимо на стадии проектирования или доработки карьера определять экономическую целесообразность использования его как техногенного георесурса, в каком-либо из указанных направлений.

Выбор рационального направления использования техногенных георесурсов и способов их формирования необходимо осуществлять на основе максимальной ценности получаемых георесурсов. В работе, для определения экономической целесообразности использования карьерного пространства в качестве емкости для складирования промышленных отходов 4-го класса опасности разработаны номограммы (рисунки 2.14, 2.15). Номограммы построены для различных объемов складирования отходов и расстояний их транспортирования с использованием автомобильного транспорта. По номограмме на рисунке 2.14 возможно определение стоимости складирования отходов на поверхности земли C , стоимости складирования в выработанном пространстве карьера C_1 , а также определение ценности выработанного пространства карьера Π за период складирования отходов 10 лет (в ценах 2004 г.). По номограмме на рисунке 2.15 возможно определение ценности выработанного пространства за период складирования отходов 5 лет (в ценах 2004 г.) [68].

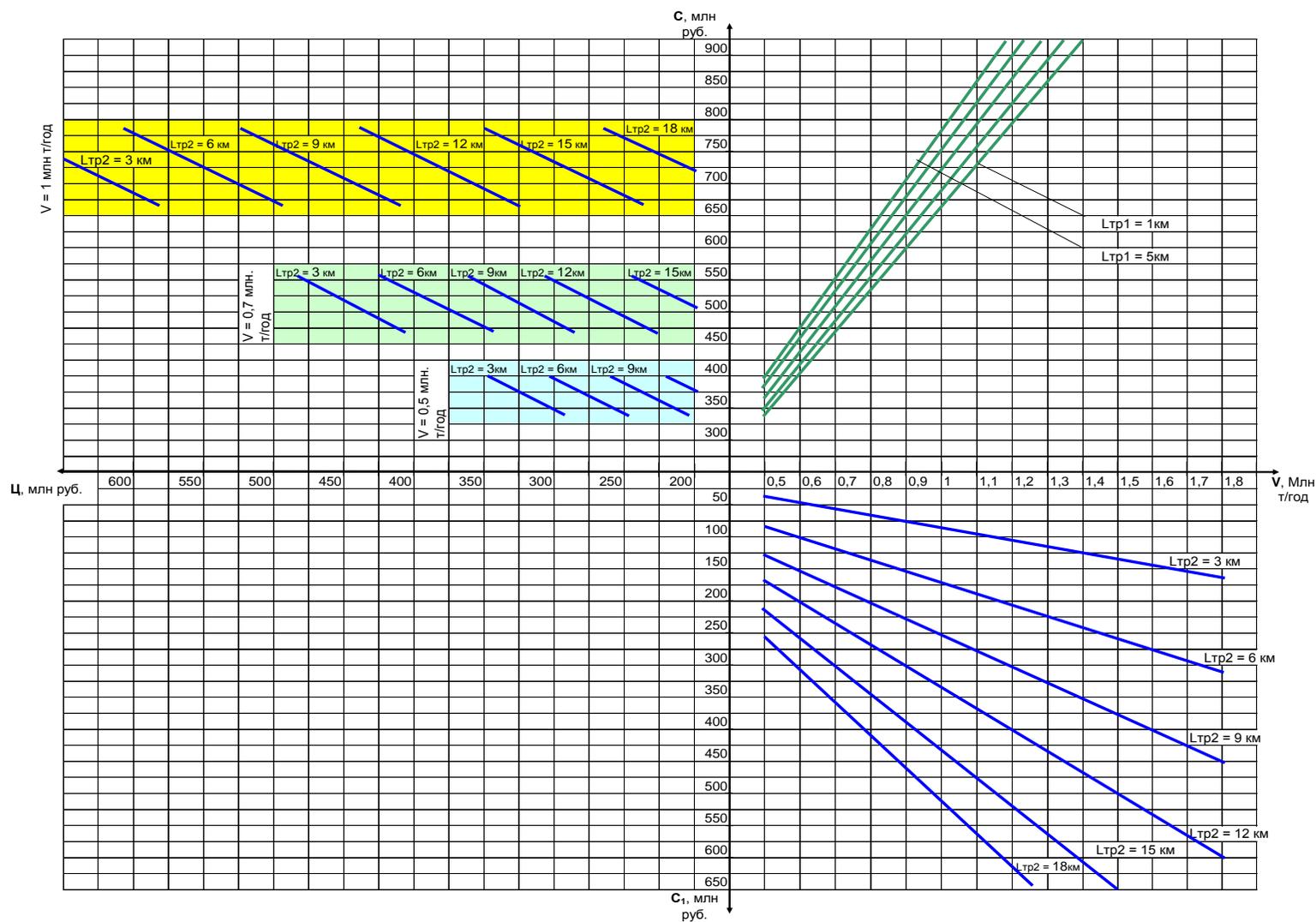


Рисунок 2.14 – Номограмма для определения экономической целесообразности использования карьерного пространства в качестве емкости для складирования промышленных отходов 4-го класса опасности (период складирования отходов 10 лет) [68]

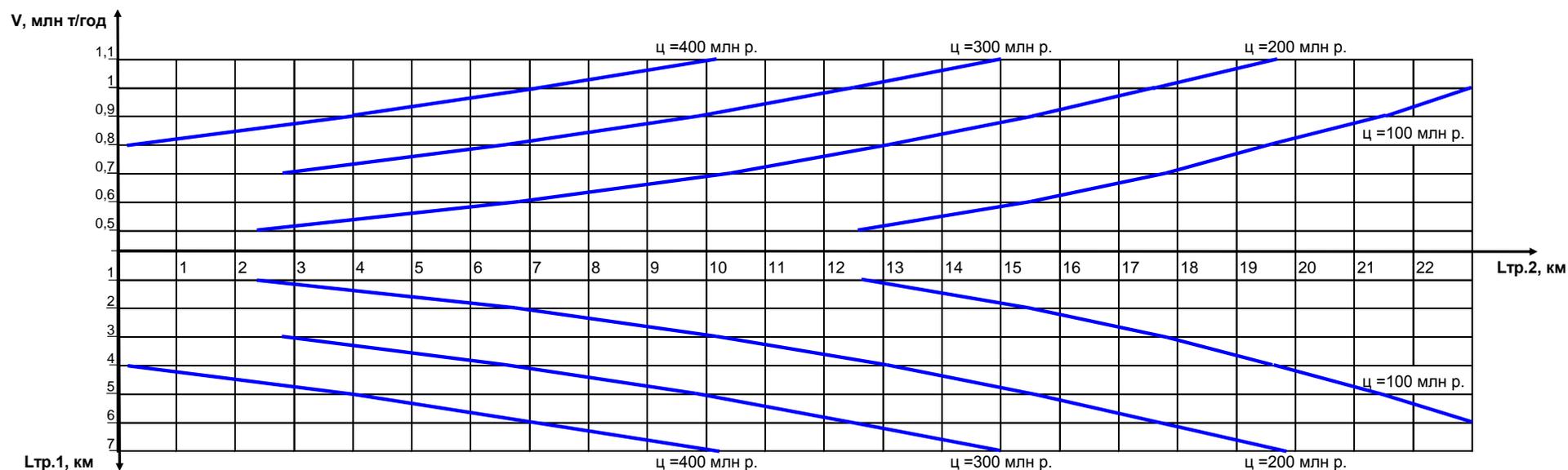


Рисунок 2.15 – Номограмма для определения экономической целесообразности использования карьерного пространства в качестве емкости для складирования промышленных отходов 4-го класса опасности (период складирования отходов 5 лет) [68]:

V – масса складироваемых отходов, млн т/год; $L_{тр.1}$ – расстояние транспортирования отходов от места их образования до места складирования на поверхности земли, км; $L_{тр.2}$ – расстояние транспортирования отходов от места их образования до места складирования в выработанном карьерном пространстве, км; $Ц$ – ценность выработанного пространства карьера, млн руб.

2.2.4 Перспектива освоения участка недр и инфраструктуры предприятия

На основе экономико-математической модели определения ценности техногенных георесурсов в работе выделяется три группы участков недр (рисунок 2.16).



Рисунок 2.16 – Группы участков недр по расположению относительно промышленных районов с развитой инфраструктурой

Средняя расчетная удельная ценность техногенных георесурсов представлена на графике рисунка 2.17.

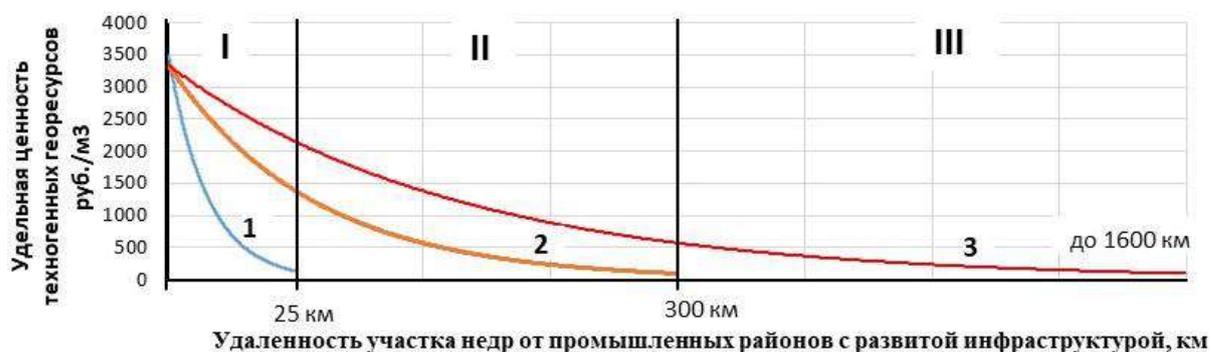


Рисунок 2.17 – Удельная ценность техногенных георесурсов:

1 – выработанные пространства карьеров; 2 – сооружения в виде насыпей из вскрышных пород; 3 минеральное сырье на основе вскрышных пород

Разделение участков недр по группам произведено в зависимости от возможности реализации тех или иных видов техногенных георесурсов:

I. Участки недр, расположенные непосредственно в промышленных районах с развитой инфраструктурой в радиусе до 25-30 км. Для участков недр первой группы возможна реализация практически всех видов обозначенных ранее техногенных георесурсов.

II. Близкорасположенные участки недр, которые находятся в непосредственной близости от промышленных районов с развитой инфраструктурой в радиусе до 300-500 км. Для участков недр второй группы возможна реализация сооружений в виде насыпей из вскрышных пород и минерального сырья на основе вскрышных пород.

III. Удаленные участки недр, которые находятся на значительном расстоянии от промышленных районов с развитой инфраструктурой более 300-500 км. Для третьей группы возможна реализация техногенных георесурсов только в виде минерального сырья при наличии благоприятных условий для его транспортировки.

Таким образом, предприятия, расположенные в непосредственной близости от промышленных районов с развитой инфраструктурой, имеют значительную перспективу расширения номенклатуры товарной продукции. Номенклатура продукции, объем выпуска и ее ценность, а также эффективность производства в результате будет зависеть от значений применяемых параметров горнотехнической системы на этапе проектирования и на этапе эксплуатации месторождения в ходе преобразования участка недр и изменяющихся внешних влияющих факторов.

Расширение рынка услуг открытой геотехнологии зависит от готовности горных производств развивать инфраструктуру самого предприятия. Под инфраструктурой предприятия понимаются подразделения по обслуживанию основного производства, а также социальному обслуживанию коллектива. Производственная инфраструктура имеет целью обеспечение бесперебойного и эффективного функционирования производственного процесса. Работы по обслуживанию основного производства выполняются вспомогательными подразделениями и обслуживающими хозяйствами: инструментальным, ремонтным, транспортным, энергетическим, складским, службами материально-

технического снабжения и сбыта продукции. Совершенствование производственной инфраструктуры является одним из факторов улучшения деятельности предприятия [51].

Совершенствование инфраструктуры предприятия с нацеливанием ее на выполнение основных и вспомогательных технологических процессов как для собственного производства, так и для сторонних организаций должно осуществляться по двум направлениям: 1) совершенствование организации производства; 2) техническое перевооружение и адаптация параметров горнотехнической системы.

В части организации производства необходимо развитие организационной структуры предприятия с нацеливанием на ее использование вне самого предприятия. В связи с данной целью ключевые изменения в организационной структуре предприятия должны быть направлены на повышение заинтересованности персонала в разработке мероприятий, направленных на повышение прибыли предприятия на внешнем и внутреннем рынках. Одним из основных мероприятий совершенствования организационной структуры является формирование инициативных групп и организация их деятельности. Установлено, что с позиции отбора персонала главным фактором, оказывающим наибольшее влияние на эффективность деятельности по улучшению производственных процессов, является соотношение количества операционных работников и ИТР в инновационных группах. Наибольшей динамикой результативности инновационной деятельности обладают те цеха и участки, у которых значительную долю в структуре инициативных групп составляет операционный персонал. Этот факт позволяет сделать вывод: в связи с тем, что инновационные решения зачастую направлены на улучшения рабочих мест и в результате их реализации в большей степени меняется деятельность операционного персонала, то значительную долю инновационных групп должен составлять именно операционный персонал [142, 168].

Таким образом, совершенствование организационной структуры предприятия на основе обеспечения заинтересованности персонала в повышении качества и количества оказываемых услуг для собственного производства и

внешних клиентов позволяет сформировать у персонала интерес в непрерывном поиске и освоении резервов повышения качества производственных процессов.

Таким образом, горнодобывающие предприятия, кроме основной деятельности, могут предоставлять на рынке различные услуги. К ним можно отнести выполнение технологических процессов, таких как буровзрывные работы, экскавация и транспортировка, кроме того, проектирование, разведка месторождений, геолого-маркшейдерское обеспечение, ремонт (рисунок 2.18), а также строительство различного назначения горнотехнических сооружений, в том числе и емкостей, используемых в виде полигонов для размещения промышленных отходов [34, 72, 170]. Такой подход позволит в целом снизить себестоимость добычи, увеличить комплексность освоения участка недр и повысить жизнеспособность горнодобывающих предприятий.



Рисунок 2.18 – Виды услуг для сторонних предприятий

2.2.5 Номенклатура продукции горнодобывающего предприятия

В работе предложено номенклатуру продукции горнодобывающего предприятия представлять в виде трех групп. К продукции 1-й группы следует относить минеральное сырье на базе основного ПИ; ко 2-й группе – техногенные георесурсы, к которым следует относить техногенные месторождения, а также сооружения в виде специальных насыпей из вскрышных и вмещающих пород и выработанные пространства карьеров, используемые в качестве емкости или как строительные полигоны; к 3-й группе – услуги в виде выполнения основных и вспомогательных технологических процессов, к которым следует относить разведку, проектирование, буровзрывные работы, экскавацию, транспортирование, геолого-маркшейдерское обеспечение, ремонт, а также строительство различного назначения горнотехнических сооружений, в том числе используемых в виде емкостей и строительных полигонов (рисунок 2.19).

При выпуске основной продукции - минеральное сырье (продукция 1-й группы) и увеличении глубины его переработки возможно значительное увеличение доходности предприятия. Однако при этом появляется высокая зависимость устойчивости бизнеса от спроса на выпускаемую продукцию. Предложение на рынке различных услуг (продукция 3-й группы) позволит усилить позиции предприятия в отрасли, получать доход из различных, не связанных между собой источников. Недостатком такого вида деятельности может стать плохая управляемость различных, не связанных друг с другом направлений. При формировании и освоении техногенных георесурсов (продукция 2-й группы) горнодобывающее предприятие получает высокое конкурентное преимущество в выпуске специфической продукции, характерной только для горного производства [133].

При этом повышается комплексность освоения участка недр земли, увеличивается срок деятельности горнодобывающего предприятия, что важно для социально-экономического положения монопоселений, увеличение доходности. Преимущества и недостатки расширения производственной деятельности горнодобывающих предприятий в зависимости от выбранного направления и выпускаемого вида продукции представлены в таблице 2.3.

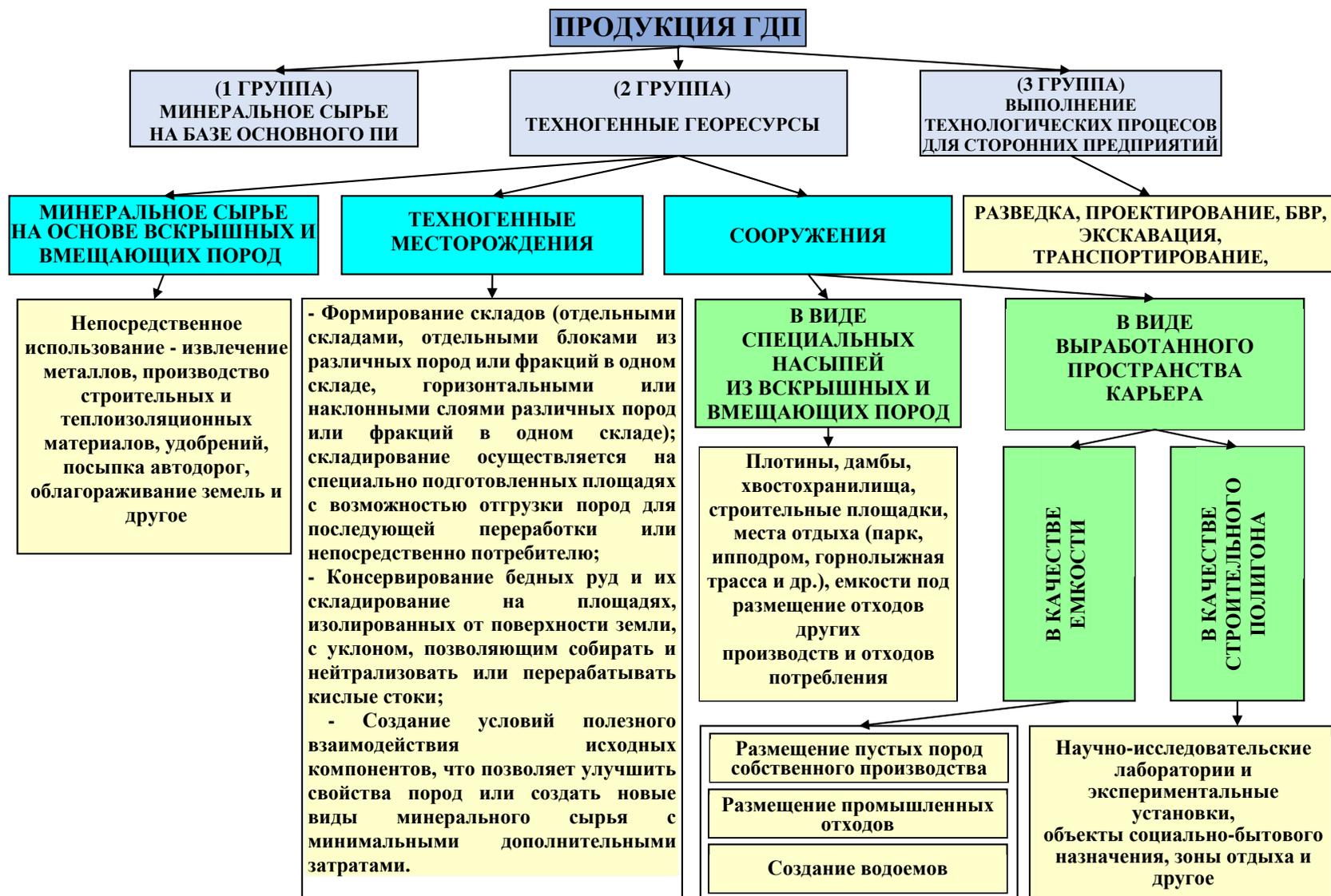


Рисунок 2.19 – Продукция горнодобывающего предприятия в результате расширения его производственной деятельности

Таблица 2.3 – Преимущества и недостатки расширения деятельности ГДП в зависимости от выбранного направления и выпускаемого вида продукции

Вид продукции	Направления расширения производственной деятельности	Преимущества	Недостатки
Минеральное сырье на основе основного полезного ископаемого (Продукт А)	<ul style="list-style-type: none"> - Вовлечение в разработку новых запасов - Увеличение производственной мощности - Повышение качества добываемого ПИ - Развитие производства по технологической цепочке выпуска конечной продукции с расширением ее ассортимента на основе добываемого полезного ископаемого (увеличение глубины переработки сырья) 	Географическое расширение рынка сбыта выпускаемой продукции; значительное увеличение доходности предприятия (на 150-300%)	Высокая конкуренция в отраслях и рынках, не связанных с основным производством; высокая зависимость устойчивости бизнеса от спроса на выпускаемую продукцию
Техногенные георесурсы (Продукт Б)	<p>Формирование и освоение техногенных георесурсов в виде:</p> <ul style="list-style-type: none"> - минерального сырья на основе вскрышных и вмещающих пород; - техногенных месторождений; - сооружений из вскрышных и вмещающих пород; - сооружений в качестве емкости и строительного полигона в выработанном пространстве карьера 	Высокое конкурентное преимущество в выпуске специфической продукции горного производства; повышение комплексности освоения участка недр земли, увеличение периода деятельности горного предприятия; высокая социально-экономическая значимость для монопрофильных муниципальных образований; увеличение доходности предприятия на 50-100%	Ограниченный рынок реализации, часто из-за удаленности горных производств от населенных пунктов и других промышленных предприятий; получение экономической выгоды через десятки лет
Выполнение технологических процессов (Продукт В)	Предложение на рынке услуг по выполнению процессов, операций, деятельности, характерных для основного производства (географическое расширение рынка деятельности)	Усиление позиций предприятия в отрасли; получение дохода из различных, не связанных между собой источников; увеличение доходности до 20-40%	Плохая управляемость различных, не связанных друг с другом направлений бизнеса; риск снижения общей прибыли предприятия из-за убыточных направлений бизнеса

Выбор реализации направления организации услуг по выполнению производственных процессов сторонним предприятиям следует осуществлять в соответствии с разработанным алгоритмом (рисунок 2.20).

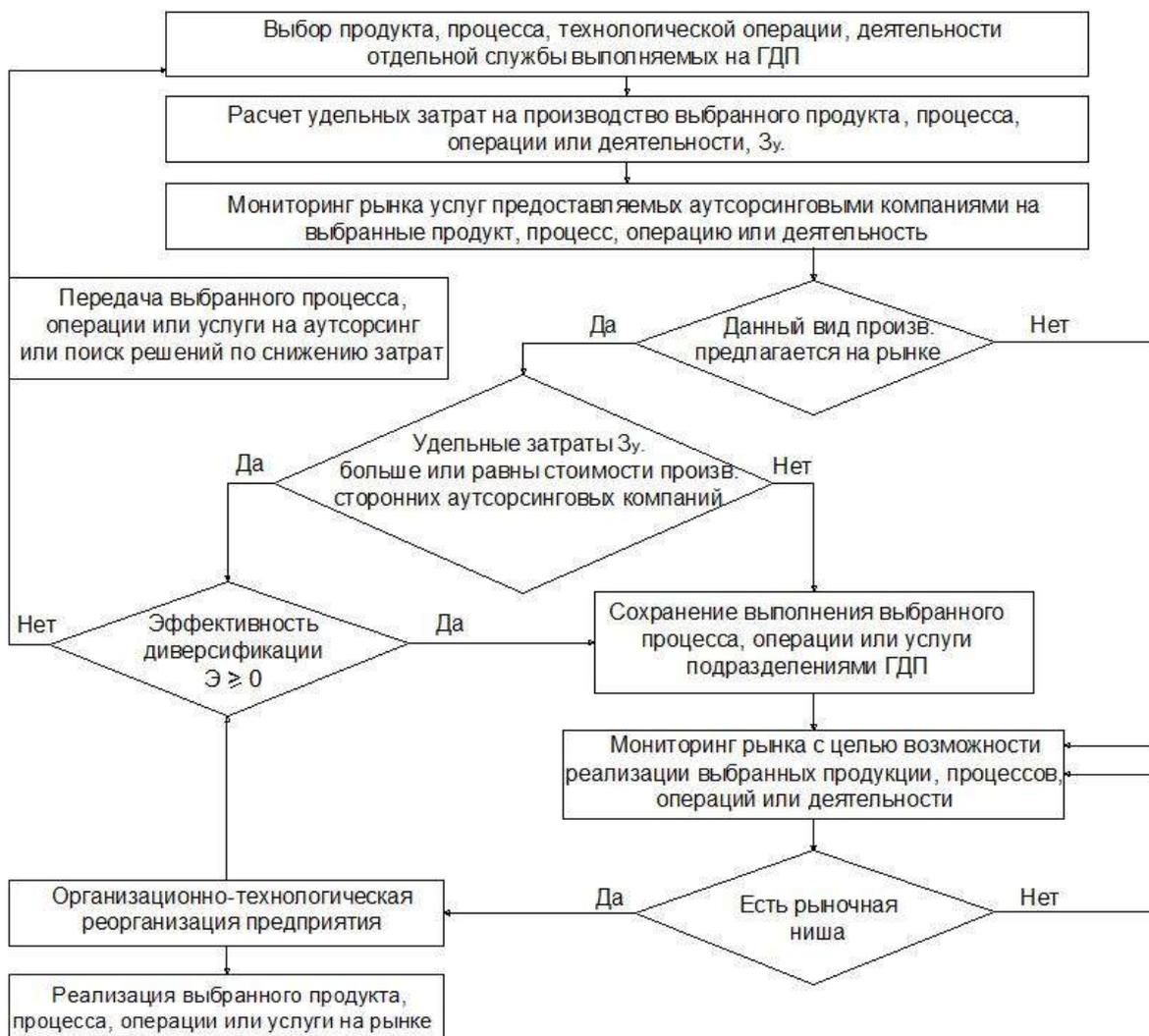


Рисунок 2.20 – Блок-схема алгоритма определения развития направления организации услуг сторонним предприятиям [36]

При организации деятельности по выполнению услуг сторонним предприятиям, кроме организационных преобразований, необходимы технологические, которые связаны с применяемым оборудованием и параметрами горнотехнической системы. В частности, возможность использования горнотранспортного оборудования для выполнения услуг будет зависеть от его линейных параметров и единичной производственной мощности. Динамика изменения глубины карьеров и параметров применяемого оборудования представлена на рисунке 2.21.

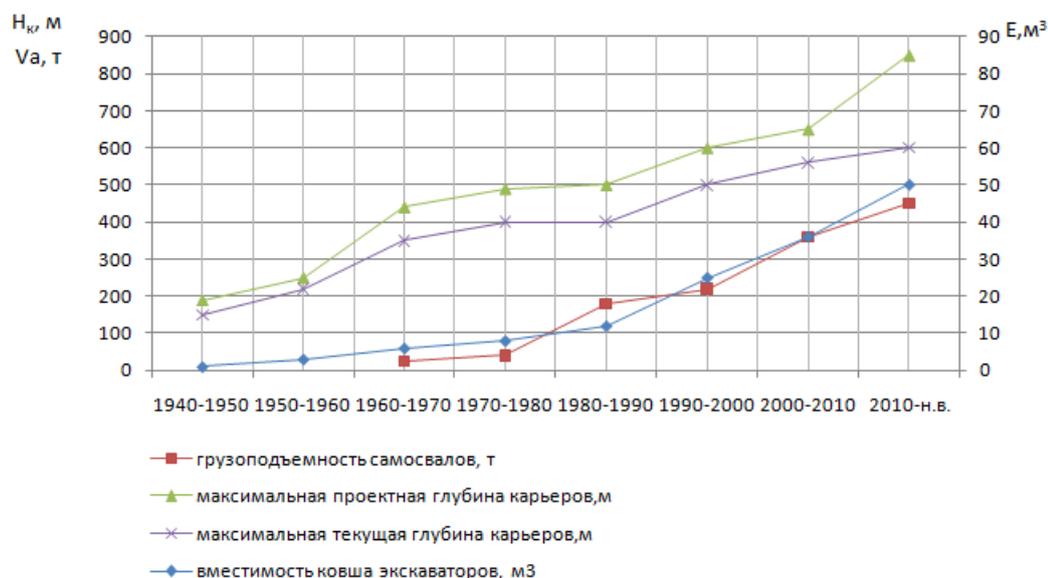


Рисунок 2.21 – Динамика изменения глубины карьеров и параметров применяемого оборудования:

V_a – грузоподъемность автосамосвала, т; E – вместимость ковша экскаватора, м³;
 H_k – глубина карьеров проектная, м [24]

Из графика на рисунке 2.21 очевидно видна тенденция увеличения линейных параметров и единичной производственной мощности применяемого на карьерах горнотранспортного оборудования. Техническое перевооружение с увеличением единичной мощности карьерного оборудования в настоящее время производится чаще всего по всем технологическим процессам. Так, для экскаваторов с большей вместимостью ковша требуются автосамосвалы большей грузоподъемности. Такая тенденция в основном связана с нацеливанием производств на увеличение производственной мощности.

Однако следует отметить, что выбор оборудования также во многом зависит от ценности разрабатываемого полезного ископаемого, от требуемого качества добываемого сырья, а также от способа организации деятельности. Так, в ряде случаев для добычной рабочей зоны наиболее целесообразно применение маломощного оборудования. Таким образом, с целью обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в динамике рынка, которая влияет на объемы добычи, требуемое качество и возможность расширения номенклатуры продукции, включая организацию услуг сторонним предприятиям, необходимо обоснование условий применения маломощной

выемочно-погрузочной техники и методики выбора параметров горнотехнической системы для их эффективного применения.

2.3 Разработка научно-методического подхода к формированию технических возможностей обеспечения устойчивого функционирования горнотехнической системы в условиях истощения запасов и падения рынка

В рамках предлагаемого подхода определения структуры и значений параметров горнотехнической системы открытых горных работ предусмотрена поэтапная переоценка параметров и состояний горнотехнической системы: начального и планируемого на определенный момент времени. Безубыточные переходы между этапами развития горнотехнической системы обеспечивают устойчивое состояние предприятия, которое не ограничивается только отработкой балансовых запасов. Начальное состояние на каждом этапе освоения месторождения или его участка характеризуется количественно-качественными показателями всех доступных для использования человеком в обозримой перспективе имеющихся георесурсов на этом участке с учетом его географического положения. Заключительное состояние этапа оценивается количественным интегральным показателем горных возможностей, учитывающим получение экономического эффекта от развития параметров и показателей горнотехнической системы.

Целевая функция предлагаемой концепции устойчивого функционирования горнотехнической системы с учетом влияния внешних и внутренних факторов имеет вид:

$$J^t = f(J^H; V_{\text{пи}}; V_{\text{зп}}; \Delta Q_{\text{пи}}; \Delta V_{\text{кач}}; V_{\text{ас}}; V_{\text{тг}}; V_{\text{у}}; Z_{\text{пи}}; Z_{\text{орг}}; Z_{\text{об}}) \rightarrow \max, \quad (2.5)$$

где J^H , J^t – соответственно доход, полученный при комплексном освоении участка недр на начальном и планируемом на определенный момент времени состояниях рассматриваемого этапа, руб.; $V_{\text{пи}}$ – объем балансовых запасов месторождения, м³; $V_{\text{зп}}$ – объем дополнительно вовлекаемых в разработку запасов, м³; $\Delta Q_{\text{пи}}$ – объем увеличения производительности по основному добываемому полезному ископаемому, м³; $\Delta V_{\text{кач}}$ – дополнительный объем

продукции с повышенными качественными показателями и ценностью, m^3 ; V_{Ac} – объем продукции из расширенного ассортимента, образуемого на основе добываемого и попутно вовлекаемого в разработку минерального сырья, m^3 ; V_{Tr} – объем продукции в виде техногенных георесурсов, m^3 ; V_y – объем услуг для сторонних предприятий, m^3 , $Z_{пн}$, $Z_{орг}$, $Z_{об}$ – соответственно затраты на добычу полезных ископаемых, способ организации и обеспечение различных дополнительных видов деятельности по развитию производительности и качеству товарной продукции, расширению ее номенклатуры, а также на выполнение услуг сторонним предприятиям, руб.

С целью обеспечения устойчивости функционирования горнотехнической системы предложена модель выбора и обоснования ее параметров, учитывающая расширение сферы деятельности горнодобывающего предприятия, его производственных функций и номенклатуры товарной продукции при условии соблюдения всех требований промышленной безопасности.

Разработка модели оптимизации деятельности горнодобывающего предприятия и параметров горнотехнической системы на основе представленных направлений деятельности и номенклатуры продукции является актуальной задачей.

Отдельный технологический процесс, выполняемый горным предприятием, или комплекс работ при расширении направлений производственной деятельности, а также передача отдельных видов работ подрядным организациям или выполнение технологических процессов сторонним предприятиям могут приносить доход или снижать убытки предприятия в зависимости от множества влияющих факторов.

Для принятия решения о необходимости изменения параметров горнотехнической системы и вложении средств в расширение направлений производственной деятельности собственнику горнодобывающего предприятия достаточно рассмотреть лишь так называемое эффективное множество возможных комбинаций видов деятельности и способов их осуществления, от которых зависят значения параметров системы, и выбрать оптимальный вариант.

При расширении комплекса направлений производственной деятельности невысокие доходы по одним видам деятельности перекрываются высокими доходами по другим. При этом каждое отдельное направление предприятия или вид услуг может отличаться не только доходностью, но и среднеквадратичным отклонением от требуемого уровня доходности. Уменьшение среднеквадратичного отклонения достигается за счет включения в общий комплекс деятельности горнодобывающего предприятия большего количества направлений, не связанных между собой, что снижает вероятность одновременного снижения их деловой активности.

В основу предложенной модели заложено достижение оптимального сочетания значений основных показателей горнотехнической системы: объема вовлекаемых в разработку запасов, производительности карьера, качества добываемого сырья и номенклатуры товарной продукции. В условиях влияния внешних и внутренних факторов развитие данных показателей предусматривает производство дополнительных видов деятельности предприятия и, соответственно, изменение параметров горнотехнической системы.

Доходность отдельно взятого дополнительного вида деятельности горнодобывающего предприятия по развитию основных показателей горнотехнической системы следует определять по формуле

$$J = \frac{(B_i - Z_i)}{Z_i}; \quad (2.6)$$

где B_i – выручка от одного дополнительного вида деятельности предприятия по развитию основных показателей горнотехнической системы, руб.; Z_i – затраты на производство отдельного вида деятельности предприятия по развитию основных показателей горнотехнической системы, руб.; i – отдельное направление или вид дополнительной деятельности горнодобывающего предприятия по развитию основных показателей горнотехнической системы.

В работе предусматривается возможность создания на базе горнодобывающего предприятия комплекса направлений из n числа разных видов деятельности, где уравнение доходности при определенном сочетании

параметров горнотехнической системы, обеспечивающих выпуск различных видов продукции и услуг, записывается в виде

$$J_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(B_i - Z_{in})}{Z_{in}}}{n} = \frac{(J_1 \cdot x_1 + J_2 \cdot x_2 + \dots + J_i \cdot x_i)}{n}; \quad (2.7)$$

где J_{cp} – среднеожидаемая доходность комплекса направлений деятельности горнодобывающего предприятия при определенном сочетании параметров горнотехнической системы, обеспечивающих развитие ее основных показателей; x_i – количество дополнительных видов деятельности i -го вида по развитию основных показателей горнотехнической системы; J_i – ожидаемая доходность дополнительного вида деятельности i -го вида по развитию основных показателей горнотехнической системы; n – количество отдельных видов деятельности, приносящих доход в общем комплексе деятельности горнодобывающего предприятия ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

Таким образом, общая доходность рассматриваемого комплекса различных направлений деятельности горнодобывающего предприятия представляет собой взвешенную сумму доходностей каждого отдельно организованного вида деятельности, которая достигается при определенном сочетании значений параметров и показателей горнотехнической системы:

$$J_{\text{cp}} = \sum_{i=1}^n s_i \cdot J_i \quad (2.8)$$

где s_i – доля i -го вида деятельности в общем комплексе горнодобывающего предприятия; J_i – доходность i -го вида деятельности предприятия.

С целью определения параметров горнотехнической системы, обеспечивающих ее устойчивое функционирование, в работе предусматривается определение стандартного отклонения, которое характеризует величину и вероятность отклонения доходности отдельного вида деятельности от ее средней величины за определенный период. Ожидаемый экономический риск скомбинированного определенным образом комплекса деятельности

горнодобывающего предприятия зависит от сочетания стандартных отклонений (дисперсий) отдельных видов деятельности, входящих в его состав.

Среднеквадратичное отклонение по каждому варианту рассматриваемого комплекса деятельности с соответствующим сочетанием значений параметров горнотехнической системы, отражающее совокупное изменение доходности предприятия, следует рассчитывать по следующей формуле:

$$R_p = \sqrt{s_i \cdot s_j \cdot V_{ij}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n s_i^2 \cdot R_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n s_i \cdot s_j \cdot k_{ij} \cdot R_i \cdot R_j}, \quad (2.9)$$

где R_i – стандартное отклонение доходностей i -го вида деятельности; k_{ij} – коэффициент корреляции между i -м и j -м видами деятельности; s_j – доля j -го вида деятельности в общем комплексе горнодобывающего предприятия; V_{ij} – ковариация доходностей i -го и j -го видов деятельности.

В результате разработана экономико-математическая модель оптимизации комплекса направлений деятельности горнодобывающего предприятия, а также основных показателей и параметров горнотехнической системы, которая учитывает следующие предельные целевые функции:

– минимизация среднеквадратичного отклонения при заданном уровне доходности всего комплекса деятельности горнодобывающего предприятия (J_{cp}):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{\sum_{i=1}^n s_i^2 \cdot R_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n s_i \cdot s_j \cdot k_{ij} \cdot R_i \cdot R_j} \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^n s_i \cdot J_i > J_{cp} \\ \sum_{i=1}^n s_i = 1 \\ s_i \geq 0 \end{array} \right. \quad (2.10)$$

– достижение максимальной эффективности функционирования горнодобывающего предприятия при заданном уровне среднеквадратичного отклонения (R_p):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n s_i \cdot J_i \rightarrow \max \\ \sqrt{\sum_{i=1}^n s_i^2 \cdot R_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n s_i \cdot s_j \cdot k_{ij} \cdot R_i \cdot R_j} < R_p \\ \sum_{i=1}^n s_i = 1 \\ s_i \geq 0 \end{array} \right. \quad (2.11)$$

В работе предложена графическая информационная модель показывающая область различных сочетаний значений основных показателей и параметров горнотехнической системы из возможных вариантов с учетом среднеквадратичного отклонения от доходности рассматриваемых комплексов направлений деятельности предприятия, представленная на рисунке 2.22.



Рисунок 2.22 – Графическая информационная модель показывающая область различных сочетаний значений основных показателей и параметров горнотехнической системы

Следует отметить, что в данном случае предлагаемая методика позволяет учесть среднеквадратичное отклонение от доходности только в зависимости от видов деятельности, связанных с повышением объема вовлекаемых в разработку запасов, производительности, качества, номенклатуры продукции. Методика не учитывает отклонение от доходности, связанной с нарушением правил безопасности и низким уровнем организации производства, то есть не учитывается систематический риск [12, 15, 83, 203].

Таким образом, методом снижения риска серьезных экономических потерь горнодобывающего предприятия и повышения его жизнеспособности в изменяющихся рыночных условиях служит расширение комплекса направлений производственной деятельности, то есть вложение средств в проекты с различными уровнями надежности и доходности. Среднеквадратичное отклонение от заданного уровня доходности снижается, когда вкладываемые средства распределяются между множеством разных видов деятельности. Расширение комплекса направлений производственной деятельности уменьшает экономический риск за счет того, что возможные невысокие доходы по одному виду деятельности всего комплекса видов деятельности будут компенсироваться высокими доходами по другим. Минимизация экономического риска достигается за счет включения в комплекс деятельности горнодобывающего предприятия множества различных элементов, не связанных тесно между собой. При этом перспективными направлениями расширения деятельности ряда горнодобывающих предприятий является формирование и освоение техногенных георесурсов и организация услуг по выполнению основных и вспомогательных технологических процессов сторонним предприятиям [126].

Оптимизацию параметров горнотехнической системы необходимо осуществлять на основе разработанной экономико-математической модели выбора параметров комплексного освоения участка недр, учитывающей минимизацию среднеквадратичного отклонения доходности от заданного уровня или достижение максимальной эффективности.

Выводы по главе 2

1. Введено понятие устойчивости функционирования горнотехнической системы открытой геотехнологии, под которым понимается ее способность обеспечивать комплексность и эффективность освоения участка недр с производством товарной продукции в течение неопределенно долгого периода времени в независимости от объема и качества запасов разрабатываемого месторождения в условиях постоянно изменяющихся факторов внешней и внутренней среды, достигающаяся в динамике развития открытых горных работ на основе управления параметрами системы.

2. В работе предложено номенклатуру продукции горнодобывающего предприятия представлять в виде трех групп. К продукции 1-й группы следует относить минеральное сырье на базе основного полезного ископаемого; ко 2-й группе – техногенные георесурсы; к 3-й группе – услуги в виде выполнения основных и вспомогательных технологических процессов.

3. С целью повышения комплексности освоения участка недр и устойчивости функционирования горнодобывающего предприятия номенклатуру выпускаемой продукции предлагается рассматривать наряду с основными показателями горнотехнической системы такими, как объем вовлекаемых запасов полезного ископаемого, производительность и качество добываемого сырья. Таким образом, требуется совершенствование принципов и подходов, на которых базируются существующие методики обоснования структуры и значений применяемых параметров горнотехнических систем.

4. С целью обеспечения устойчивости функционирования горнотехнической системы предложена модель выбора и обоснования ее параметров, учитывающая расширение сферы деятельности горнодобывающего предприятия, его производственных функций и номенклатуры товарной продукции при условии соблюдения всех требований промышленной безопасности. В основу предложенной модели заложено достижение оптимального сочетания значений основных показателей горнотехнической системы: объема вовлекаемых в разработку запасов, производительности карьера, качества добываемого сырья и

номенклатуры товарной продукции. В условиях влияния внешних и внутренних факторов развитие данных показателей предусматривает производство дополнительных видов деятельности предприятия и, соответственно, изменение параметров горнотехнической системы.

5. С целью определения параметров горнотехнической системы, обеспечивающих ее устойчивое функционирование, в работе предусматривается определение стандартного отклонения, которое характеризует величину и вероятность отклонения доходности отдельного вида деятельности от ее средней величины за определенный период. Ожидаемый экономический риск скомбинированного определенным образом комплекса деятельности горнодобывающего предприятия зависит от сочетания стандартных отклонений (дисперсий) отдельных видов деятельности, входящих в его состав.

6. Доказано, что оптимизацию параметров горнотехнической системы необходимо осуществлять на основе разработанной экономико-математической модели выбора параметров комплексного освоения участка недр, учитывающей минимизацию среднеквадратичного отклонения доходности от заданного уровня или достижение максимальной эффективности. Устойчивость функционирования предприятия достигается выбором стратегии обеспечивающей повышение комплексности освоения участка недр, которая зависит от структуры и динамики изменения параметров горнотехнической системы в быстроменяющихся условиях недропользования.

3 РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ОСВОЕНИЯ УЧАСТКА НЕДР

3.1 Систематизация параметров горнотехнической системы и оценка возможности управления ими на различных этапах разработки

В настоящее время в науке и практике активно выполняются работы по использованию природных и техногенных георесурсов с частичным изменением сферы деятельности горнодобывающих предприятий, расширяющих область использования участка недр.

Участок недр – геометризованный блок недр с определенными пространственными границами, координаты которых зафиксированы в табличной или графической форме на утвержденных в установленном порядке картах [16].

На рисунке 3.1 представлены этапы техногенного изменения участка недр.

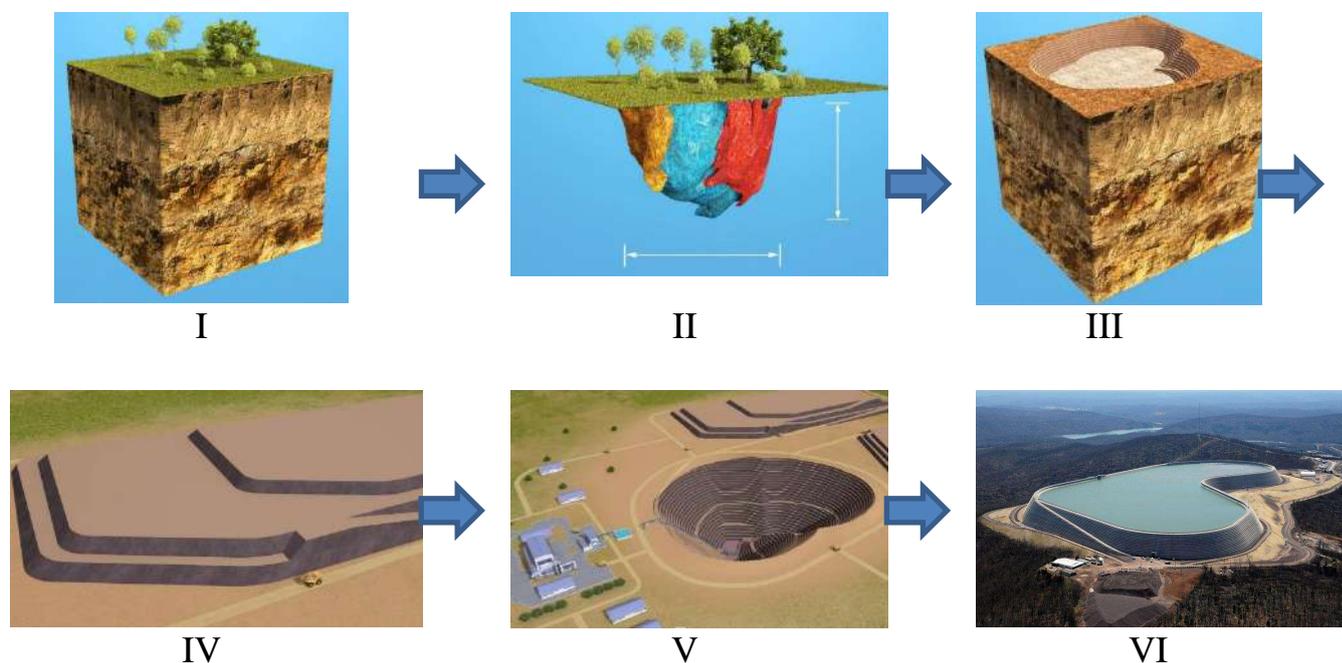


Рисунок 3.1 – Этапы техногенного изменения участка недр

На этапе I - II – в выделенном блоке недр производится разведка и постановка запасов на баланс; на этапе II - III – из блока недр производится непосредственно выемка природных георесурсов; на этапе III-IV –

некондиционные руды и вскрышные породы складированы на поверхности земли; на этапе IV-V-VI – производится постепенное преобразование поверхности участка недр, переходящее в целенаправленно создаваемые техногенные ландшафты в виде открытых карьерных выемок и насыпных сооружений на поверхности, служащие для дальнейшего их использования.

К участку недр относятся все находящиеся в его границах *ресурсы недр*, включая находящиеся в нем полости [51].

Ресурсы недр – твердые, жидкие, газообразные полезные ископаемые, энергетические ресурсы и полости естественного и техногенного происхождения в недрах. Выделяют следующие виды ресурсов недр [51]:

- месторождения полезных ископаемых;
- отвалы вскрышных и вмещающих пород, терриконы угольных шахт, отвалы и склады забалансовых полезных ископаемых;
- отходы горно-обогатительного и металлургических производств;
- глубинные источники пресных, минеральных и термальных вод;
- внутреннее глубинное тепло недр земли;
- природные и техногенные полости в массиве горных пород.

В результате освоения месторождения на участке недр формируются горные конструкции, запускаются в эксплуатацию оборудование и технологические процессы, которые в совокупности формируют *горнотехническую систему*. На рисунке 3.2 дано схематичное представление преобразуемого участка недр с формируемой на его базе товарной продукцией в широкой номенклатуре [71]. Номенклатура продукции в данном случае представлена в виде:

- площадки кучного выщелачивания, сформированной для получения дополнительного объема товарной продукции из добываемого полезного ископаемого;
- отвала, используемого в качестве строительной площадки промышленного назначения;

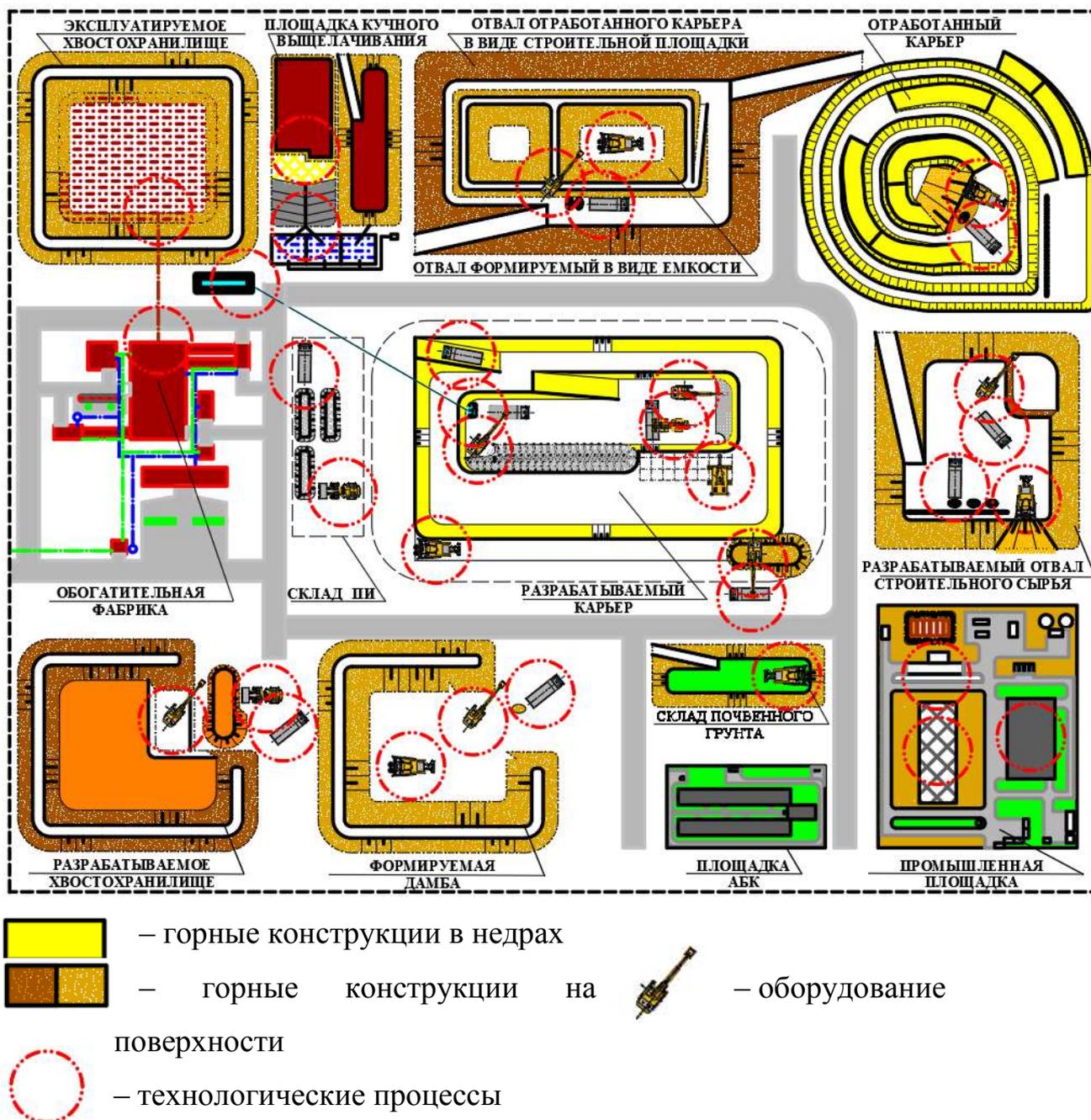


Рисунок 3.2 – Номенклатура продукции горнодобывающего предприятия при комплексном освоении участка недр

- отработанного карьера, используемого для складирования промышленных отходов других предприятий;
- отвала вскрышных пород, разрабатываемого для получения дополнительного минерального сырья с целью его реализации внешним потребителям;

- промышленной площадки с инфраструктурой, организованной для собственного использования и нужд сторонних предприятий для производства вспомогательных технологических операций;
- площадки административно-бытового комплекса, используемой для размещения персонала собственного производства и персонала сторонних организаций;
- дамбы, формируемой для нужд сторонних промышленных организаций и народного хозяйства;
- площадки разрабатываемого техногенного месторождения для расширения номенклатуры продукции;
- фабрики с производственной мощностью, обеспечивающей переработку собственного сырья и закупаемого у других производителей;
- хвостохранилища с площадками дамбы, используемыми в том числе в качестве автомобильных дорог для перемещения по пересеченной местности.

Имеющийся научный и практический опыт позволяет говорить о более широком представлении комплексного освоения участка недр, который необходимо рассматривать в совокупности с формируемой его горнотехнической системой. Это позволяет расширить номенклатуру природных и техногенных георесурсов, а также включить в потенциал горнотехнической системы выполнение производственных процессов открытой геотехнологии для других организаций.

Таким образом, для повышения устойчивости горнодобывающих предприятий на неопределенно долгий промежуток времени в современных условиях разработки месторождений необходимо управление параметрами горнотехнической системы с развитием одновременно нескольких различных направлений, соответствующих имеющейся и формируемой ресурсной базе участка недр.

В работе произведена систематизация параметров горнотехнической системы по ее элементам с выделением основных показателей и общетехнических характеристик. Для повышения комплексности освоения участка недр и устойчивости функционирования горнотехнической системы в

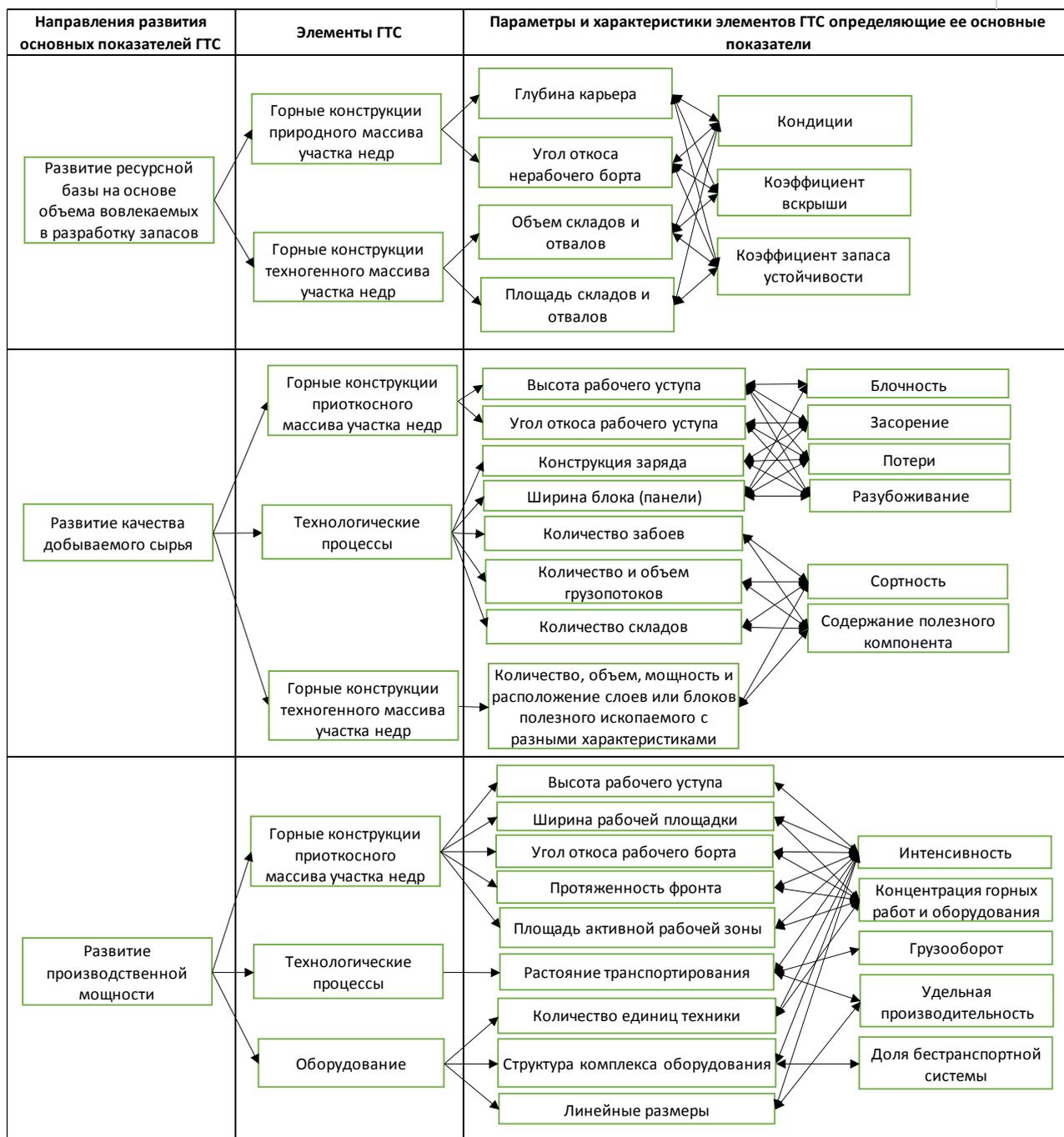
качестве основных ее показателей следует рассматривать: объем вовлекаемых в разработку запасов полезного ископаемого, производительность карьера, качество добываемого сырья, номенклатуру выпускаемой продукции, включая техногенные георесурсы и выполнение основных и вспомогательных технологических процессов сторонним предприятиям. Основными техническими характеристиками при этом являются: устойчивость горнотехнических сооружений, коэффициент вскрыши, интенсивность, концентрация горных работ и оборудования, грузооборот. Определено, что основное влияние на значения выделенных показателей в системе оказывает следующая группа параметров: геомеханические, конструктивные, режимные, геотехнологические и горнотехнические. От развития одного или одновременно нескольких основных показателей системы зависит выручка предприятия. Выделяемые технические характеристики в целом определяют затраты выбранного комплекса направлений деятельности предприятия и некоторые технологические ограничения. От значений выделенной группы параметров зависит достижение значений основных показателей системы. Систематизация параметров горнотехнической системы, определяющая развитие деятельности и устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия, представлена в таблице 3.1.

Таким образом, сформирована концепция повышения эффективности открытой геотехнологии, которая основывается на предложенном подходе к обоснованию, выбору и управлению параметрами горнотехнической системы. Подход заключается в развитии различных направлений освоения имеющейся и формируемой ресурсной базы участка недр и предусматривает гибкое изменение основных показателей системы в зависимости от внешних и внутренних изменяющихся факторов. При этом управление параметрами горнотехнической системы предполагает изменение состава, структуры и значений выделенной группы параметров в зависимости от этапа освоения ресурсной базы участка недр и принятых значений основных показателей. В таблице 3.2 представлены состав и структура параметров в общем виде в зависимости от направлений развития основных показателей горнотехнической системы.

Таблица 3.1 – Систематизация параметров горнотехнической системы, определяющая развитие деятельности и устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия

Элементы	Группа параметров	Параметры	Общие технические характеристики	Основные показатели
Горные конструкции	Геомеханические	Параметры прибортового и техногенного массивов (условия залегания и физико-механические свойства пород, трещиноватость массива, выветриваемость, упругость, пластичность, размокаемость пород)	Устойчивость горнотехнических сооружений (коэффициент запаса устойчивости, несущая способность, предельные напряжения); Коэффициент вскрыши (промышленный, эксплуатационный, контурный, текущий); Интенсивность (скорость продвижения фронта, скорость углубки); Концентрация горных работ и оборудования; Грузооборот	Объем вовлекаемых в разработку запасов с требуемым качеством; Производительность; Качество (потери, разубоживание, засорение, сортность, блочность и т.д.); Номенклатура товарной продукции (на основе полезного ископаемого, в виде техногенных георесурсов, услуги)
	Конструктивные	Главные параметры карьера, параметры вскрытия и системы разработки (глубина карьера, высота и угол откоса рабочего и нерабочего уступа, угол откоса рабочих и нерабочего борта карьера, ширина транспортных и предохранительных берм, длина фронта, уклон траншей, ширина рабочих площадок, высота и угол откоса складов и отвалов, объем карьера, емкость и площадь складов и отвалов)		
Технологические процессы	Режимные	Режим горных работ (распределение объема выемки полезного ископаемого, вскрыши и горной массы во времени и по глубине); режим работы предприятия и горнотранспортного оборудования (количество рабочих дней, смен, часов)		
	Геотехнологические	Параметры процессов подготовки, выемки, погрузки, транспортирования, складирования и отвалообразования (диаметр и сетка скважин, перебур, длина заряда, длина скважин, ширина обрабатываемого блока (панели), ширина заходки, количество забоев, ширина разгрузочных площадок, мощность разрабатываемых и отсыпаемых слоев горной массы, количество складов и отвалов, количество и объем грузопотоков); параметры цикличной, поточной и циклично-поточной технологии (доля цикличной и поточной выемки и транспортирования пород); параметры транспортной и бестранспортной технологии (доля транспортного и бестранспортного перемещения вскрыши); параметры технологии отвалообразования (доля внешнего и внутреннего отвалообразования)		
Оборудование	Горнотехнические	Параметры горнотранспортных комплексов оборудования (количество горнотранспортного оборудования, высота и глубина черпания, емкость ковша и производительность выемочного оборудования, грузоподъемность и производительность транспортных средств)		

Таблица 3.2 – Состав и структура параметров в зависимости от направления развития основных показателей горнотехнической системы



Эффективность и рыночная устойчивость современного горнодобывающего предприятия достигается обоснованием параметров горнотехнической системы на этапе проектирования и управления этими параметрами на этапе эксплуатации за счет повышения комплексности освоения участка недр.

Таким образом, управление параметрами необходимо осуществлять на основе выбора стратегии комплексного освоения участка недр, отличающихся величиной капитальных затрат на освоение участка недр, стоимостным выражением объемов и видов продукции, получаемой из природного сырья и техногенных георесурсов, а также величиной доходов и издержек от выполнения технологических процессов открытой геотехнологии.

3.2 Обоснование способов организации деятельности горнодобывающего предприятия для повышения комплексности освоения участка недр

Комплекс направлений деятельности горнодобывающего предприятия и развитие основных показателей горнотехнической системы во многом зависит от территориального расположения участка недр, удаленности от промышленных районов с развитой инфраструктурой и условий рынка. От этих факторов также зависит возможность использования различных способов организации деятельности, которые могут включать привлечение сторонних организаций или выполнение работ только собственными силами с расширением номенклатуры продукции и услуг.

С организационной точки зрения для эффективного функционирования горнодобывающего предприятия возможна передача отдельных технологических процессов на их выполнение сторонним организациям и компаниям. В настоящее время спектр услуг, предоставляемых сторонними компаниями, весьма широк и позволяет полностью вести разработку месторождения на их основе. У данного способа есть свои преимущества и недостатки. Основными недостатками являются: зависимость деятельности предприятия от подрядной организации; себестоимость продукции может оказаться выше, чем при работе собственными силами. Однако при благоприятной конъюнктуре рынка данный способ позволяет обеспечивать доходность с приемлемым уровнем издержек. При этом риск экономических потерь недропользователя разделяется с подрядчиком.

С другой стороны, для обеспечения устойчивости функционирования горнодобывающее предприятие может использовать иную стратегию. Технологические и организационные преобразования горнотехнической системы, направленные на расширение границ области использования открытой геотехнологии, расширение номенклатуры выпускаемой продукции, а также расширение функционала сотрудников предприятия, позволят на основе формируемого производственного потенциала, кроме основной деятельности, предоставлять на рынке услуги для внешних потребителей.

Так, в работе выделяются и рассматриваются следующие способы организации деятельности горнодобывающего предприятия:

- *1-й способ – с использованием собственных ресурсов, без расширения видов деятельности горнодобывающего предприятия (классический способ).* Данным способом предусматривается то, что основная часть технологических процессов выполняется собственными силами горнодобывающего предприятия без производства новых видов продукции и услуг;

- *2-й способ – с использованием ресурсов сторонних организаций.* В данном случае предполагается, что основная часть технологических процессов выполняется сторонними компаниями, привлекаемыми недропользователем, без производства новых видов продукции и услуг;

- *3-й способ - с использованием собственных ресурсов и сторонних организаций.* Предполагается, что часть технологических процессов выполняется сторонними компаниями, часть – собственными силами горнодобывающего предприятия, без производства новых видов продукции и услуг;

- *4-й способ – с использованием собственных ресурсов и расширением видов деятельности горнодобывающего предприятия.* Данный способ предполагает выполнение большей части технологических процессов собственными силами, с выпуском новых видов продукции в расширенном ассортименте и номенклатуре, с выполнением технологических процессов открытой геотехнологии для сторонних предприятий.

Таким образом, доказано, что функционирование горнодобывающих

предприятий на основе модели оптимального и сбалансированного использования различных способов организации производственной деятельности с учетом комплексного освоения природных и техногенных георесурсов, с расширенной номенклатурой продукции и услуг, способных гибко изменять объемы их производства и конкурировать на рынке за счет своей специфичности и уникальности, позволит повысить эффективность освоения участка недр и обеспечить их устойчивость в изменяющихся рыночных условиях.

3.3 Разработка геотехнологических решений по управлению параметрами горнотехнической системы, обеспечивающих ее устойчивое функционирование

3.3.1 Геотехнологические решения по управлению параметрами горнотехнической системы при вовлечении в разработку прибортовых запасов

Для оценки оптимальных параметров бортов карьеров отечественными и зарубежными учеными разработаны различные методы их расчёта, различающиеся по форме потенциальной поверхности обрушения: круглоцилиндрическая [109, 110, 222], логарифмическая спираль, кубический сплайн [47], плосколоманая кривая [205]. Кроме потенциальной поверхности скольжения, на результаты оценки устойчивости карьерных откосов оказывает способ расчёта. Метод, основанный на сумме моментов для круглоцилиндрической поверхности скольжения, предложен и усовершенствован в трудах [165, 221]. Способ Бишопа реализует метод моментов и метод проекций сил на одну из осей [227] и упрощённый способ Ямбу дефицита сил основан на методе проекций сил на обе оси координат [48]. Сравнительный анализ вышеперечисленных способов расчёта устойчивости откосов горнотехнических сооружений показывает, что расхождение в определении основных технологических параметров не превышает 10-15%.

В большей степени определение оптимальных параметров бортов карьеров зависит от физических и механических свойств пород и других характеристик массива. Во время подготовки исходных данных для проектирования большее внимание уделяется основной рудной зоне и недостаточное внимание уделяется детальному изучению характеристик массива, от которых зависит точность определяемых параметров откосов бортов. Зачастую, уточнение свойств пород массива и других условий производится на этапе разработки месторождения. В результате коэффициент запаса устойчивости фактически сформированных бортов карьера может превышать нормативное значение или, наоборот, быть меньше. В классическом понимании завышенное значение коэффициента запаса устойчивости означает перерасход средств, затраченных на вскрышные и отвальные работы. Заниженное значение коэффициента означает вероятность происхождения деформации откосов и необходимость дорогостоящей ликвидации последствий. Однако на крупных рудных месторождениях, как правило в массиве, имеются запасы полезного ископаемого, которые при проектировании не вошли в контур карьера по экономическим показателям. Многолетний опыт разработки рудных месторождений показывает тенденцию на снижение кондиций на добываемое полезное ископаемое. Таким образом, при наличии деформаций в бортах разрабатываемых карьеров, необходимости изменения параметров разработки и дополнительной выемке горной массы следует руководствоваться не только физико-механическими свойствами массива, но и кондициями прирезаемых прибортовых запасов.

Основными физико-механическими свойствами горных пород, на основе которых производится расчет оптимальных параметров откосов бортов, являются сцепление, угол внутреннего трения, удельный вес. Числовые значения обозначенных характеристик получают на стадии подготовки исходных данных для проектирования в результате проведения специальных исследований кернов пород. Определение свойств для образца пород производится по стандартным методикам и принятым ГОСТам. Однако для получения свойств пород, характеризующих приоткосный массив, необходимы дополнительные данные,

такие как: залегание основных систем трещин, размеры и форма структурного блока, изменение показателя интенсивности трещиноватости по протяженности борта и с глубиной, заполнитель трещин, гидрогеологические характеристики и др. В результате коэффициент вариации при определении физико-механических свойств горных пород в приоткосных массивах превышает 20–30%. Как следствие, коэффициент запаса устойчивости фактически сформированных бортов карьера может превышать нормативное значение или, наоборот, быть меньше [2, 37, 146, 189, 273].

Таким образом, для получения оптимальных параметров откосов бортов в некоторых случаях потребуются: дополнительные геологоразведочные работы на участках расположения бортов карьеров, дополнительные исследования для уточнения наличия прибортовых запасов и их кондиций, свойств вмещающих пород, характеризующих массив, использование геофизических методов исследования массива, дополнительные геомеханические расчеты. На перечисленные мероприятия необходимы дополнительные финансовые инвестиции. Однако размер этих инвестиций в несколько раз меньше затрат, которые предприятия вынуждены нести вследствие неправильно определенных значений параметров откосов бортов. Кроме того, при разносе бортов карьера и постановки его в устойчивое положение в ряде случаев возможно получение экономического эффекта, который достигается при вовлечении прибортовых запасов.

В работе произведено исследование изменения угла наклона борта карьера и объема вовлекаемых в разработку прибортовых запасов. Принципиальная схема для исследования представлена на рисунке 3.3. На примере условного откоса борта карьера показано изменение площади ΔS и, соответственно, объемов прирезаемой горной массы ΔV в зависимости от изменения угла откоса борта карьера.

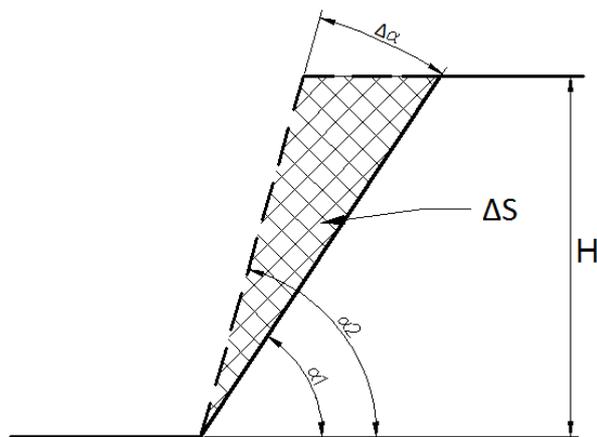


Рисунок 3.3 – Поперечный разрез условного борта карьера:
 α_1 – угол борта, характеризующийся завышенным, по сравнению с нормативным, значением коэффициента запаса устойчивости;
 α_2 – угол борта, характеризующийся нормативным значением коэффициента запаса устойчивости; $\Delta\alpha$ – изменение угла откоса борта карьера;
 H – глубина карьера; ΔS – прирезаемая площадь, м²

Дополнительный объем горной массы в результате уменьшения значения угла откоса борта определится как

$$\Delta V = \Delta S \cdot L, \quad (3.1)$$

где L – протяженность борта карьера, м.

Методика расчета определения изменения площади ΔS базируется на геометрических свойствах прямоугольного треугольника:

$$S_1 = \frac{H^2}{2} \cdot \text{ctg} \alpha_1; \quad (3.2)$$

$$S_2 = \frac{H^2}{2} \cdot \text{ctg} \alpha_2; \quad (3.3)$$

$$\Delta S = \frac{H^2}{2} (\text{ctg} \alpha_1 - \text{ctg} \alpha_2). \quad (3.4)$$

Для удобства дальнейших расчетов определим коэффициент η , характеризующий разность котангенсов углов:

$$\eta = (\text{ctg} \alpha_1 - \text{ctg} \alpha_2). \quad (3.5)$$

Таким образом, формула (3.1) примет вид

$$\Delta V = \frac{H^2}{2} \cdot \eta \cdot L. \quad (3.6)$$

Следует отметить, что при одинаковой величине изменения угла откоса борта карьера площадь сечения приоткосного массива ΔS изменяется тем менее интенсивно, чем больше базовый угол откоса борта карьера (рисунок 3.4).

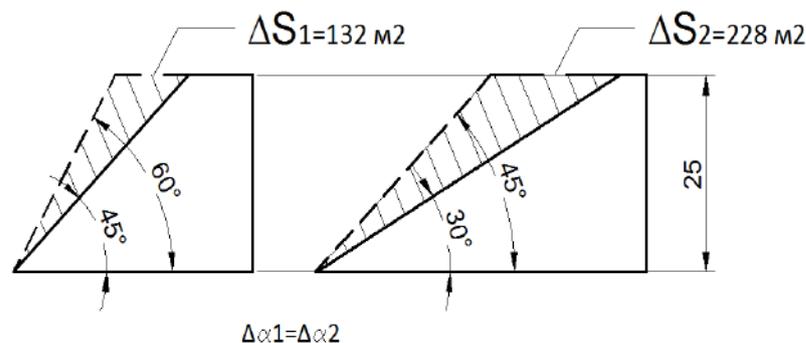


Рисунок 3.4 – Изменение площади ΔS в зависимости от базового угла откоса $\alpha 1$ при одинаковом $\Delta\alpha$

Таким образом, в дальнейших расчетах учитывается не только изменение угла $\Delta\alpha$ и высоты откоса борта, но и базовый угол откоса $\alpha 1$.

В таблице 3.3 представлены значения коэффициента η при изменении угла откоса на величину $\Delta\alpha$ от 1 до 5° при проектных углах откоса борта от 20 до 50°.

На основе таблицы 3.3 получены значения объемов ΔV на длину протяженности борта $L=1000$ м. Значения изменения объема ΔV при изменении глубины карьера и угла откоса на величину $\Delta\alpha$ представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.3 – Значения коэффициента η при изменении угла откоса на величину $\Delta\alpha$

Проектный угол борта карьера, град	$\Delta\alpha$									
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
20	0,073	0,142	0,209	0,272	0,333	0,392	0,448	0,501	0,553	0,603
25	0,048	0,094	0,139	0,182	0,224	0,264	0,303	0,340	0,377	0,412
30	0,034	0,068	0,100	0,132	0,162	0,192	0,221	0,249	0,277	0,304
35	0,026	0,052	0,077	0,101	0,125	0,148	0,171	0,193	0,215	0,236
40	0,021	0,041	0,061	0,081	0,100	0,119	0,138	0,156	0,174	0,192
45	0,017	0,034	0,051	0,067	0,084	0,100	0,115	0,131	0,146	0,161
50	0,015	0,029	0,044	0,058	0,072	0,086	0,099	0,113	0,126	0,139

Из таблицы 3.3 видно, например, что при изменении угла откоса борта $\Delta\alpha$ на 1° , высоте борта карьера 300 м и проектном угле борта карьера 40° объем прирезаемой горной массы ΔV составит 1,86 млн м^3 на 1000 м протяженности борта.

Таблица 3.4 – Значения изменения объема ΔV , млн м^3 , при изменении глубины карьера и угла откоса на величину $\Delta\alpha$

Проектный угол борта карьера, град	$\Delta\alpha=0,5$					$\Delta\alpha=1$				
	Высота борта карьера, м									
	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500
20	0,36	1,46	3,28	5,83	9,11	0,71	2,85	6,41	11,39	17,80
25	0,24	0,96	2,16	3,84	6,00	0,47	1,88	4,24	7,54	11,78
30	0,17	0,69	1,55	2,75	4,30	0,34	1,36	3,05	5,42	8,47
35	0,13	0,52	1,18	2,10	3,27	0,26	1,04	2,33	4,14	6,47
40	0,10	0,42	0,94	1,67	2,61	0,21	0,83	1,86	3,31	5,17
45	0,09	0,35	0,78	1,38	2,16	0,17	0,69	1,54	2,74	4,29
50	0,07	0,30	0,66	1,18	1,85	0,15	0,59	1,32	2,35	3,66

На рисунке 3.5 представлен график, показывающий изменение объема вскрыши при изменении угла откоса борта карьера $\Delta\alpha$ на 1° на карьерах различной глубины.

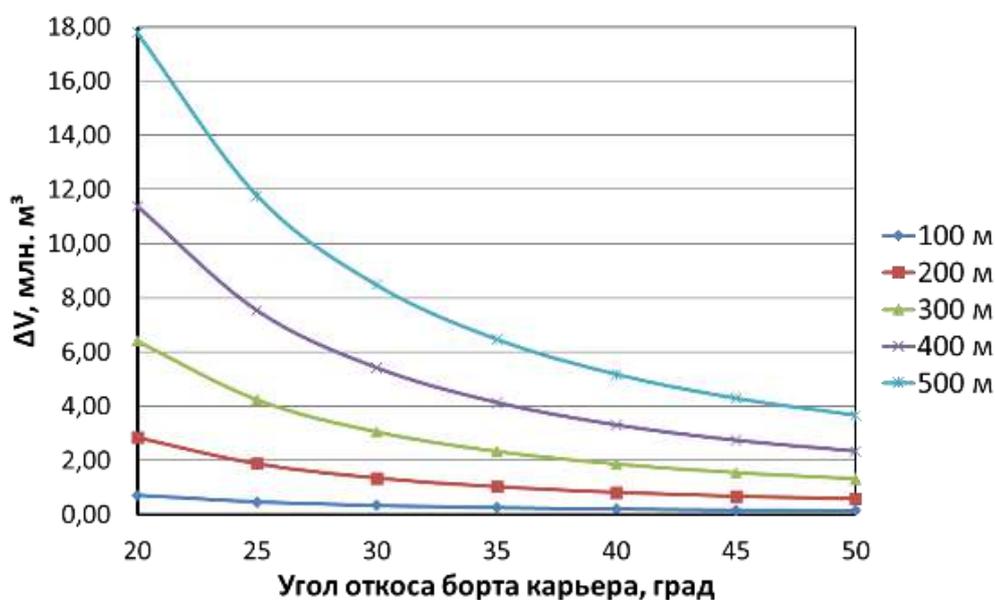


Рисунок 3.5 – Изменение объема горной массы ΔV при изменении угла откоса борта карьера $\Delta\alpha$ на 1° на карьерах различной глубины H и угле откоса α на протяженность борта 1 км [119]

На рисунке 3.6 представлена номограмма, правая часть которой также показывает изменение объема вскрыши ΔV в зависимости от угла откоса борта α . Однако за постоянную величину взята глубина карьера $H=300$ м. Таким образом, каждая линия правой части номограммы показывает изменение объема вскрыши для определенной величины $\Delta\alpha$. Левая часть номограммы позволяет графически найти ориентировочный прирост прирезаемого полезного ископаемого $\Delta V_{\text{пи}}$ в зависимости от коэффициента вскрыши.

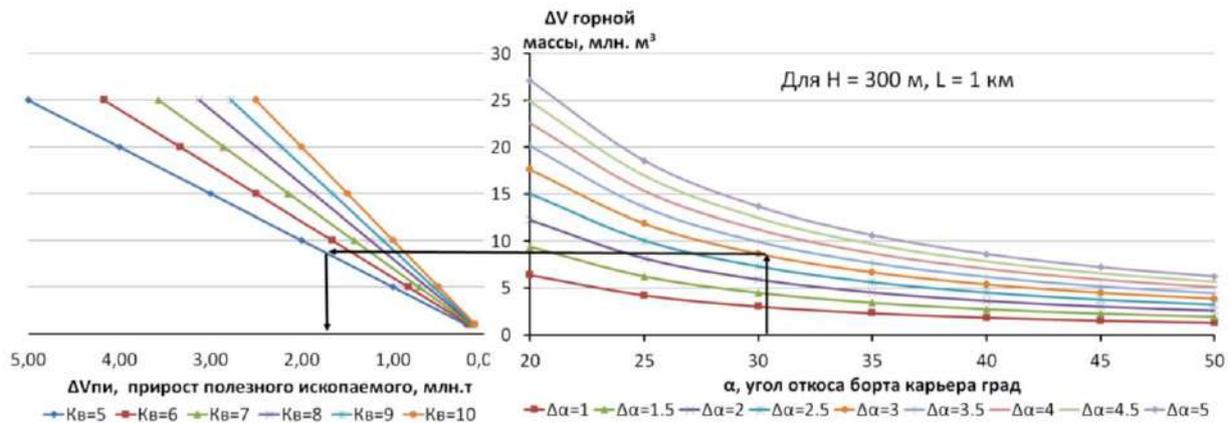


Рисунок 3.6 – Номограмма, показывающая зависимость между изменением объема вскрыши ΔV , для различных α и $\Delta\alpha$, а также возможный прирост дополнительно прирезаемого объема полезного ископаемого $\Delta V_{\text{пи}}$, млн т, при различном коэффициенте вскрыши K_v , м³/т (Глубина карьера H при моделировании принята равной 300 м, протяженность борта карьера 1 км [119])

Например, фактически сформированный борт карьера имеет параметры: $H = 300$ м, $\alpha = 40^\circ$, а устойчивый угол откоса борта составляет 45° , таким образом, $\Delta\alpha = 5^\circ$. В соответствии с номограммой (см. рисунок 3.6) прирезаемый объем горной массы ΔV , на который предприятию нужно затратить средства, в результате занижения значения угла откоса борта составляет 8,6 млн м³ на 1000 м протяженности борта. А прирезаемый объем руды при коэффициенте вскрыши 8 м³/т составит около 1 млн т.

В таблице 3.5 представлены значения показателей затрат денежных средств на вскрышные работы для различных углов и высоты откоса борта при изменении угла откоса $\Delta\alpha = 1^\circ$ на длину борта в 1 км. Как видно из таблицы,

например, для высоты борта карьера 300 м, проектном угле борта карьера 40° и изменении угла откоса борта $\Delta\alpha$ на 1 градус затраты составляют около 236 млн руб. при средней стоимости вскрышных работ 127 руб./м³.

Таблица 3.5 – Сумма затрат денежных средств на вскрышные работы для различных углов и высоты откоса борта при $\Delta\alpha = 1^\circ$ на длину борта в 1 км, млн руб.

Проектный угол борта карьера	$\Delta\alpha=1$				
	Высота борта карьера, м				
	100	200	300	400	500
20	90,42	361,67	813,75	1446,67	2260,42
25	59,82	239,28	538,37	957,10	1495,47
30	43,03	172,14	387,31	688,56	1075,87
35	32,87	131,49	295,84	525,94	821,79
40	26,28	105,12	236,52	420,47	656,99
45	21,79	87,15	196,09	348,60	544,69
50	18,62	74,46	167,54	297,85	465,39

Примечание. Средняя стоимость 1 м³ вскрышных работ принята 127 рублей.

Представленные расчеты показывают, что предприятия, разрабатывающие месторождения открытым способом, могут нести значительные затраты при завышении значений проектных углов откосов и последующим разносе бортов карьера с извлечением дополнительной горной массы в результате деформаций откосов. Или углы откосов бортов проектного карьера могут быть занижены относительно нормативного значения коэффициента запаса устойчивости, в результате чего излишние затраты при разработке месторождения идут на извлечение дополнительного объема вскрыши.

Оптимизировать расходы денежных средств возможно путем инвестиций в дополнительные геологоразведочные работы на площадях расположения откосов бортов карьеров, в дополнительные исследования для уточнения наличия прибортовых запасов и их качественных характеристик, в изучение свойств вмещающих пород, характеризующих массив, в использование геофизических методов исследования массива и дополнительные геомеханические расчеты. Так можно более точно определить параметры откосов бортов карьеров и избежать излишних затрат, а в некоторых случаях и получить экономический эффект.

3.3.2 Геотехнологические решения по управлению параметрами горнотехнической системы для повышения интенсивности разработки на основе технического перевооружения

Обеспечение требуемого повышения производственной мощности карьера, обусловленное изменением конъюнктуры рынка, производится за счет привлечения дополнительного горнотранспортного оборудования, изменения параметров системы разработки и участков активной рабочей зоны, а также концентрацией и интенсивностью горных работ на основе сбалансированности их значений в зависимости от целевых показателей предприятия.

Параметры системы разработки зависят от параметров применяемого выемочного оборудования, которое в зависимости от своих линейных параметров имеет ограничения использования по высоте и глубине черпания, а также по ширине рабочей площадки, обеспечивающей оптимальную их производительность. Зависимость усредненных значений высоты рабочего уступа и ширины рабочей площадки в зависимости от емкости ковша гидравлических экскаваторов представлена на рисунке 3.7.

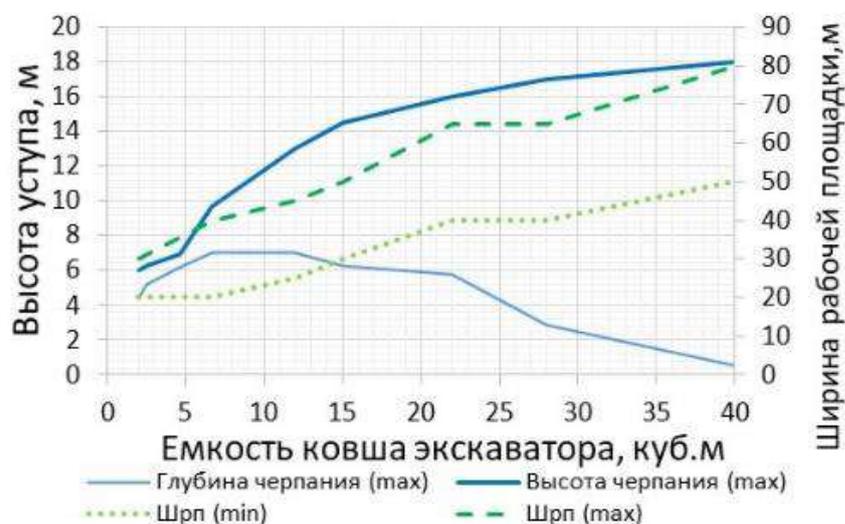
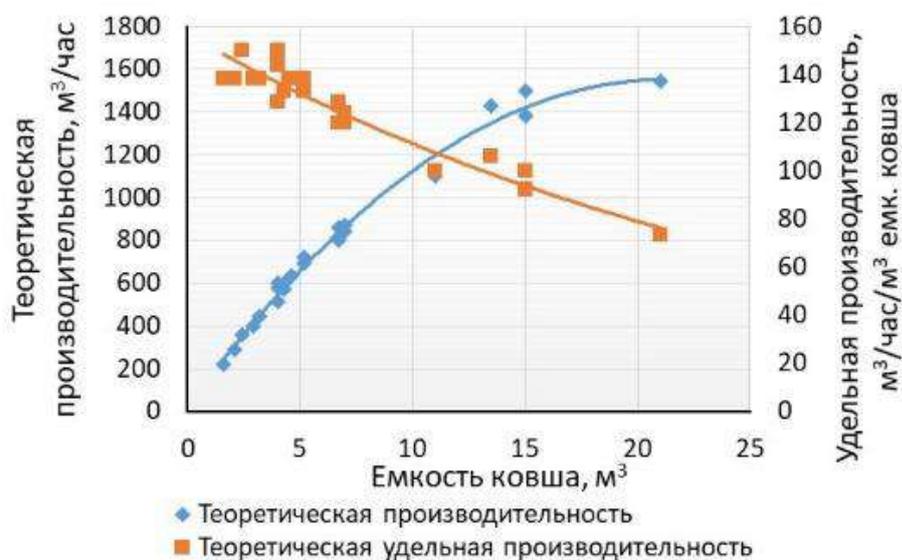


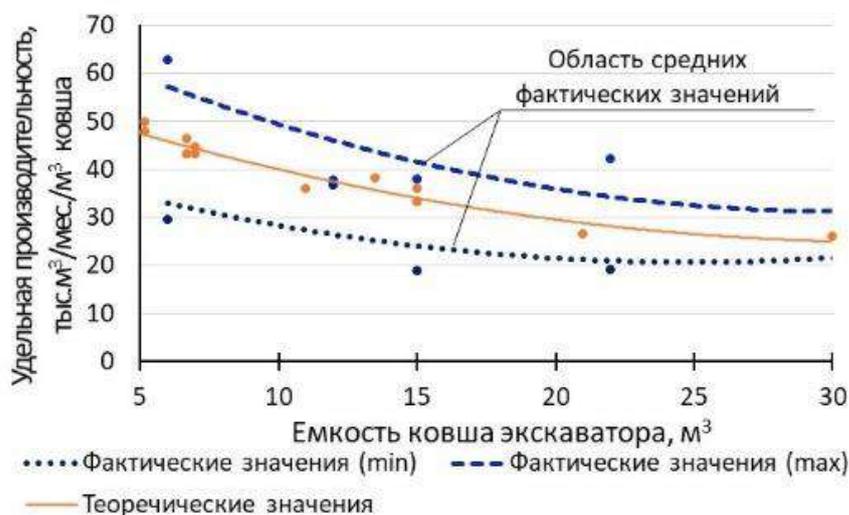
Рисунок 3.7 – Зависимость усредненных значений высоты рабочего уступа и ширины рабочей площадки в зависимости от емкости ковша гидравлических экскаваторов

Установлено, что с увеличением линейных параметров и единичной производственной мощности гидравлических экскаваторов возрастает их абсолютная производительность и снижается удельная производительность на

метр кубический емкости ковша. На рисунке 3.8 представлен теоретический расчет производительности и удельной производительности, а также фактические значения удельной производительности гидравлических экскаваторов, применяемых на различных российских горнодобывающих предприятиях.



а



б

Рисунок 3.8 – Теоретическая и удельная производительность гидравлических экскаваторов: а – расчетные теоретические значения; б – фактические значения удельной производительности, полученные на различных горнодобывающих предприятиях

Таким образом, установлено, что удельная производительность существующих гидравлических экскаваторов с емкостью ковша менее 5–6 м³ в

1,5–2 раза выше, чем у экскаваторов с емкостью ковша более 20–22 м³. Соответственно, интенсивность отработки участка экскаваторами с меньшей емкостью ковша будет выше, чем при использовании экскаваторов с большой емкостью ковша при условии равного суммарного объема емкости ковшей всех сравниваемых экскаваторов.

Доказано, что на ограниченном участке активной рабочей зоны при переходе на уступы меньшей высоты с сохранением или уменьшением угла откоса рабочего борта при максимальной концентрации выемочного оборудования, соответствующего параметрам системы разработки, возможно сохранение или повышение интенсивности отработки с одновременным повышением селективности вынимаемой из массива горной массы (рисунки 3.9, 3.10).

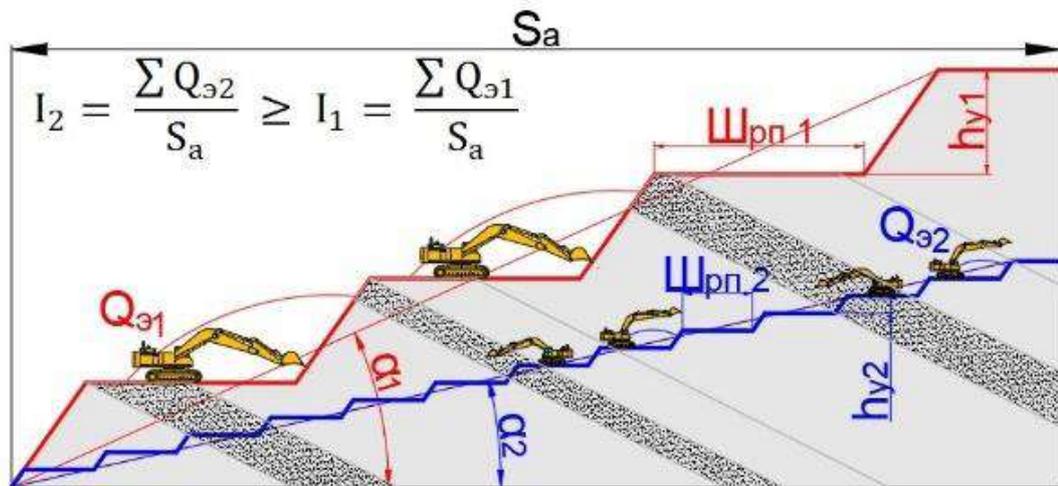


Рисунок 3.9 – Участок активной рабочей зоны S_a с вариантами угла наклона рабочего борта α_1 и α_2 с соответствующими им высотой уступа h_{y1} и h_{y2} и шириной рабочей площадки $\text{Ш}_{рп1}$ и $\text{Ш}_{рп2}$ ($Q_э$ – производительность экскаваторов)

Одно и то же значение угла откоса рабочего борта возможно получить путем различного сочетания высоты уступа и ширины рабочей площадки (рисунок 3.10).

Исследования показывают, что на активной части добычной рабочей зоны возможно получение заданного значения интенсивности как при использовании экскаваторов с большой емкостью ковша, так и с малой, при соответствующих

выемочному оборудованию параметрах системы разработки и его максимальной концентрации (рисунок 3.11).

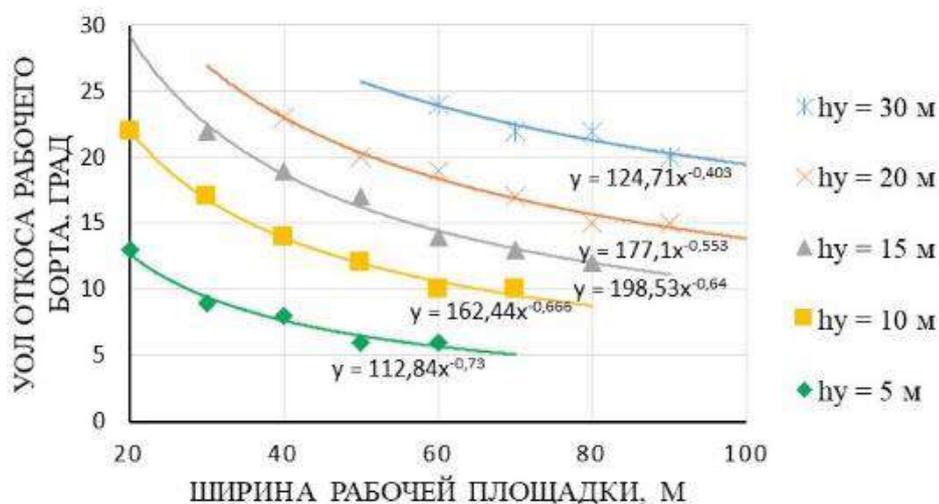


Рисунок 3.10 – Зависимость угла откоса рабочего борта карьера от ширины рабочей площадки и высоты уступа h_y

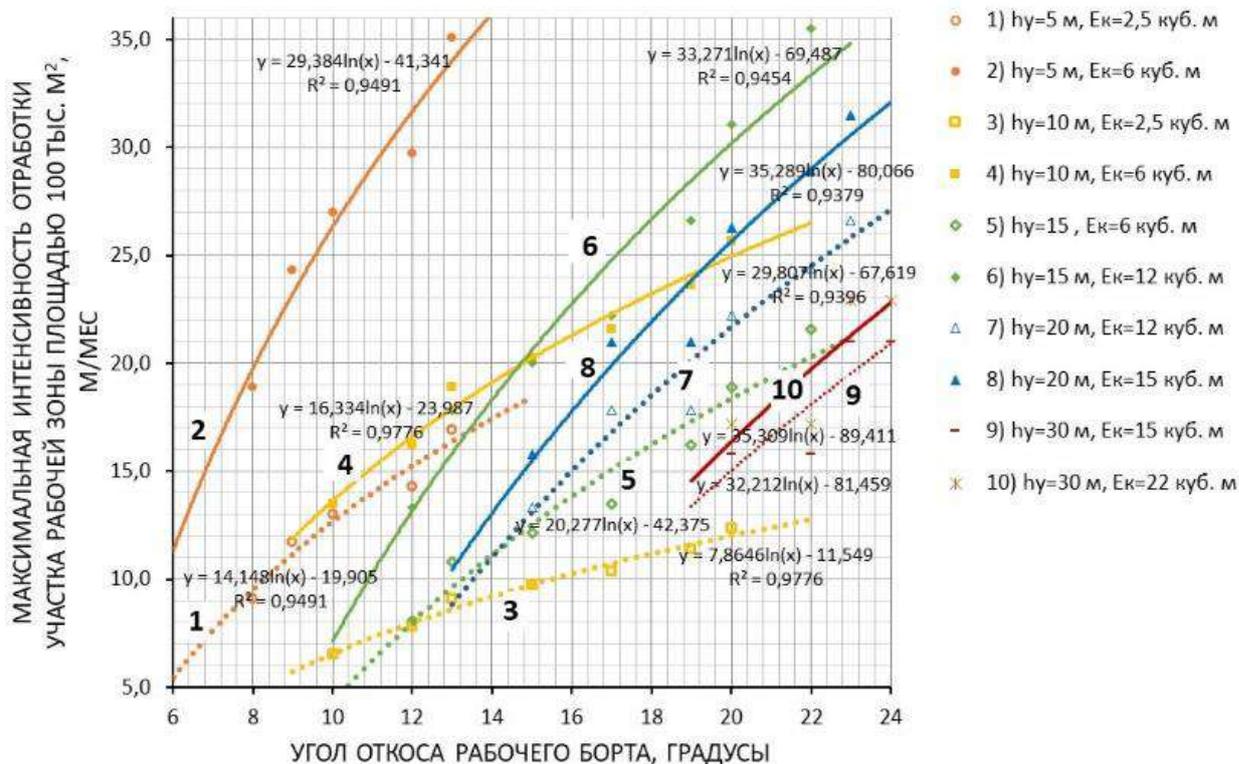


Рисунок 3.11 – Зависимость интенсивности отработки участка активной рабочей зоны от высоты уступа, угла откоса рабочего борта и емкости ковша применяемых экскаваторов при максимальной их концентрации на площади 100 тыс. м²

Из графика видно, что при максимальной концентрации оборудования и

неизменной высоте уступа с увеличением угла откоса рабочего борта интенсивность отработки участка рабочей зоны повышается. При этих условиях с переходом на экскаваторы с большей емкостью ковша интенсивность резко возрастает. Формирование рабочего борта уступами высотой 5 м ограничивает эффективное применение экскаваторов с большой емкостью ковша и результирующий угол его откоса до 13–14°, однако при этом интенсивность отработки участка рабочей зоны с этими параметрами сопоставима по значениям с интенсивностью, получаемой на рабочих бортах с высотой уступа более 10–15 м и углом откоса до 24° при максимальной концентрации соответствующего параметрам уступа оборудования.

Уменьшение высоты уступа и угла откоса рабочего борта с использованием экскаваторов с малой емкостью ковша сопровождается увеличением коэффициента вскрыши и повышением затрат на разработку месторождения. Таким образом, интенсификация горных работ в таких условиях целесообразна при разработке полезного ископаемого высокой ценности и возможности снижения потерь и разубоживания, а также повышения товарной стоимости продукции за счет селективной выемки или увеличения ее ассортимента, обеспечивающих в целом повышение доходности предприятия или продление срока его службы.

3.3.3 Геотехнологические решения по управлению параметрами горнотехнической системы при повышении качества добываемых строительных горных пород

В отличие от разработки полезного ископаемого высокой ценности разработка малоценных пород с высокими требованиями к качеству извлекаемого из массива сырья, предусматривающие полное исключение примешивания различных включений и жильных образований других пород, сопровождается значительными потерями. Переход на отработку отдельных участков таких месторождений подступами малой высоты приводит к удорожанию буровзрывных и выемочно-погрузочных работ, сопровождающихся недопустимым превышением себестоимости добычи. Поэтому минимизация

потерь на отдельных участках таких месторождений будет заключаться в обосновании технологических параметров выемочных блоков, обеспечивающих наиболее полную выемку запасов полезного ископаемого и исключение примешивания различных включений пород.

Разработана методика обоснования параметров разработки и определения потерь малоценного строительного сырья с высокими требованиями к его качественным показателям, которая предусматривает различное количество, мощность, азимут и угол падения включений и жильных образований в массиве полезного ископаемого по глубине и простиранию, различную горизонтальную мощность данных включений, различные варианты сочетаний углов наклона контактов одиночных включений и жил с направлением развития горных работ в условиях разработки месторождения с предварительной подготовкой горных пород к выемке буровзрывным способом.

Участки образования потерь для различных вариантов углов падения контактов одиночных включений или жил других пород в массиве полезного ископаемого относительно направления развития горных работ показаны штриховкой на рисунках 3.12, 3.13.

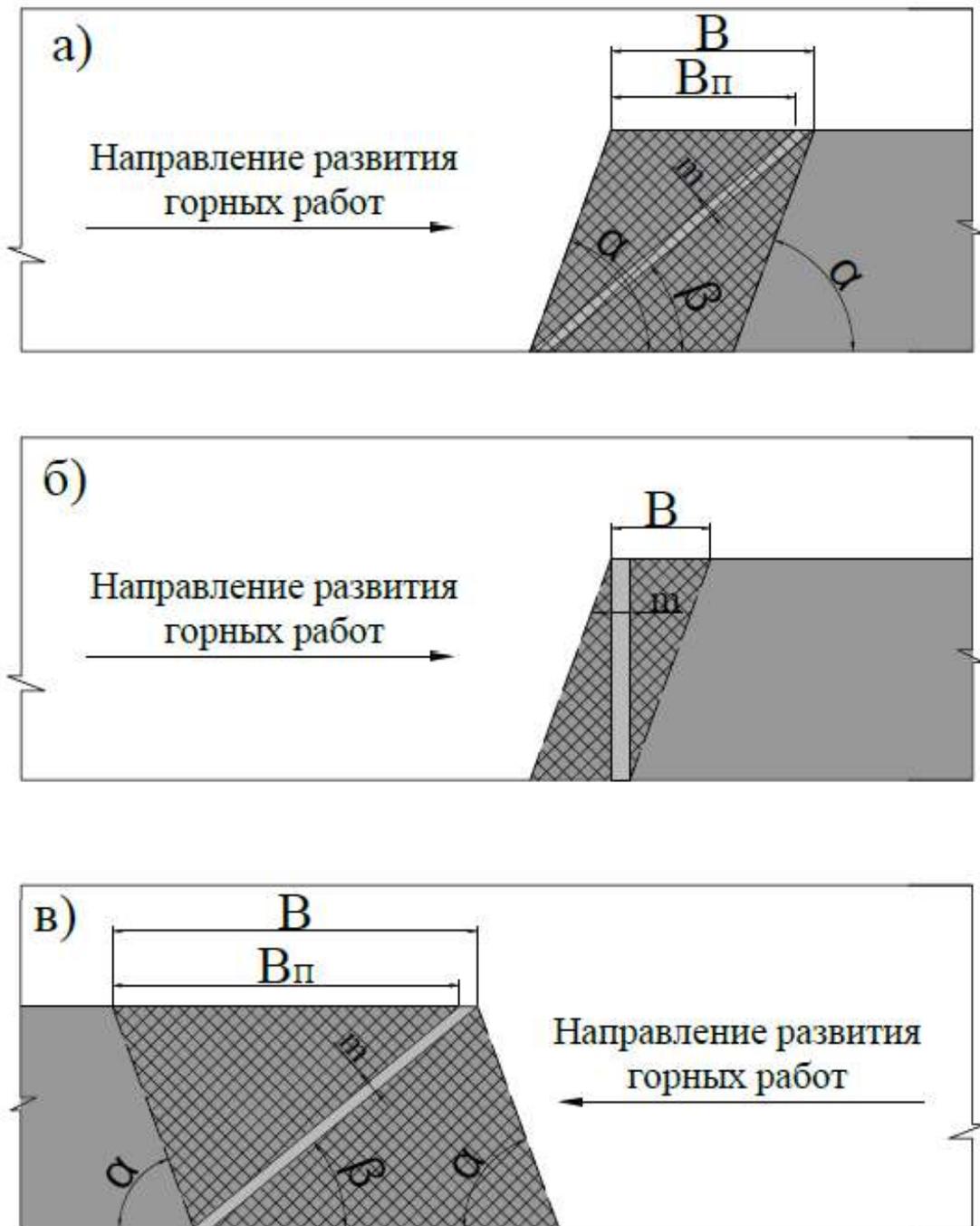


Рисунок 3.12 – Варианты углов падения контактов одиночных включений или жильных образований в массиве полезного ископаемого относительно направления развития горных работ: а – согласное направление; б – положение контакта, близкое к вертикальному; в – несогласное направление; г – вариант согласного направления наклона контактов частых включений или жил других пород; α – угол откоса уступа; β – угол наклона контакта; m – мощность включений или жил; V – условная ширина зоны смешивания полезного ископаемого с включениями и жилами других пород с учетом горизонтальной мощности последних при подготовке и выемке из массива; $V_{п}$ – условная ширина зоны смешивания без учета мощности жилы

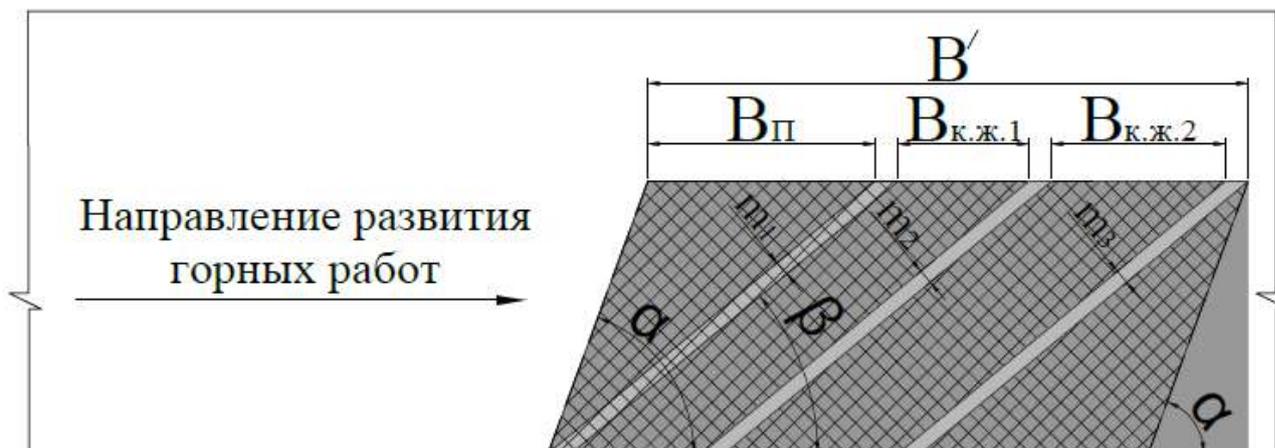


Рисунок 3.13 – Вариант согласного направления наклона контактов частых включений или жильных образований в массиве полезного ископаемого относительно направления развития горных работ: α – угол откоса уступа; β – угол наклона контакта; $m_{1,2,\dots,n}$ – мощность включений или жил; B' – условная ширина зоны смешивания полезного ископаемого с включениями и жильными образованиями вмещающих пород с учетом горизонтальной мощности и количества последних при подготовке и выемке из массива; $B_{к.ж.1,2,\dots,n}$ – среднее расстояние между близрасположенными жилами

Методика расчета величины потерь и оптимальных параметров выемочных блоков

Методика определения ширины зоны смешивания (линейной величины потерь) полезного ископаемого с вмещающими породами должна учитывать технологию отработки месторождения и, соответственно, определяться с условиями ведения буровзрывных работ.

Определение ширины выемочных блоков рекомендуется осуществлять путем приравнивания их к условной ширине зоны смешивания « B » и « B' », обозначенных на рисунках 3.12, 3.13.

Окончательный показатель линейной величины потерь следует принимать равным ширине взрываемого блока $\Pi_{вб}$ в соответствии с выполнением следующих условий:

– при отработке одиночных кварцевых жил и включений

$$B \leq \Pi_{вб} ;$$

– при отработке зоны частых кварцевых включений

$$B' \leq \Pi_{вб}$$

Расчет условной ширины зоны смешивания (без учета взрывных работ)
полезного ископаемого и включений пустых пород

Отрабатываемый массив представлен одной прослойкой включений пустых пород

Условная ширина зоны смешивания не учитывающая ведение взрывных работ, при отработке одиночных кварцевых жил (рис. 3.12) будет определяться по следующей формуле:

$$B = B_{\Pi} + \frac{m}{\sin\beta}, \quad (3.7)$$

где m – мощность включения или жилы вмещающих пустых пород, м;

β – угол падения включения или жилы, град.;

B_{Π} – ширина полосы потерь без учета мощности включения или жилы, м.

B_{Π} зависит от угла падения включения или жилы, от угла откоса уступа от высоты уступа и от направления развития горных работ относительно падения жил (рис. 3.12).

При согласном залегании контактов включений или жил пустых пород направлению развития горных работ (рис. 3.13, а):

– при $\alpha > \beta$

$$B_{\Pi} = \frac{h_y}{\operatorname{tg}\beta} - \frac{h_y}{\operatorname{tg}\alpha}; \quad (3.8)$$

– при $\alpha < \beta$

$$B_{\Pi} = \frac{h_y}{\operatorname{tg}\alpha} - \frac{h_y}{\operatorname{tg}\beta}; \quad (3.9)$$

– при $\beta = 90^\circ$

$$B_{\Pi} = \frac{h_y}{\operatorname{tg}\alpha}. \quad (3.10)$$

При несогласном залегании контактов включений или жил пустых пород направлению развития горных работ (рис. 3.12, в):

– при $\alpha > \beta; \alpha < \beta$

$$B_{\Pi} = \frac{h_y}{\operatorname{tg}\beta} + \frac{h_y}{\operatorname{tg}\alpha}; \quad (3.11)$$

– при $\beta = 90^\circ$

$$B_{\Pi} = \frac{h_y}{\operatorname{tg}\alpha}. \quad (3.12)$$

Отрабатываемый массив полезного ископаемого представлен зоной частых включений или жил пустых пород

Условная ширина зоны смешивания, не учитывающая ведение взрывных работ, при отработке блока с частыми включениями и жилами (рис. 3.13) будет определяться по следующей формуле:

$$B' = B_{\Pi} + \sum_{i=1}^n B_{\text{к.ж. } n} + \left(\frac{\sum_{i=1}^n m}{\sin \beta} \right), \quad (3.13)$$

где $B_{\text{к.ж.}}$ – среднее расстояние между близрасположенными включениями и жилами пустых пород, м;

n – число включений или жил пустых пород отрабатываемого блока.

Ширина зоны частых включений или жил пустых пород зависит собственно от количества включений или жил n , угла их падения β и расстояния $B_{\text{к.ж.}}$. Ширина зоны будет определяться из условия $B_{\text{к.ж. } 1, 2, \dots, n} < B_{(\min)}$.

$B_{(\min)}$ – расстояние между включениями или жилами пустых пород, при котором можно выделить минимальный блок, который можно взорвать и отработать без перемешивания пустых пород с полезным ископаемым:

$$B_{\min} = \text{Ш}_{\text{вб } (\min)} + B, \quad (3.14)$$

где $\text{Ш}_{\text{вб } (\min)}$ – минимальная ширина взрывного блока, м.

В массиве между жилами с расстоянием $B_{\text{к.ж.}} \geq B_{(\min)}$ выделяется блок, который отрабатывается отдельно без потерь полезного ископаемого.

Расчетные значения ширины зоны смешивания «В» полезного ископаемого строительных горных пород на контакте с одиночными включениями пустых пород в зависимости от угла наклона контакта представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Условная ширина зоны смешивания В полезного ископаемого строительных горных пород на контакте с одиночными включениями или жилами пустых пород в зависимости от угла наклона контакта (для уступа $h = 6$ м)

Мощность жилы вмещающих пород, м, м	Угол наклона контакта жилы вмещающих пород β												
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
	залегание контакта «согласно» с направлением развития горных работ												
0,1	8,4	6,6	5,1	4,0	3,0	2,1	1,4	0,7	0,1	0,7	1,2	1,8	2,3
0,2	8,6	6,7	5,3	4,1	3,1	2,3	1,5	0,8	0,2	0,8	1,3	1,9	2,4
0,3	8,8	6,9	5,4	4,2	3,2	2,4	1,6	0,9	0,3	0,9	1,4	2,0	2,5
0,4	9,0	7,1	5,6	4,4	3,4	2,5	1,7	1,1	0,4	1,0	1,5	2,1	2,6
0,5	9,2	7,3	5,7	4,5	3,5	2,6	1,9	1,2	0,5	1,1	1,6	2,2	2,7
0,6	9,4	7,4	5,9	4,7	3,6	2,7	2,0	1,3	0,6	1,2	1,7	2,3	2,8
0,7	9,6	7,6	6,1	4,8	3,8	2,9	2,1	1,4	0,7	1,3	1,8	2,4	2,9
	залегание контакта «несогласно» с направлением развития горных работ												
0,1	12,8	10,9	9,5	8,3	7,3	6,5	5,8	5,1	4,5	3,9	3,3	2,8	2,3
0,2	13,0	11,1	9,6	8,5	7,5	6,6	5,9	5,2	4,6	4,0	3,4	2,9	2,4
0,3	13,2	11,3	9,8	8,6	7,6	6,8	6,0	5,3	4,7	4,1	3,5	3,0	2,5
0,4	13,4	11,5	10,0	8,7	7,7	6,9	6,1	5,4	4,8	4,2	3,6	3,1	2,6
0,5	13,6	11,6	10,1	8,9	7,9	7,0	6,2	5,5	4,9	4,3	3,7	3,2	2,7
0,6	13,8	11,8	10,3	9,0	8,0	7,1	6,3	5,6	5,0	4,4	3,9	3,3	2,8
0,7	14,0	12,0	10,4	9,2	8,1	7,2	6,5	5,8	5,1	4,5	4,0	3,4	2,9

Расчет ширины зоны смешивания (линейной величины потерь) полезного
ископаемого и включений или жил пустых пород при производстве
буровзрывных работ

Добыча скальных строительных горных пород на месторождении производится с предварительной подготовкой буровзрывным способом.

При условии получения сырья высокого качества техническими условиями на готовую продукцию предусматривается полное исключение засорения полезного ископаемого. Так, при производстве буровзрывных работ необходимо учитывать потери на контактах полезного ископаемого с включениями и жилами пустых пород. Работы по подготовке скальных пород к выемке на карьере производятся одно- и многорядным бурением и взрыванием. Потери полезного ископаемого при этом будут возникать на участках, граничащих с включениями или жилами пустых пород. Величина потерь будет зависеть от следующих факторов: направления развития горных работ, расстояния между отдельными включениями и жилами пустых пород, угла падения включений или жил пустых пород и параметров буровзрывных работ на карьере. Объем потерь будет определяться объемом блока вблизи контакта кварцевых жил, который невозможно подготовить к выемке без перемешивания полезного ископаемого и включений или жил пустых пород, и объемом блока, который отрабатывается вместе с включениями или жилами (В). Для установления нормативов потерь определим минимальную ширину полосы массива полезного ископаемого вблизи контакта с включениями или жилами пустых пород, которая может быть отработана без разубоживания полезного ископаемого. Ширина такого блока равна ширине зоны дробления породы при взрывании скважинных зарядов взрывчатого вещества, которая не затрагивает кварцевые включения $\Pi_{вб} (\min)$ (рисунок 3.14).

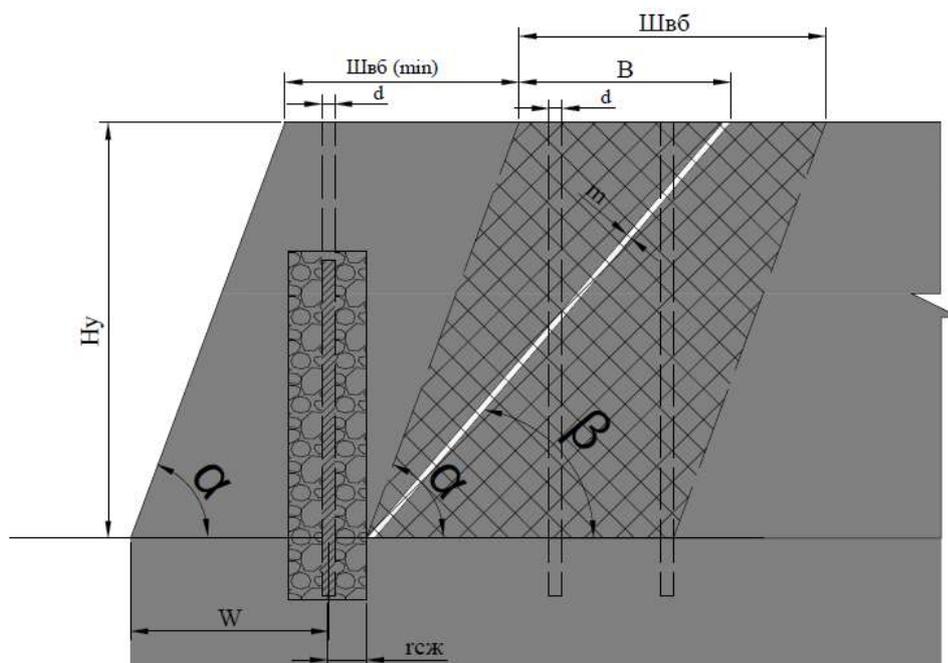


Рисунок 3.14 – Схема к определению минимальной ширины взрывающего блока, исключающей разубоживание полезного ископаемого

Минимальная ширина взрывного блока будет определяться по формуле

$$\text{Ш}_{\text{вб}} (\text{min}) = W + r_{\text{сж}}, \quad (3.15)$$

где W – линия сопротивления по подошве, м;

$r_{\text{сж}}$ – радиус зоны разрушения горных пород сжимающими нагрузками возле скважинного заряда, м.

Уточнить данное значение возможно на основе проведения ряда экспериментальных взрывов на карьере и замера требуемых параметров.

Массив полезного ископаемого, который не может быть подготовлен к выемке без перемешивания с включениями или жилами пустых пород, обрабатывается совместно с ними и относится к потерям. Ширина полосы потерь будет зависеть от угла падения и мощности включений или жил пустых пород и должна корректироваться с учетом возможности обработки данной полосы одно- или многорядным взрыванием скважинных зарядов (рис. 3.15).

Для расчета минимальной ширины взрывающего блока, которая не затрагивает включения или жилы пустых пород, необходимо учитывать расположение скважинного заряда относительно откоса уступа, а также зону

разрушения породы вокруг заряда взрывчатого вещества. Поэтому в ходе расчетов требуется определить величину линии сопротивления по подошве W и радиус зоны разрушения породы сжимающими нагрузками [130, 150].

Существует ряд общепризнанных методик определения линии сопротивления по подошве (ЛСПП). Согласно [196] ЛСПП в метрах определяется величиной удельного расхода ВВ и вместимостью скважин:

$$W = \frac{\sqrt{0,25 \cdot P^2 + 4 \cdot P \cdot q \cdot H_y \cdot L_{\text{скв}} \cdot 0,5q}}{2 \cdot q \cdot H_y}, \quad (3.16)$$

где p – вместимость 1 пог. м скважины в зависимости от диаметра скважины и плотности заряжания Δ ;

q – расчетный удельный расход ВВ, кг/м³;

H_y – высота уступа, м;

$L_{\text{скв}}$ – глубина скважины, м.

Трест «Союзвзрывпром» рекомендует определить предельную величину ЛСПП с учетом взаимодействия соседних зарядов по формуле

$$W = \frac{\sqrt{0,56 \cdot P^2 + 4 \cdot m \cdot P \cdot q_p \cdot H_y \cdot L_{\text{скв}} - 0,75P}}{2m \cdot q \cdot H_y}, \quad (3.17)$$

где m – коэффициент сближения зарядов.

Расчетная величина ЛСПП, м, не должна превышать предельное значение, определяемое по формуле С.А.Давыдова [196]:

$$W = 53K_T \cdot d_{\text{скв}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta}{\gamma \cdot K_{\text{ВВ}}}}, \quad (3.18)$$

где K_T – коэффициент, учитывающий трещиноватость массива;

Δ – плотность заряда ВВ, кг/м³;

γ – плотность пород, кг/м³;

$K_{\text{ВВ}}$ – переводной коэффициент эталонного ВВ к применяемому.

Расчеты, выполненные для проекта буровзрывных работ, показали, что значение W для данного месторождения составляет от 3,7 до 4,1 м (с учетом параметров системы разработки, принятых в проекте на отработку

месторождения). Для расчета потерь следует учитывать наибольшее из расчетных значение, то есть 4,1 м.

Согласно рекомендаций [150] радиус зоны разрушения сжимающими нагрузками, м, определится следующим образом:

$$r_{\text{сж}} = 25 \cdot d \cdot \sqrt{\gamma_{\text{в}}} \cdot \left(\frac{K_{\nu}}{[V]_{\text{сж}}} \right)^{\frac{1,5}{\nu}}, \quad (3.19)$$

где K_{ν} – коэффициент пропорциональности;

$[V]_{\text{сж}}$ – критическая скорость, м/с;

d – диаметр скважин, м;

ν – показатель степени в зоне разрушений.

Коэффициент пропорциональности определяется упругими характеристиками среды:

$$K_{\nu} = \sqrt[3]{\frac{C_{\text{р}}}{9 \cdot \gamma} \cdot \left(\frac{1+\mu}{1-\mu} \right)^2}, \quad (3.20)$$

где μ – коэффициент Пуассона;

$C_{\text{р}}$ – скорость продольных волн, м/с;

$\gamma_{\text{в}}$ – плотность взрывчатого вещества, т/м³;

γ – плотность породы, т/м³.

$$K_{\nu} = \sqrt[3]{\frac{4378}{9 \cdot 2,65} \cdot \left(\frac{1+0,3}{1-0,3} \right)^2} = 8,58.$$

$$r_{\text{сж}} = 25 \cdot 0,11 \cdot \sqrt{0,9} \cdot \left(\frac{8,58}{9,2} \right)^{\frac{1,5}{2,25}} = 2,49 \text{ м.}$$

Таким образом, минимальная ширина взрываемого блока, которая не затрагивает включения или жилы пустых пород, составит

$$\text{Ш}_{\text{вб (min)}} = 4,1 + 2,49 = 6,59 \text{ м}$$

Для условий, когда ширина взрываемого блока меньше расстояния между контактами включений или жил пустых, весь объем полезного ископаемого, находящегося между контактами, будет относиться к потерям (рисунок 3.15).

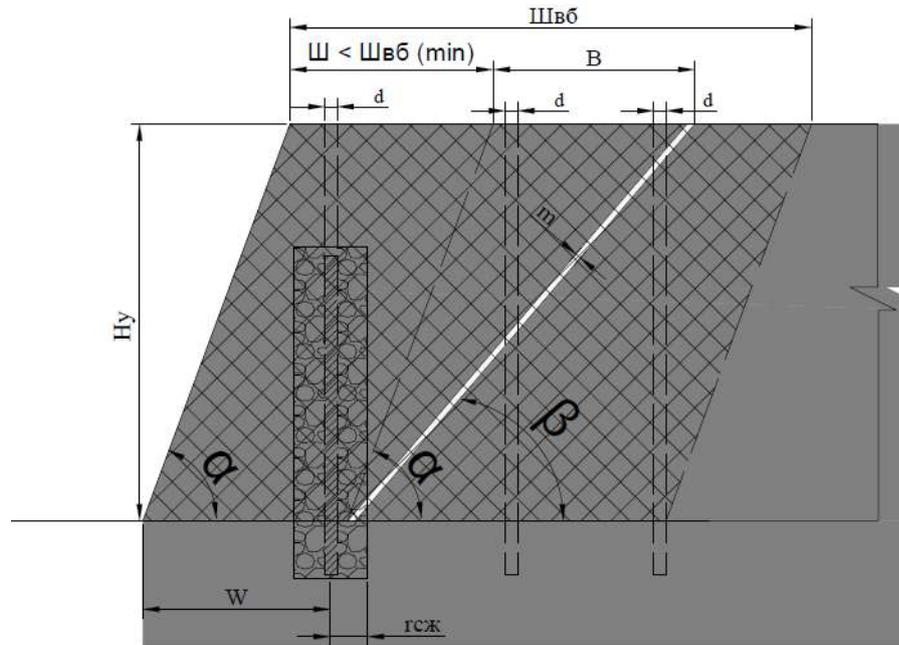


Рисунок 3.15 – Схема к определению потерь в случае отсутствия возможности выделения минимальной ширины взрываемого блока

При применении многорядного взрывания потери будут учитываться по возможности или невозможности размещения ближайшего к контакту с жилами пустых пород ряду скважин, то есть ключевую роль также играет один ряд скважин, дальний от откоса уступа.

При многорядном взрывании размер ширины взрываемого блока $\text{Ш}_{\text{вб}}$, м, определяется следующим образом [179, 180]:

$$\text{Ш}_{\text{вб}} = [W + (n - 1) \cdot b], \quad (3.21)$$

где n – число рядов скважин;

b – расстояние между рядами скважин.

Окончательное значение ширины выемочного блока полезного ископаемого, отнесенного к потерям, предлагается принимать равным ширине взрываемого блока $\text{Ш}_{\text{вб}}$ с учетом следующих условий:

– при отработке одиночных включений или жил пустых пород сравнивать с величиной B и принимать из условия $\text{Ш}_{\text{вб}} \geq B$;

– в зоне частых включений жильных образований сравнивать с величиной B' и принимать из условия $\text{Ш}_{\text{вб}} \geq B'$.

Таким образом, разработка месторождений с малоценными полезными ископаемыми, содержащих включения различных образований других пород, при высоких требованиях к качеству сырья, вынимаемого из массива, сопровождается высокими потерями, которые, в свою очередь, подлежат учету и нормированию. Представленная методика позволяет установить единый методический подход к обоснованию параметров разработки и определению потерь полезных ископаемых, обеспечивающих эффективную разработку подобных месторождений.

3.3.4 Геотехнологические решения по управлению параметрами горнотехнической системы при расширении номенклатуры продукции горнодобывающего предприятия на основе техногенных георесурсов

Выработанное карьерное пространство, отвалы горных пород, занимаемая карьером и отвалом площадь являются потенциальным ресурсом. Соответствующее их формирование позволяет перевести эти ресурсы в разряд ценной продукции предприятия.

С целью максимального использования карьерного пространства в качестве емкости для складирования вскрышных пород предложен способ формирования отвалов на верхних горизонтах, достигших предельного положения в действующем карьере. Исследования ряда карьеров Челябинской области показали, что внешние отвалы располагаются от контуров карьера на расстоянии L от 20-50 м до нескольких сотен метров. Это расстояние зависит от мощности и физико-механических свойств пород основания отвала, от рельефа поверхности, на которой формируется внешний отвал (рисунок 3.16) [68].

Расстояние L должно обеспечивать устойчивость борта карьера, сложенного мягкими породами, а также устойчивость борта в целом, коэффициент запаса устойчивости при этом должен быть не менее 1,3–1,5.

Предлагаемый способ формирования отвала предусматривает дополнительную выемку части слоя мягких пород, слагающих верхние горизонты карьера, и складирование на освобождаемое место скальной вскрыши.

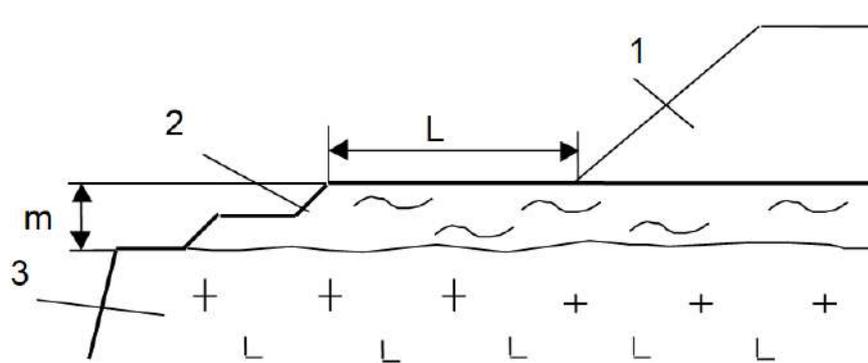


Рисунок 3.16 – Схема к определению расстояния между внешним отвалом и карьером:

- 1 – отвал; 2 – участок борта, сложенный мягкими породами; 3 – участок борта, сложенный скальными породами; 4 – наиболее вероятная линия скольжения; m – мощность слоя мягких пород, слагающих верхние горизонты карьера; L – расстояние между контуром карьера и отвалом

Это позволяет организовать внутренние отвалы в действующем карьере с плавным переходом во внешние отвалы (рисунок 3.17) [68].

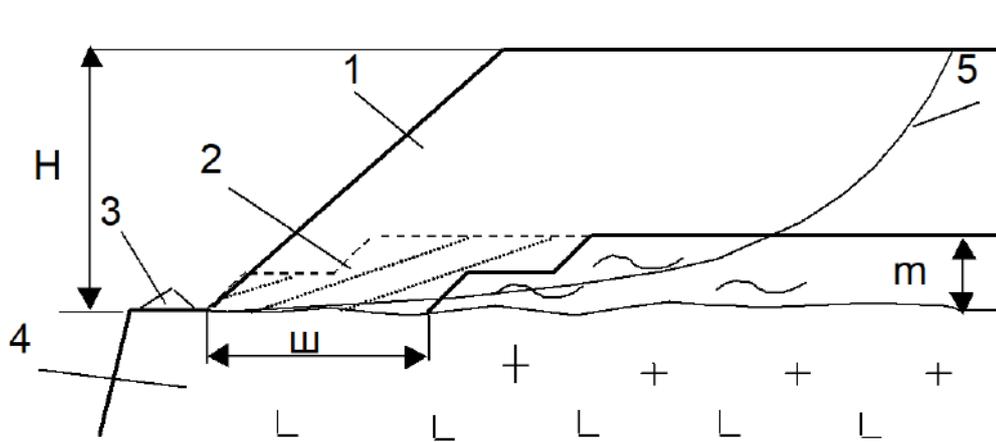


Рисунок 3.17 – Схема расположения отвала на верхних горизонтах карьера:
 1 – отвал; 2 – вынимаемый слой мягких пород; 3 – предохранительный вал исключаяющий просыпание отвальных пород на нижележащие горизонты; 4 – участок борта сложенный скальными породами; 5 – наиболее вероятная линия скольжения; m – мощность слоя мягких пород слагающих верхние горизонты карьера; $ш$ – ширина вынимаемого слоя мягких пород; H – высота отвала

При формировании карьерного пространства и отвала предлагаемым способом слой вынимаемых мягких пород вывозится на расстояние L_1 (рисунок 3.18), которое обеспечивает эффективность данного подхода, то есть суммарные затраты на выемку слоя мягких пород и перевозку их на расстояние L_1 должны быть меньше затрат на формирование отвала при стандартном подходе.

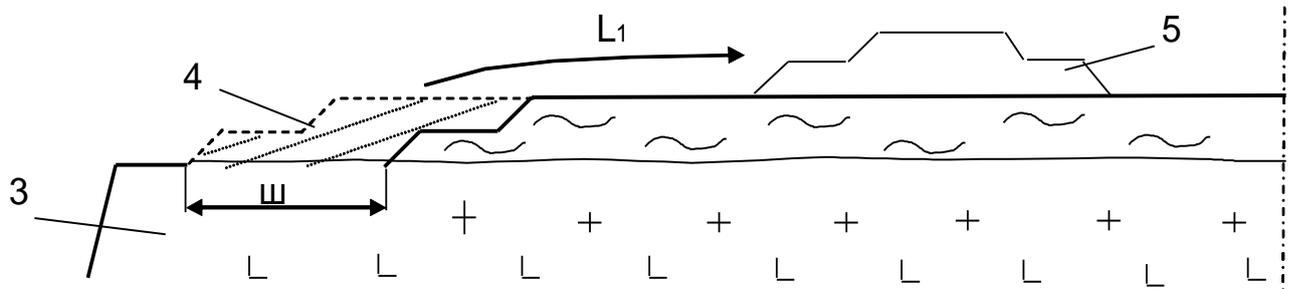


Рисунок 3.18 – Предлагаемый способ формирования борта карьера:

3 – участок борта, сложенный скальными породами; 4 – вынимаемый слой мягких пород; 5 – отвал мягких пород; L_1 – расстояние, на которое вывозятся мягкие породы

Возможность дополнительной выемки мягких пород и отсыпки отвала предлагаемым способом должна рассматриваться на стадии проектирования карьера. Формирование отвала данным способом осуществляется на борту карьера, имеющем достаточную устойчивость [41, 59, 100, 163].

Высота отвального яруса H будет зависеть от физико-механических свойств, отсыпаемых в отвал и слагающих верхние горизонты карьера пород, а также от ширины вынимаемого слоя мягких пород $\mathbf{Ш}$ и от их мощности \mathbf{m} .

Для обоснования целесообразности использования предлагаемого способа формирования отвала была принята модель участка борта карьера длиной 100 м с параметрами: мощность наносов $m = 10-20$ м; ширина вынимаемого слоя $\mathbf{Ш} = 25-40$ м; физико-механические свойства наносов $\varphi_1=10^\circ$, $C_1=0,013$ МПа, $\gamma_1=1,73$ т/м³; $\varphi_2=15^\circ$, $C_2=0,016$ МПа, $\gamma_2=1,9$ т/м³; $\varphi_3=20^\circ$, $C_3=0,03$ МПа, $\gamma_3=1,9$ т/м³; физико-механические свойства отвальных пород $\varphi=30^\circ$, $C=0,03$ МПа, $\gamma=2,7$ т/м³.

Для принятых параметров модели участка борта карьера и организуемого на нем отвала найдены зависимости приращения объема отвала от ширины вынимаемого слоя мягких пород (рисунки 3.19, 3.20).

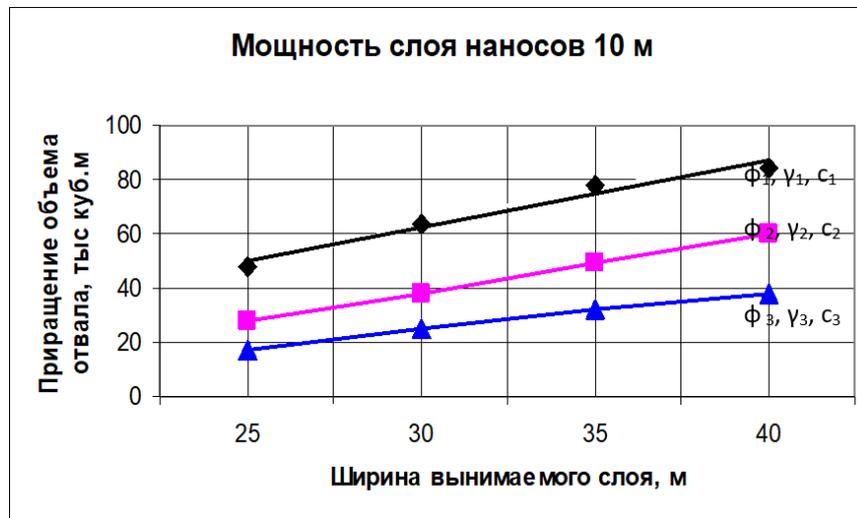


Рисунок 3.19 – Графики зависимости приращения объема отвала от ширины вынимаемого слоя с различными физико-механическими свойствами ϕ , c , γ

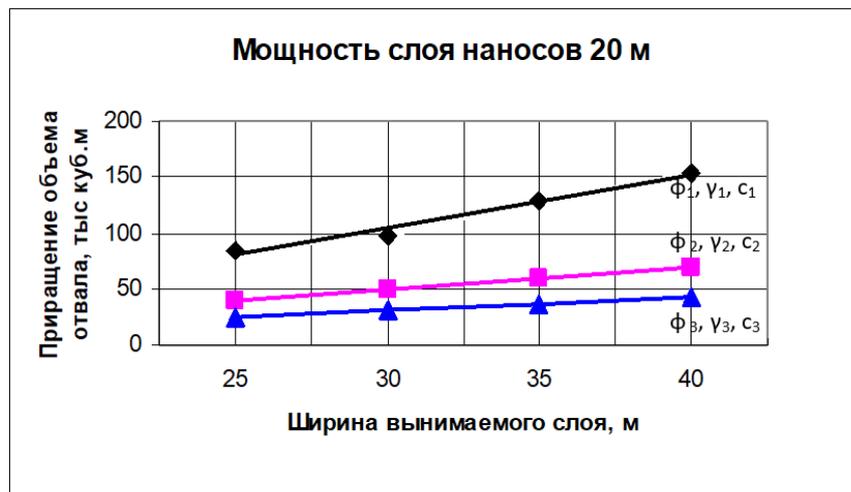


Рисунок 3.20 – Графики зависимости приращения объема отвала от ширины вынимаемого слоя с различными физико-механическими свойствами ϕ , c , γ

За величину приращения объема отвала была принята разность между объемом отвала, отсыпаемого на месте вынимаемого слоя, и объемом вынимаемых мягких пород верхних горизонтов карьера. Положительное значение величины приращения доказывает целесообразность применения предлагаемого способа.

Подбор высоты формируемого отвала на борту карьера основан на оценке устойчивости откоса по круглоцилиндрической, наиболее вероятной линии скольжения [2, 165, 189, 222], при этом коэффициент запаса устойчивости равен 1,3.

Необходимая ширина вынимаемого слоя определяется максимальной высотой проектируемого отвала. В работе получены зависимости, позволяющие определять ширину вынимаемого слоя мягких пород с разными значениями угла внутреннего трения при изменении высоты отвала (рисунок 3.21).

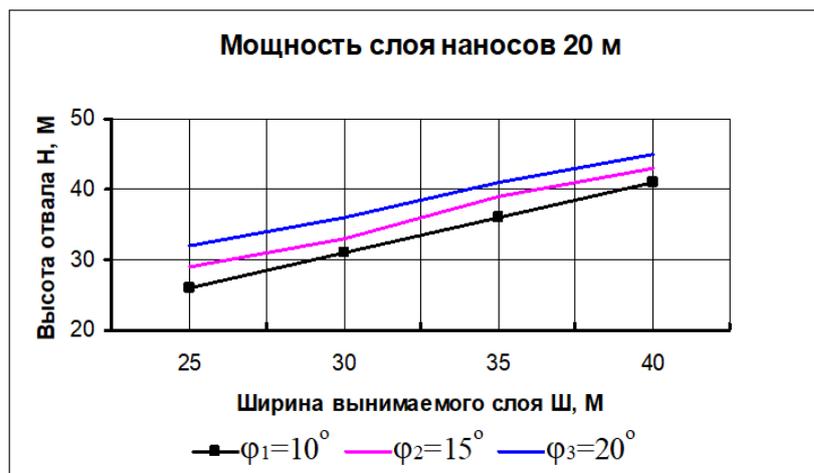


Рисунок 3.21 – График изменения высоты отвала от ширины вынимаемого слоя с различными углами внутреннего трения φ

Складирование вынимаемого слоя наносов в отвал должно обеспечивать необходимую устойчивость отвальных откосов. Поэтому предлагается совместное складирование различных типов пород, которое при определенных условиях позволяет получить высоту отвала, равную высоте отвала прочных скальных пород (рисунки 3.22, 3.23). Тогда необходимая площадь одного общего отвала будет равна отношению объема всех пород к высоте отвала скальных пород [68].

Таким образом, раздельное складирование пород с различными физико-техническими свойствами в один отвал потребует значительно меньших площадей, чем при размещении этих пород в отдельные отвалы [31].

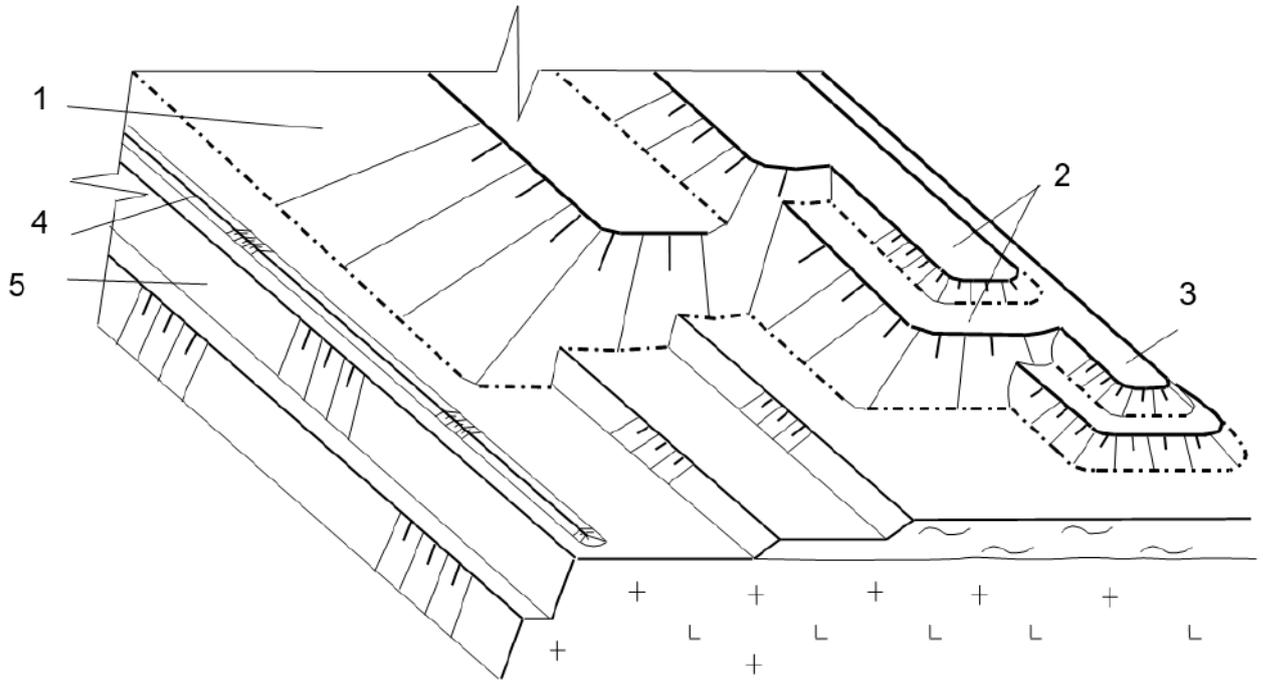


Рисунок 3.22 – Предлагаемый способ формирования техногенных объектов в общем виде: 1 – породы скальной вскрыши; 2 – полускальные породы вскрыши; 3 – глинистые породы; 4 – предохранительный вал; 5 – контур карьера

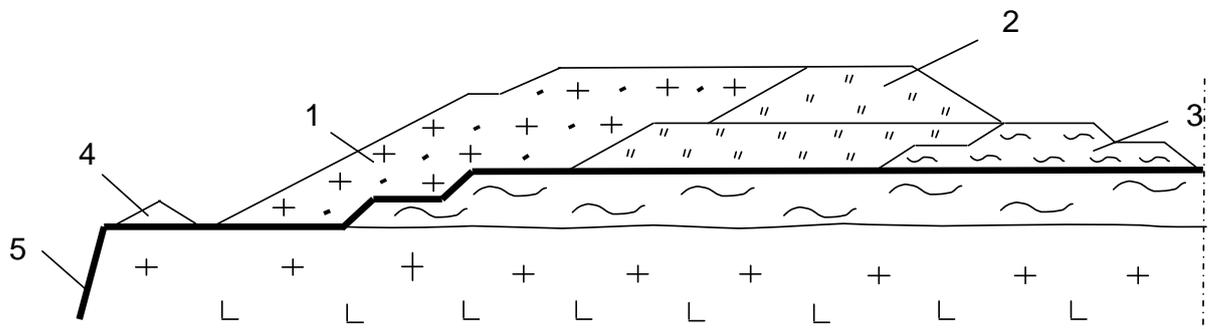


Рисунок 3.23 – Предлагаемый способ формирования техногенных объектов в разрезе: 1 – породы скальной вскрыши; 2 – полускальные породы вскрыши; 3 – глинистые породы; 4 – предохранительный вал; 5 – контур карьера

Экономический эффект, получаемый при приближении внешних отвалов к контуру карьера, от снижения расстояния транспортирования вскрышных пород будет определяться как [68]

$$\mathcal{E} = L \cdot C_{\text{ТКМ}} \cdot V - Z_{\text{ф.б.}}, \quad (3.22)$$

где L – расстояние, на которое сокращается транспортирование пород в отвал, км; $C_{\text{ТКМ}}$ – стоимость тонно-километра, руб.; V – объем отвала, т; $Z_{\text{ф.б.}}$ – затраты

на формирование борта карьера, сложенного мягкими породами, для размещения отвала, руб.

$$Z_{\text{ф.б.}} = C_{\text{в}} \cdot V_{\text{в.п.}} + L_1 \cdot C_{\text{ткм}} \cdot V_{\text{в.п.}} \cdot \rho \quad (3.24)$$

где $C_{\text{в}}$ – стоимость выемки мягких пород (без буровзрывных), руб.; $V_{\text{в.п.}}$ – объем вынимаемых мягких пород при формировании борта карьера под отвал, м^3 ; L_1 – расстояние, на которое вывозится слой мягких пород, км; ρ – плотность вынимаемых пород, $\text{т}/\text{м}^3$.

Определение максимального расстояния, на которое вывозится слой мягких пород, производится по формуле

$$L_1 = \frac{L \cdot C_{\text{ткм}} \cdot V - C_{\text{в}} \cdot V_{\text{вп}}}{C_{\text{ткм}} \cdot V_{\text{вп}} \cdot \rho} \quad (3.24)$$

Предлагаемый способ формирования карьерного пространства следует рассматривать как способ формирования нового вида георесурса, используемого для складирования пород отвалов. Преимуществами такого способа являются:

1. Уменьшение среднего расстояния транспортирования до отвала.
2. Часть отвальных пород складировается внутри карьера, что снижает экологические платежи и сокращает занимаемые отвалами площади.
3. Скальные породы, складированные на верхних горизонтах карьера, предотвращают возможные оползневые явления мягких пород.

Правильно выбранный способ формирования отвалов и карьерного пространства позволит использовать их в дальнейшем с целью снижения ресурсоемкости освоения месторождения.

Поставленную задачу повышения ценности техногенных георесурсов предлагается решать в следующем порядке:

1. Разделение всех вынимаемых с полезным ископаемым горных пород по выделенным категориям.
2. Определение направлений использования по каждой категории пород.
3. Расчет ценности отвалов, формируемых с учетом выбранных направлений и условий их использования.

4. Проведение анализа повышения ценности формируемого карьерного пространства, используемого для складирования вскрышных пород. Проведение анализа включает:

- Исследование возможности интенсивной отработки части карьерного поля.
- Исследование возможности изменения схем вскрытия месторождения.
- Исследование возможности изменения конструкции нерабочих бортов карьера: а) дополнительная выемка части слоя мягких пород, слагающих верхние горизонты карьера; б) придание дну карьера выпукло-вогнутого профиля; в) формирование заездов и предохранительных валов на широких площадках бортов карьера.

5. Определение направления использования отработанного карьерного пространства. Расчет ценности карьерного пространства. С учетом этого корректировка плана горных работ.

Критерием выбора способов формирования техногенных георесурсов является максимальное значение ценности получаемых георесурсов.

Таким образом, эффективность деятельности горного предприятия следует оценивать не только опираясь на внутрипроизводственные показатели, но и на то, что предприятие работает в некотором окружении (внешней среде) [68].

Общество, рынок определяют потребности в выпускаемой им продукции, ее цену, допустимые уровни воздействия на природную окружающую среду, условия найма рабочей силы, социальные гарантии и оценивают, насколько нужна и эффективна работа предприятия. Оценивать эффективность горного предприятия следует только, обратившись к характеристикам его взаимодействия с окружающей внешней средой, включая в это понятие рыночные отношения.

Из этого следует, что правильно измерить эффективность работы карьера можно, лишь правильно оценив ресурсы, которые потребляет предприятие, изымая их с этой целью у общества, и вновь создает, поставляя их взамен используемых. Оценки любого эффекта всегда должны базироваться на

совместном учете ресурсов, потребляемых на входе рассматриваемого процесса и получаемых на его выходе [211].

На вход любого процесса горного предприятия поступают следующие ресурсы:

- производственные – производственные мощности (основные фонды), сырьевые, материальные и топливно-энергетические;
- природные – земельный отвод с его биоресурсами и полезными ископаемыми недр;
- трудовые – коллектив профессионально обученных работников необходимой квалификации;
- научно-технологические – научные знания, воплощенные в используемых на предприятии технологиях.

Расходуемую часть ресурсов именуют затратами Z . Ресурсы, получаемые на выходе процесса, образуют его результат R . Основным результатом любого производства является выпускаемая продукция. К продукции работы карьера предложено относить:

- основные добываемые полезные ископаемые;
- попутно-добываемые полезные ископаемые;
- техногенные георесурсы, такие как:
 - отвалы в виде техногенных месторождений;
 - отвалы в виде земляных сооружений;
 - выработанное пространство карьера в виде емкости или в виде строительного полигона.

Таким образом, расчет экономического эффекта, получаемого при освоении месторождений открытым способом, характеризуется определенным соотношением затрат Z и приносимых им результатов R , при этом данные величины должны быть выражены в стоимостных единицах измерения. Так, обоснованный в работе показатель ценности техногенных георесурсов, имеющий стоимостную единицу измерения, позволяет учитывать новые

техногенные георесурсы в расчете экономической эффективности работы горного предприятия.

Выводы по главе 3

1. В работе произведена систематизация параметров горнотехнической системы по ее элементам с выделением основных показателей и общетехнических характеристик. Для повышения комплексности освоения участка недр и устойчивости функционирования горнотехнической системы в качестве основных ее показателей следует рассматривать: объем вовлекаемых в разработку запасов полезного ископаемого; производительность карьера; качество добываемого сырья; номенклатуру выпускаемой продукции, включая техногенные георесурсы и выполнение основных и вспомогательных технологических процессов сторонними предприятиями.

2. Сформирована концепция повышения эффективности открытой геотехнологии, которая основывается на предложенном подходе к обоснованию, выбору и управлению параметрами горнотехнической системы. Подход заключается в развитии различных направлений освоения имеющейся и формируемой ресурсной базы участка недр и предусматривает гибкое изменение основных показателей системы в зависимости от внешних и внутренних изменяющихся факторов. При этом управление параметрами горнотехнической системы предполагает изменение состава, структуры и значений выделенной группы параметров в зависимости от этапа освоения ресурсной базы участка недр и принятых значений основных показателей.

3. Комплекс направлений деятельности горнодобывающего предприятия и развитие основных показателей горнотехнической системы во многом зависит от территориального расположения участка недр, удаленности от промышленных районов с развитой инфраструктурой и условий рынка. От этих факторов также зависит возможность использования различных способов организации деятельности, которые могут включать привлечение сторонних организаций или выполнение работ только собственными силами с расширением номенклатуры

продукции и услуг. Таким образом, в работе выделяются и рассматриваются следующие способы организации деятельности горнодобывающего предприятия:

1-й способ – с использованием собственных ресурсов, без расширения видов деятельности горнодобывающего предприятия (классический способ); 2-й способ – с использованием ресурсов сторонних организаций; 3-й способ - с использованием собственных ресурсов и сторонних организаций; 4-й способ – с использованием собственных ресурсов и расширением видов деятельности горнодобывающего предприятия. 4-й способ предполагает выполнение большей части технологических процессов собственными силами, с выпуском новых видов продукции в расширенном ассортименте и номенклатуре, с выполнением технологических процессов открытой геотехнологии для сторонних предприятий.

4. Для различных направлений развития основных показателей горнотехнической системы разработаны конкретные геотехнологические решения по управлению параметрами горнотехнической системы.

Для условий вовлечения в разработку запасов прибортовых рудных зон определена зависимость изменения объема прирезаемой горной массы от глубины карьера и угла откоса борта при отклонении его значения на 1° . Разработана номограмма, учитывающая зависимость между изменением объема прирезаемой горной массы, различных значений углов откоса и их отклонениях на величину от 1 до 5° , а также прирост дополнительно вовлекаемых объемов полезного ископаемого при значениях коэффициента вскрыши в диапазоне от 5 до $10 \text{ м}^3/\text{т}$.

5. Установлено, что обеспечение требуемого повышения производительности карьера, обусловленное изменением конъюнктуры рынка, производится за счет привлечения дополнительного горнотранспортного оборудования, изменения параметров системы разработки и участков активной рабочей зоны, а также концентрацией и интенсивностью горных работ на основе

сбалансированности их значений в зависимости от целевых показателей предприятия.

Исследованиями доказано, что с увеличением линейных параметров и единичной производственной мощности применяемых в настоящее время гидравлических экскаваторов возрастает их абсолютная производительность и снижается удельная производительность на 1 м^3 емкости ковша. Таким образом, удельная производительность существующих гидравлических экскаваторов с емкостью ковша менее $5\text{--}6 \text{ м}^3$ в $1,5\text{--}2$ раза выше, чем у экскаваторов с емкостью ковша более $20\text{--}22 \text{ м}^3$. Соответственно, интенсивность отработки участка экскаваторами с меньшей емкостью ковша будет выше, чем при использовании экскаваторов с большой емкостью ковша при условии равного суммарного объема емкости ковшей всех сравниваемых экскаваторов.

6. Доказано, что на ограниченном участке активной рабочей зоны при переходе на уступы меньшей высоты с сохранением или уменьшением угла откоса рабочего борта, при максимальной концентрации выемочного оборудования, соответствующего параметрам системы разработки, возможно сохранение или повышение интенсивности отработки с одновременным повышением селективности вынимаемой из массива горной массы.

7. Установлено, что при максимальной концентрации оборудования и неизменной высоте уступа, с увеличением угла откоса рабочего борта, интенсивность отработки участка рабочей зоны повышается. При этих условиях с переходом на экскаваторы с большей емкостью ковша интенсивность резко возрастает. Формирование рабочего борта уступами высотой 5 м ограничивает эффективное применение экскаваторов с большой емкостью ковша и результирующий угол его откоса до $13\text{--}14^\circ$, однако при этом интенсивность отработки участка рабочей зоны с этими параметрами сопоставима по значениям с интенсивностью, получаемой на рабочих бортах с высотой уступа более $10\text{--}15 \text{ м}$ и углом откоса до 24° при максимальной концентрации соответствующего параметрам уступа оборудования. Интенсификация горных работ в таких условиях целесообразна при разработке полезного ископаемого высокой

ценности и возможности снижения потерь и разубоживания, а также повышения товарной стоимости продукции за счет селективной выемки или увеличения ее ассортимента, обеспечивающих в целом повышение доходности предприятия или продление срока его службы.

8. Разработана методика обоснования параметров разработки и определения потерь малоценного строительного сырья с высокими требованиями к его качественным показателям, которая предусматривает различное количество, мощность, азимут и угол падения включений и жильных образований в массиве полезного ископаемого по глубине и простиранию, различную горизонтальную мощность данных включений, различные варианты сочетаний углов наклона контактов одиночных включений и жил с направлением развития горных работ в условиях разработки месторождения с предварительной подготовкой горных пород к выемке буровзрывным способом.

9. Представлены способы формирования отвалов и выработанного карьерного пространства в виде техногенных георесурсов, расширяющие номенклатуру продукции горнодобывающих предприятий и в целом их сферу деятельности от комплексного освоения запасов месторождения полезных ископаемых до комплексного освоения участка недр, который необходимо рассматривать в совокупности с формируемой горнотехнической системой. Доказано, что оценку параметров горнотехнической системы при формировании техногенных георесурсов следует производить на основе разработанной методики определения ценности.

4 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

4.1 Исследование влияния геомеханических и конструктивных параметров горнотехнической системы на эффективность разработки при увеличении объема вовлекаемых в разработку запасов

4.1.1 Исследование влияния параметров горнотехнической системы на эффективность разработки при вовлечении участка новых запасов

Предприятия, разрабатывающие месторождения строительных горных пород, оказывают существенное влияние на экономику регионов и страны в целом [139, 230, 258]. Так, например, Круторожинский карьер, являющийся структурной единицей АО «Орское карьероуправление», является одним из самых высокопроизводительных карьеров по добыче строительного камня в России [144].

Предприятием АО «Орское карьероуправление» на базе Круторожинского месторождения строительного камня с целью повышения эффективности производства и снижения себестоимости выпускаемой продукции предусмотрены мероприятия по недопущению развития ряда возможных негативных факторов. С увеличением глубины карьера увеличиваются прочностные свойства горных пород, что повлияет на увеличение затрат на переработку полезного ископаемого и приводит к снижению выхода кубовидного щебня [139, 230, 258]. Кроме того, при увеличении глубины разработки неизбежно повышение затрат на транспортирование горной массы и водоотлив карьерных вод. Таким образом, для поддержания имеющегося уровня качества полезного ископаемого и сдерживания роста себестоимости продукции необходимо проведение мероприятий по рассредоточению грузопотоков с верхних и нижних горизонтов и усреднению добываемого строительного камня [246, 260]. Поэтому специалистами предприятия было принято решение расширить контуры разработки месторождения и вовлечь в разработку запасы, расположенные в северо-восточной части участка недр.

Северо-Круторожинский участок характеризуется перепадами высот поверхности и колебаниями мощности покрывающих вскрышных пород в различных частях рассматриваемого участка в пределах 10-14 м. Выбор места вскрытия участка и направления развития горных работ должен обеспечивать снижение колебания текущего коэффициента вскрыши по годам разработки, минимальные затраты на транспортирование горной массы за счет взаимоувязки параметров горнотехнической системы при отработке Северо-Круторожинского участка совместно с Круторожинским месторождением [20, 26, 144, 259].

План расположения Круторожинского и Северо-Круторожинского участков представлен на рисунке 4.1.

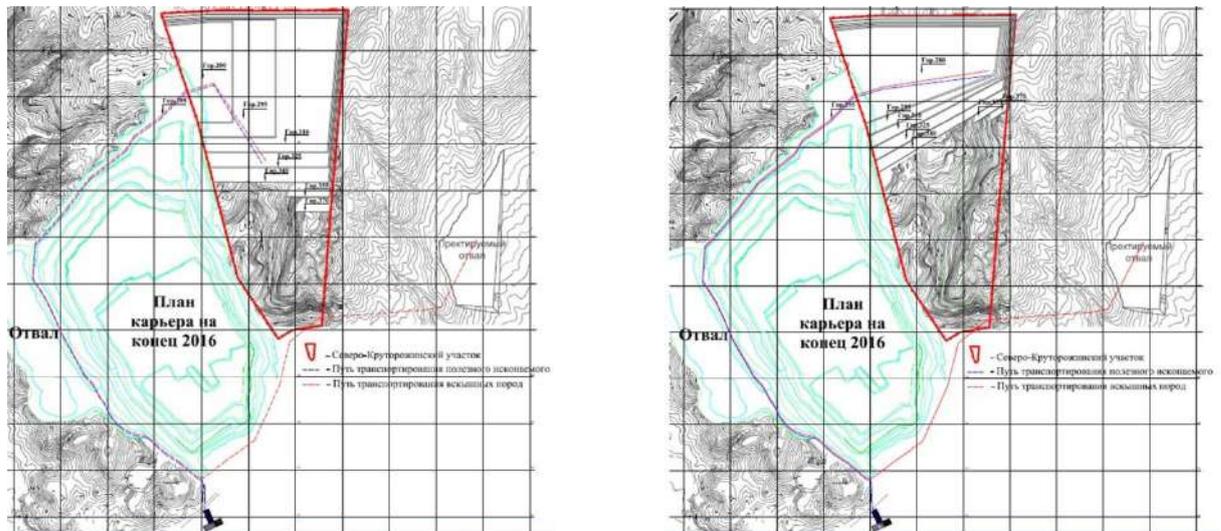


Рисунок 4.1 – План расположения Круторожинского и Северо-Круторожинского участков

На момент исследований проектная производительность предприятия по полезному ископаемому составляла 3,0 млн м³ в плотном теле в год. Годовая проектная мощность карьера на Северо-Круторожинском участке была принята равной 0,5–1 млн м³ в плотном теле.

Для моделирования были приняты к рассмотрению три возможных варианта развития горных работ Северо-Круторожинского участка месторождения. При оценке вариантов развития горных работ на Северо-Круторожинском участке были сохранены принятые при разработке

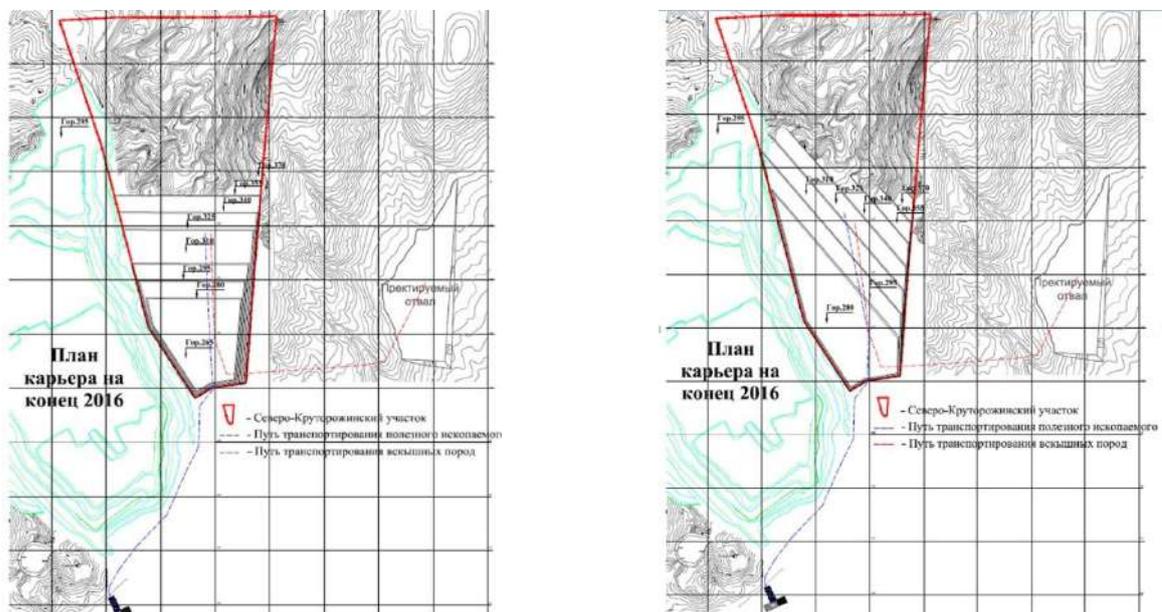
Круторожинского месторождения параметры системы разработки, режим работы предприятия. Рассматриваемые варианты представлены на рисунках 4.2–4.4.



а

б

Рисунок 4.2 – План карьера при первом варианте вскрытия Северо-Круторожинского участка: а – расположение южного борта по нормали к линии простирания исследуемого участка; б – расположение южного борта по диагонали к линии простирания исследуемого участка



а

б

Рисунок 4.3 – План карьера при втором варианте вскрытия Северо-Круторожинского участка: а – расположение северного борта по нормали к линии простирания исследуемого участка; б – расположение северного борта по диагонали к линии простирания исследуемого участка

Первым вариантом предусматривалось:

– развитие горных работ с северо-восточного участка существующего карьера, расположение фронта работ по нормали к линии простирания исследуемого участка и транспортирование горной массы по восточному борту существующего карьера (1.1), транспортирование горной массы по западному борту существующего карьера (1.2), транспортирование полезного ископаемого по восточному борту существующего карьера, а вскрыши по дороге, проходящей по Северо-Круторожинскому участку (1.3);

– развитие горных работ с северо-восточного участка существующего карьера, расположение южного борта по диагонали к линии простирания исследуемого участка, что позволяет уменьшить объемы вскрыши по годам разработки по сравнению с вариантами 1.1–1.3. Транспортировка горной массы рассматривалась по восточному борту существующего карьера (1.4), по западному борту существующего карьера (1.5), транспортирование полезного ископаемого по восточному борту существующего карьера, а вскрыши по дороге, проходящей по Северо-Круторожинскому участку (1,6).

Вторым вариантом предусматривалось:

– развитие горных работ с юга исследуемого участка в северном направлении, фронт горных работ располагается в крест линии простирания участка (2.1);

– развитие горных работ с юго-восточного участка существующего карьера с подвиганием фронта работ в северо-восточном направлении (2.2), расположение северо-восточного борта по диагонали к линии простирания исследуемого участка позволяет уменьшить объемы вскрыши по годам разработки по сравнению с вариантом 2.1.

Третьим вариантом предусматривалось развитие горных работ с северо-востока с направлением подвигания фронта работ в западном направлении (первые 10 лет) и затем в южном. Транспортировка полезного ископаемого предусматривается по западному борту существующего карьера, вскрыши по дороге, расположенной на Северо-Круторожинском участке.

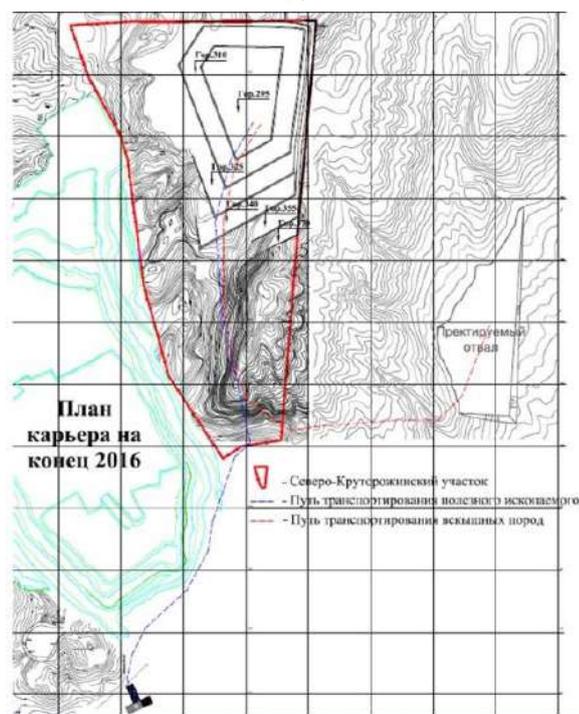


Рисунок 4.4 – План карьера при третьем варианте вскрытия Северо-Круторожинского участка

Проведение исследований производилось в условиях следующих ограничений, связанных с особенностями освоения участка недр. По результатам первого этапа были приняты следующие решения:

- исключить проведение буровзрывных работ на косогоре вновь прирезаемого участка, которые будут связаны с высокими трудозатратами;
- предусмотреть возможность отсыпки вскрышных пород в течение первых 3 лет эксплуатации в существующий отвал, а в дальнейшем во вновь формируемый;
- принять производительность по полезному ископаемому в первый год эксплуатации – 500 тыс. м³ в плотном теле, начиная со второго года – 1000 тыс. м³.

Значения коэффициентов вскрыши по рассматриваемым вариантам представлены в таблице 4.1, анализ расстояний транспортирования горной массы – в таблице 4.2 [201].

Таблица 4.1 – Сравнение вариантов отработки по коэффициенту вскрыши по годам отработки

Год отработки	Значения коэффициентов вскрыши по вариантам						
	Варианты 1.1-1.3	Вариант 1.4	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 3	Вариант 1 (Q _{пн} = 0,5 млн м ³ в 1 год)	Вариант 2 (Q _{пн} = 0,5 млн м ³ в 1 год)
1	0,82	0,77	1,49	1,03	2,19	0,69	1,86
2	0,68	0,52	0,98	0,59	0,4	0,27	-
3	0,13	0,27	0,53	0,63		0,28	-
4	0,16	0,33	0,1	0,49	0,49	0,31	-
5	0,22	0,1	0,1	0,49		0,08	-
6-10	0,82	0,36	0,56	0,37	0,27	-	-
Всего за 10 лет	0,61	0,38	0,6	0,51	0,44	-	-

Таблица 4.2 – Средние расстояния транспортирования горной массы по рассматриваемым вариантам вскрытия

Вариант	Среднее расстояние транспортирования	
	Полезного ископаемого	Вскрыши
1.1	2,7	2,1
1.2	2,1	4
1.3	2	2,7
1.4	2,1	2,1
1.5	2,1	4
1.6	2,8	1,9
2.1	1,2	1,38
2.2	1,2	1,38
3	2,1	2,3

Результаты расчета технико-экономических показателей по вариантам представлены на рисунках. 4.5–4.6.

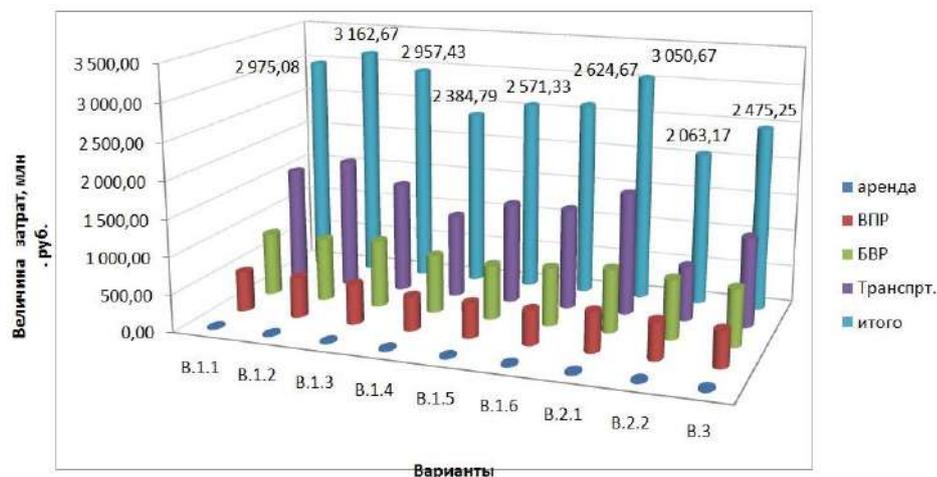


Рисунок 4.5 – Распределение затрат по операциям и по вариантам

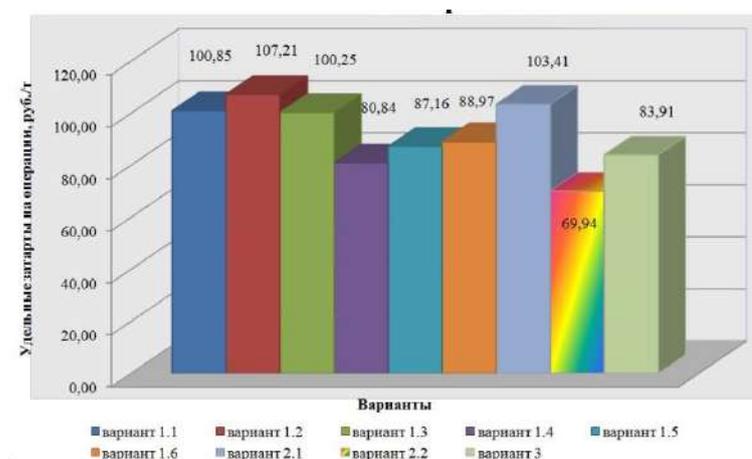


Рисунок 4.6 – Диаграмма средних значений себестоимости по вариантам

Результаты выполненных расчетов показали, что применительно к карьерам строительного камня со схожими горно-геологическими условиями, варианты вскрытия и развития горных работ, обеспечивающие наименьшие расстояния транспортирования горной массы, с экономической точки зрения более предпочтительны, чем варианты, характеризующиеся меньшим текущим коэффициентом вскрыши.

Несмотря на то, что самый низкий показатель удельных затрат за 5-летний период соответствует варианту 2.2, он не был принят недропользователем из-за ряда внутренних ограничений, связанных с организацией формирования нового отвала и соответствующих рисков экономических потерь. Поэтому к реализации принят вариант 1 (с производительностью в первый год 0,5 млн м³ в год). Этот выбор обусловлен самым низким объемом вскрышных работ и возможностью размещения вскрыши на уже существующем отвале в течение трех лет и при этом имеется возможность в первоначальные периоды осуществлять разработку имеющимся на предприятии горнотранспортным оборудованием без привлечения подрядных организаций.

Таким образом, при увеличении объема вовлекаемых в разработку запасов Северо-Круторожинского участка Круторожинского месторождения на выбор варианта развития горных работ и параметров горнотехнической системы повлияли факторы, которые кроме экономической эффективности учитывают особенности участка недр и соответствующие риски экономических потерь.

4.1.2 Исследование влияния параметров горнотехнической системы на эффективность разработки при освоении нескольких участков месторождения

Реализация многих инвестиционных проектов по освоению крупномасштабных месторождений отдельных территорий Российской Федерации во многом сдерживается недостаточным уровнем развития транспортной и социальной инфраструктуры, рисками принятия нерациональных проектных решений, а также недостаточной проработкой вариантов стратегических направлений развития горных работ и предприятия в целом [35, 77, 251, 259].

Особенно важно еще на стадии проектирования выбрать наиболее оптимальное направление развития горных работ, параметры системы разработки, обеспечивающие минимальные затраты на основные технологические процессы добычи и перспективу эффективного развития предприятия [4, 57, 74, 161].

Выбор параметров горнотехнической системы и стратегии развития горных работ рассмотрен на примере Мокулаевского месторождения известняков.

В административном отношении Мокулаевское месторождение находится на территории Таймырского (Долгано-Ненецкого) муниципального района и примыкает к северо-западным границам района Талнах, входящего в состав единого муниципального образования г. Норильска.

Практически повсеместно на площади работ развита многолетняя мерзлота, достигающая глубины 300-420 м в горных районах. В долинах рек, ручьев, озерных котловинах встречаются сквозные таликовые зоны. Климат района Мокулаевского месторождения резко континентальный, суровый, характерный для Заполярья.

Мокулаевское месторождение разделено опущенным тектоническим блоком на два участка: Северо-Мокулаевский и Мокулаевский.

Северо-Мокулаевский участок находится в северной части Мокулаевского месторождения на правобережье реки Мокулай и является наиболее удаленным от промплощадок района Талнах и крупным по запасам кондиционных известняков.

Северо-Мокулаевский участок простирается с северо-запада на юго-восток. Падение пород северо-восточное под углом 5-8°. С юга и севера участок ограничен тектоническими нарушениями. В составе участка выявлены три пачки известняков (2, 4, 6) средней мощностью 10,4, 7, 7 м соответственно по пачкам и 8,9 м в целом. Средняя мощность прослоев между пачками от 2 м до 17,3 м (в среднем 9,9 м). Вскрыша на участке представлена рыхлыми и скальными породами. Мощность рыхлой вскрыши варьирует в среднем от 4,9 до 23,2 м, скальной – от 2,3 до 63,7 м.

Северо-Мокулаевский и Мокулаевский участки месторождения предусматриваются к разработке открытым способом одноименными карьерами.

Полезное ископаемое месторождения – известняк – планируется использовать для нужд цементного производства и металлургического завода.

Заданная производственная мощность карьера составляет 4,0 млн т дробленого известняка в год.

Пространственное расположение проектных карьеров выделенных участков Мокулаевского месторождения представлены на рисунке 4.7.

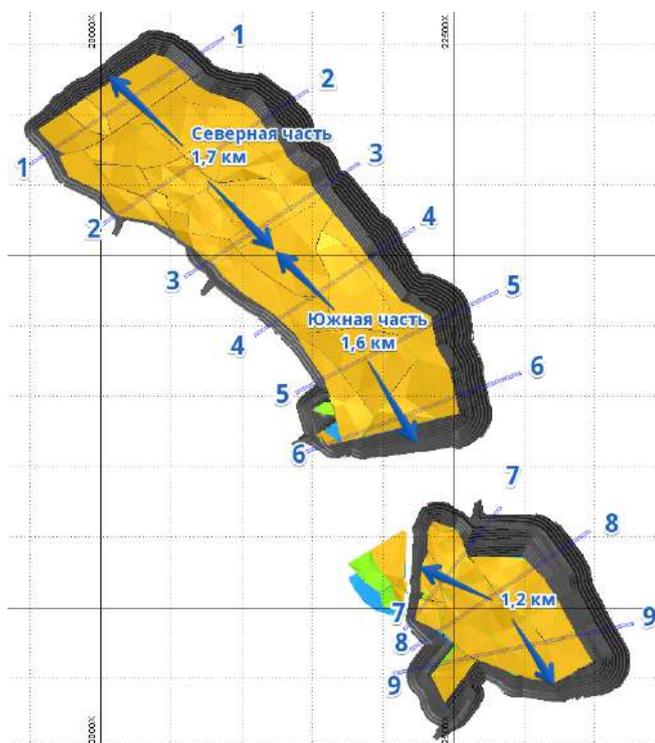


Рисунок 4.7 – Расположение участков горных работ на Мокулаевском месторождении и их размеры

Некоторые горнотехнические разрезы по Северо-Мокулаевскому участку Мокулаевского месторождения представлены на рисунке 4.8.

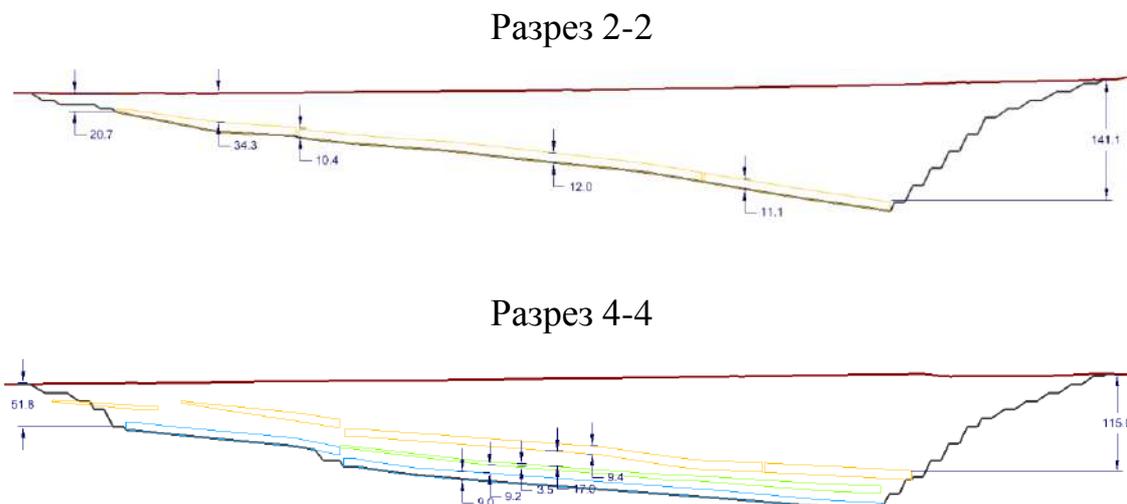


Рисунок 4.8 – Горнотехнические разрезы по линиям 2-2, 4-4
Северо-Мокулаевского участка Мокулаевского месторождения

Исходя из горнотехнических возможностей и условий залегания полезного ископаемого, для обеспечения заданной добычи известняка скорость подвигания фронта горных работ должна составлять не менее 69-72 м/год в зависимости от разрабатываемого участка. Средние скорости подвигания фронта работ в аналогичных условиях составляют 80-120 м/год, что свидетельствует о ее реальной достижимости. Для обеспечения данных объемов добычи и темпов подвигания добычного фронта потребуется вынимать 11,6-12,3 млн м³ вскрышных пород в год.

С целью обеспечения наиболее эффективной разработки Мокулаевского месторождения на стадии проектирования рассмотрены различные варианты развития горных работ, которые различались технологией ведения работ, порядком освоения участков месторождения, системой разработки.

Обоснование технологии ведения горных работ

По технологии рассматривались варианты:

– традиционная технология ведения работ, основанная на применении экскаваторов циклического действия, с подготовкой горной массы к выемке с

помощью буровзрывных работ (БВР) и транспортировкой вскрышных пород в отвалы автотранспортом;

– циклично-поточная технология (ЦПТ), основанная на применении экскаваторов циклического действия и конвейерных комплексов для транспортировки известняка и скальных вскрышных пород из карьера;

– поточная безвзрывная технология селективной выемки скальной горной массы с использованием фрезерных комбайнов (типа Wirtgen) в сочетании с конвейерным транспортом.

– традиционные технологии ведения работ с транспортировкой известняка до площадки крупного дробления (ПКД) автосамосвалами, а дробленого известняка - конвейерным транспортом с использованием магистральных конвейерных линий.

По критерию минимума дисконтированных затрат выбрана традиционная технология ведения работ.

Обоснование порядка разработки

По порядку разработки участков рассматривались следующие варианты:

Вариант 1. В первую очередь отрабатываются запасы северной части Северо-Мокулаевского участка, затем запасы южной части, затем в эксплуатацию вводится Мокулаевский участок. Северо-Мокулаевский участок привлекателен для первоочередной разработки в связи с бóльшим количеством запасов в контуре карьера, более высоким качеством известняка. Северная часть привлекает меньшим расстоянием транспортирования до внешних отвалов.

Вариант 2. В первую очередь отрабатываются запасы Мокулаевского участка, затем в эксплуатацию вводится северная часть Северо-Мокулаевского участка, затем его южная часть. Мокулаевский участок привлекателен более низким эксплуатационным и средним коэффициентами вскрыши, более выгодным развитием транспортных коммуникаций относительно площадки ДСК.

Вариант 3. В первую очередь отрабатываются запасы Мокулаевского участка, затем, в отличие от варианта 2, в эксплуатацию вводится южная часть Северо-Мокулаевского участка, затем северная часть. Начало разработки южной

части Северо-Мокулаевского участка привлекает лучшими возможностями для организации внутреннего отвалообразования.

Вариант 4. В первую очередь отрабатываются запасы южной части Северо-Мокулаевского участка, затем северной части, затем в эксплуатацию вводится Мокулаевский участок.

Оценка вариантов порядка отработки запасов Мокулаевского месторождения производилась по двум критериям: 1) минимум вскрыши в первоначальные периоды разработки; 2) минимум грузотранспортной работы.

Динамика вышеперечисленных показателей представлена на рисунках 4.9-4.11.

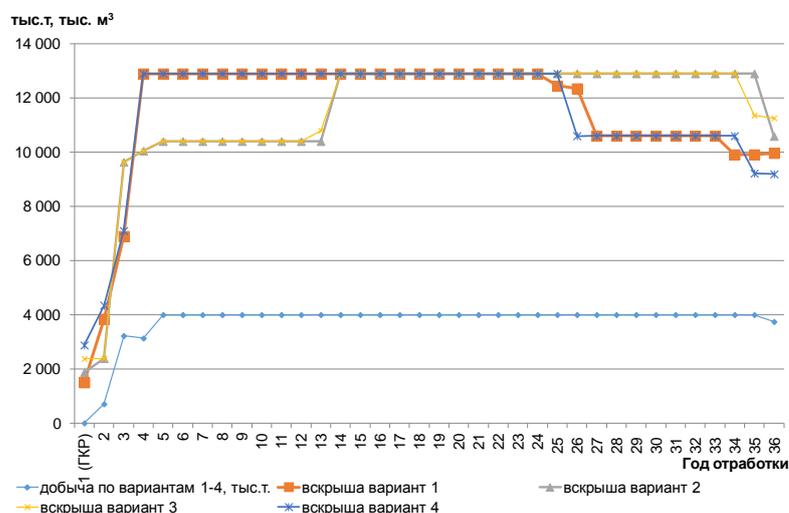


Рисунок 4.9 – Объемы добычи и вскрыши по вариантам разработки

Мокулаевского месторождения известняков

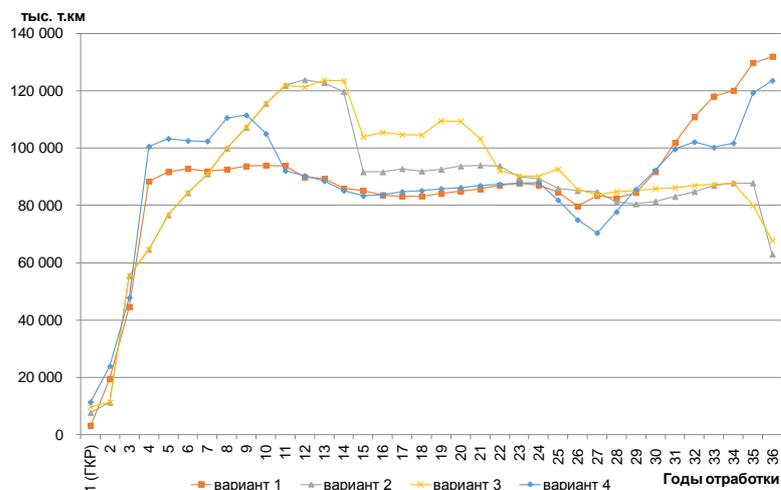


Рисунок 4.10 – Грузотранспортная работа по вариантам разработки

Мокулаевского месторождения известняка

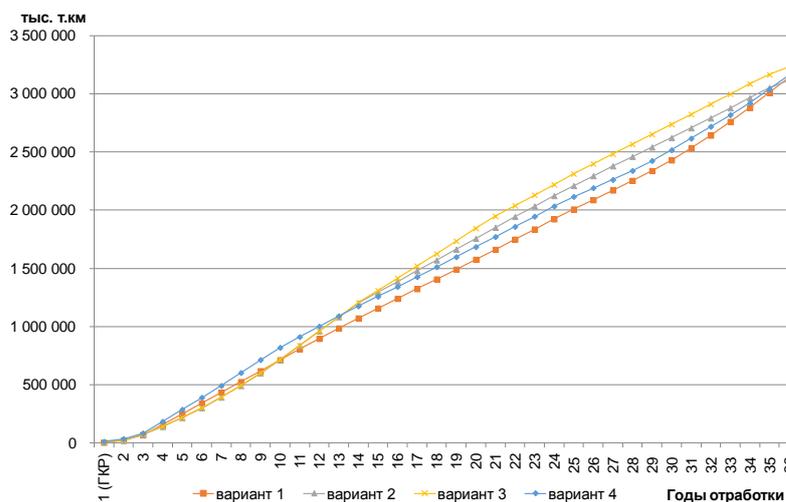


Рисунок 4.11 – Грузотранспортная работа накопительным итогом по вариантам разработки Мокулаевского месторождения известняков

Анализ показал, что наиболее релевантными по критерию минимума вскрыши в первоначальные периоды разработки месторождения (10 и 20 лет) являются варианты 2 и 3. Минимум грузотранспортной работы в первоначальные периоды обеспечивается при реализации варианта 1.

В связи с тем, что однозначный выбор по данным критериям затруднен, то при оценке вариантов были учтены следующие факторы:

1. Доступность участка с точки зрения формирования транспортного доступа и создания производственной инфраструктуры.

2. Надежность выполнения заданного календарного графика по объемам и качеству добываемого сырья в период окупаемости капитальных вложений.

3. Безопасность функционирования горнотранспортного комплекса.

Соответствие указанным критериям в наибольшей степени достигается в случае начала отработки с Мокулаевского участка (вариант 2), а именно:

- строительство транспортных и электрокоммуникаций будет производиться в более благоприятных условиях – отсутствие водных объектов и значительных перепадов рельефа;

- наличие нескольких пачек известняка с суммарной мощностью и выдержанностью большей, чем на Северо-Мокулаевском участке, обеспечат надежность выполнения заданного календарного графика по объемам и качеству добываемого сырья;

– отсутствие водных объектов и значительных перепадов рельефа обеспечит более безопасные условия для формирования внешних отвалов (см. раздел б), а следовательно, общую безопасность функционирования горнотранспортного комплекса.

Обоснование системы разработки

Обоснование системы разработки и ее параметров для Северо-Мокулаевского участка производилось по критерию скорейшего обеспечения возможности внутреннего отвалообразования и обеспечению благоприятных условий для работы горнотранспортного оборудования [248, 250, 278]. Выбор системы разработки производился во взаимосвязи с системой вскрытия месторождения и трассировкой транспортных коммуникаций [21, 23, 32, 75, 76, 118, 121, 172, 176, 266].

Объемная визуализация рассмотренных поперечной и продольной систем разработки приведена на рисунках 4.12 и 4.13.

Горно-геометрический анализ представленных систем разработки позволил определить, что при поперечной системе разработки требуется выполнить значительно больший объем вскрышных работ (в 2,3 раза) для создания емкости под внутренний отвал по сравнению с продольной системой. Результаты проведенного анализа приведены в таблице 4.3.

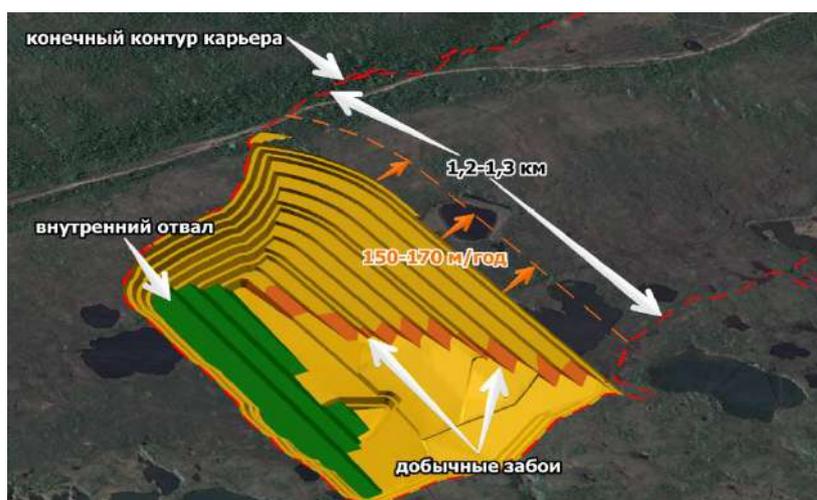


Рисунок 4.12 – Поперечная система разработки на Северо-Мокулаевском карьере



Рисунок 4.13 – Продольная система разработки на Северо-Мокулаевском карьере

Таблица 4.3 – Сравнение объемов работ на момент начала отсыпки внутреннего отвала при различных системах разработки

Основные показатели	Значения показателей системы разработки	
	Поперечная	Продольная
1. Вскрышные работы, млн.м ³	67,5	28,6
- рыхлая вскрыша	19,7	12,0
- скальная вскрыша	43,6	13,5
- некондиционный известняк	4,2	3,1
2. Кондиционный известняк, млн т	15,8	11,5
3. Коэффициент вскрыши, м ³ /т	4,3	2,5
4. Длина фронта на уступе (мин-макс/средняя)	0,1-1,3 0,7	2,0-1,8 1,9
5. Количество добычных забоев, шт.	8-10	2-3

График значений коэффициента вскрыши представлен на рисунке 4.14.

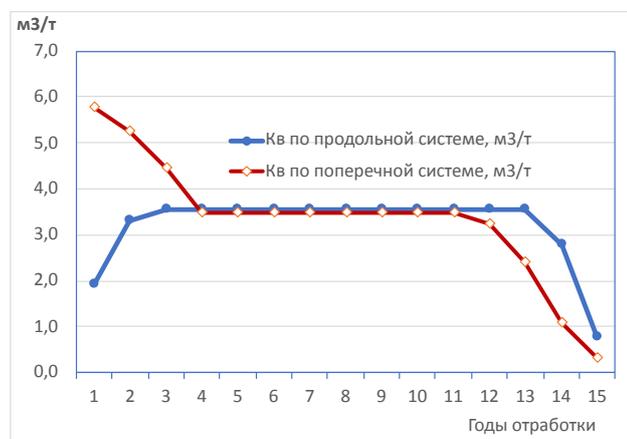


Рисунок 4.14 – Текущий коэффициент вскрыши при разных системах разработки на Северо-Мокулаевском карьере

В результате объемной визуализации моделей развития горных работ, выполненных расчетов по ряду показателей и их анализу сделаны следующие выводы:

– при продольной системе разработки с внутренним отвалообразованием первоначальные объемы для подготовки емкости под внутренний отвал более чем 2 раза меньше по сравнению с поперечной, расстояния транспортирования сопоставимы – могут отличаться до 10-15%, имеется широкая возможность регулирования объемов горных работ и качества;

– при поперечной системе разработки из-за сложной организации работ, связанной с геологическим строением поля карьера (пологое падение пачек известняка), снижается коэффициент использования горнотранспортного оборудования на 20-25% из-за необходимости частых перегонов, связанных с проведением БВР и формированием съездов в рабочей зоне.

В результате для освоения Мокулаевского месторождения по критерию минимума затрат принята традиционная технологическая схема разработки, предусматривающая использование экскаваторно-автомобильных комплексов и подготовку горной массы к выемке с помощью буровзрывных работ. Также по критерию минимума затрат для Северо-Мокулаевского участка принята продольная система разработки.

Таким образом, последовательность отработки, предусматривающая первоочередное освоение Мокулаевского участка, затем Северной части Северо-Мокулаевского участка и в завершении – Южной части, принята с учетом других факторов. Этот вариант обеспечивает минимум вскрыши в первоначальные периоды разработки месторождения. Кроме того, данный вариант характеризуется благоприятными условиями для формирования транспортного доступа и создания производственной инфраструктуры, более высокой надежностью выполнения заданного календарного графика по объемам и качеству добываемого сырья в период окупаемости капитальных вложений, а также меньшими производственными рисками функционирования горнотехнической системы [28, 29].

4.1.3 Исследование влияния параметров горнотехнической системы на эффективность разработки при вовлечении прибортовых запасов

Влияние параметров горнотехнической системы при вовлечении прибортовых запасов полезного ископаемого рассмотрено на примере Светлинского золоторудного месторождения, расположенного в Челябинской области.

Современное положение карьера характеризуется наличием участков на восточном и северо-восточном бортах, имеющих локальные деформационные нарушения в виде оползней, обрушений и осыпей. При этом принятые проектом параметры системы разработки и технология не нарушены [87, 123, 238, 239, 244, 249, 263].

С одной стороны, параметры откосов бортов карьера должны обеспечивать их устойчивость на весь период отработки карьера. С другой стороны, параметры откосов должны обеспечивать минимальный объем прирезаемой горной массы для повышения эффективности разработки месторождения. Следует отметить, что для глубоких карьеров изменение угла откоса на $1-2^\circ$ приводит к дополнительной выемке нескольких миллионов кубометров объема горной массы. Критерием для выбора параметров откоса, как правило, является нормативное значение коэффициента запаса устойчивости. Однако на крупных рудных месторождениях зачастую за контурами проектного карьера имеются забалансовые руды. При длительной разработке таких месторождений в условиях меняющегося рынка изменяются кондиции на добываемое полезное ископаемое. Промышленное содержание полезного компонента в рудах уменьшается [107]. Таким образом, обеспечение требуемой устойчивости и понижение угла откоса борта с прирезкой дополнительного объема горной массы с учетом вовлечения прибортовых запасов может в некоторых случаях повысить эффективность разработки.

Для исследований устойчивости откосов бортов Светлинского карьера был намечен ряд соответствующих расчетных разрезов. План карьера по состоянию на 2022 г. с намеченными линиями разрезов представлен на рисунке 4.15.

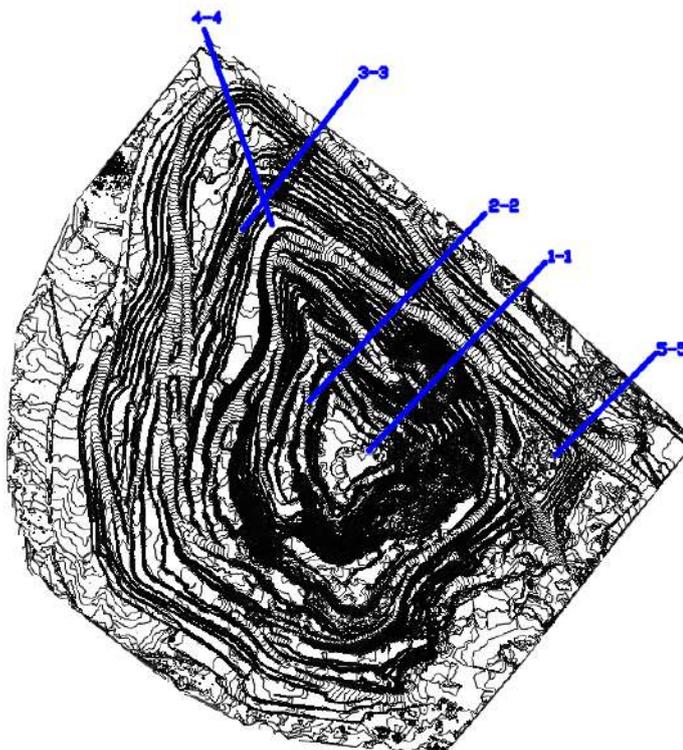


Рисунок 4.15 – План современного состояния карьера Светлинского месторождения

Для расчетов устойчивости откосов бортов принимались данные полученные и в лабораториях ГИНГЕО, и МГТУ, для дальнейшего исключения вероятности деформации откосов бортов при обосновании устойчивых параметров.

Расчет устойчивости откосов бортов карьера произведен с помощью программы для ЭВМ «Автоматизированный расчёт параметров устойчивости откосов горнотехнических сооружений» Slope версия 1,0 (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №20116113970 от 23 мая 2011 г.) [2, 141, 184, 198, 216, 273]. В программе Slope, реализующей схему ВНИМИ, нахождение минимального коэффициента запаса устойчивости производится путём подбора наименее устойчивой поверхности скольжения изучаемого массива в результате многократных расчетов. Реализуемые алгоритмы соответствуют требованиям ФНП. Результаты расчетов коэффициентов запаса устойчивости по обозначенным профильным разрезам сведены в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 - Результаты расчетов коэффициентов запаса устойчивости по различным профильным разрезам карьера по состоянию на 2022 г.

Профильные линии	Отметки горизонтов исследуемых участков профиля борта, м	Высота изучаемого участка профиля борта Н, м	Угол откоса изучаемого участка профиля борта α, град	Расчетное значение коэффициента запаса устойчивости $K_{зу}$	
				По данным ГИНГЕО	По данным МГТУ
1-1	Поверхность (338,4 м) -311,4 м	58	22	2,2	1,88
	Поверхность (338,4 м) -284,9 м	124	23	1,94	1,39
	Поверхность (338,4 м) -146,5 м	255	24	1,72	1,45
	308,3-241,1 (локальный участок)	66	33	1,4	1,05
2-2	Поверхность (373,6 м) -284,9 м	86	28	1,6	1,3
	284,9-197,4 (локальный участок)	85	36	1,48	1,08
	Поверхность (373,6 м) -197,4 м	174	27	1,73	1,21
	Поверхность (373,6 м) -146,5 м	238	24	1,79	1,4
3-3	Поверхность (373,6 м) -356,0 м	25	46	3,2	2,8
	329,5-284,9 (локальный участок)	48	21	3,34	1,9
	Поверхность (373,6 м) -284,9 м	100	24	1,82	1,4
4-4	373,6-351,5 (локальный участок)	39	25	2,65	2,78
5-5	Поверхность (373,6 м) -360,0 м	17	12	7,34	7,67
	360,0-338,4 (локальный участок)	20	18	3,53	3,51
	338,4-311,4 (локальный участок)	27	27	4,00	2,44
	Поверхность (373,6 м) -311,4 м	65	13	3,1	2,7

Результаты расчета коэффициента запаса устойчивости, полученные на основе данных МГТУ, показывают наименьшие значения. Таким образом, при обосновании устойчивых параметров откосов бортов в пределах изучаемых

участков используются данные МГТУ с целью исключения вероятности дальнейшей деформации приоткосного массива. На рисунках 4.16–4.18 приводятся профильные разрезы с наиболее вероятными линиями скольжения и потенциально опасными участками по данным МГТУ.

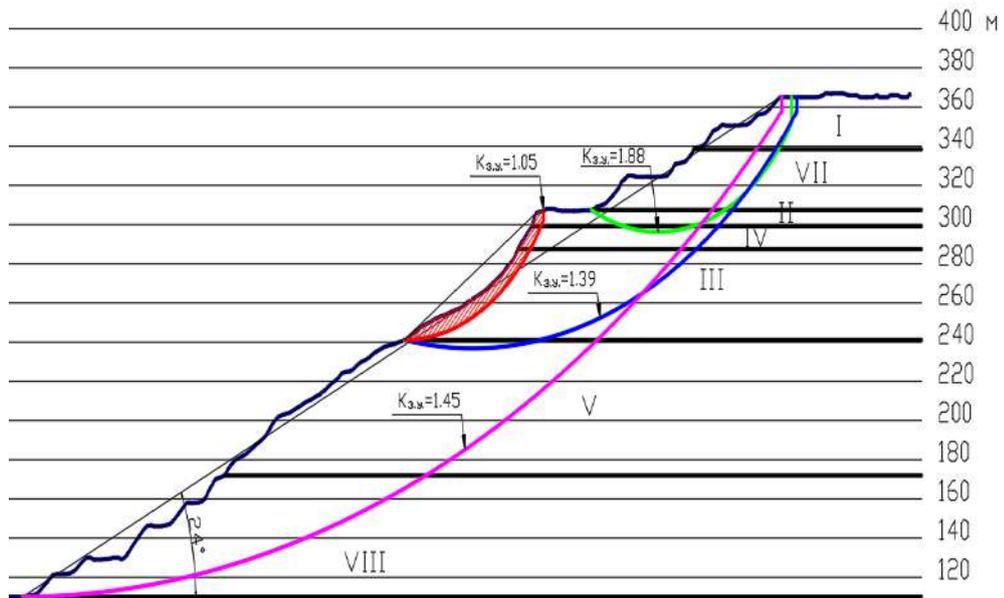


Рисунок 4.16 – Разрез по линии 1-1

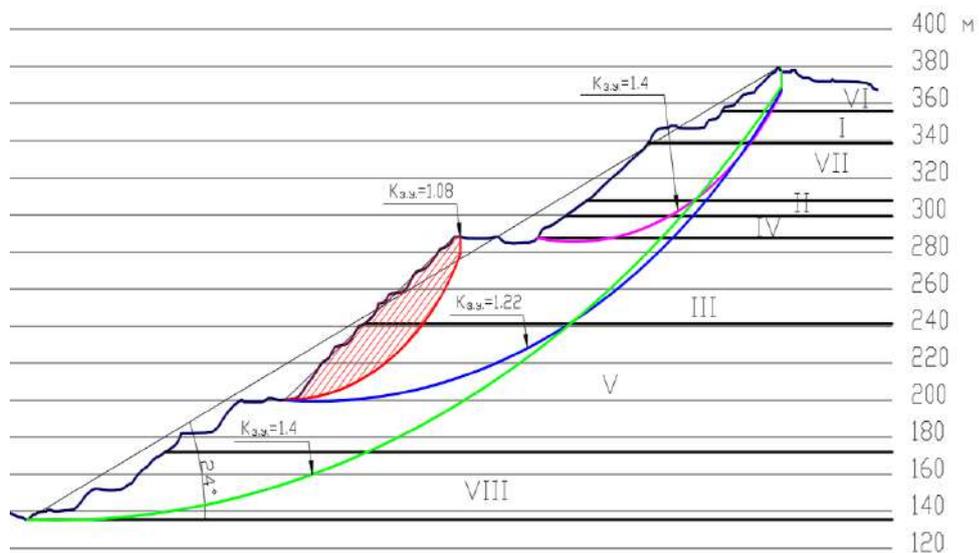


Рисунок 4.17 – Разрез по линии 2-2 с потенциально опасным участком
(Горизонт: 284,9-197,4 м)

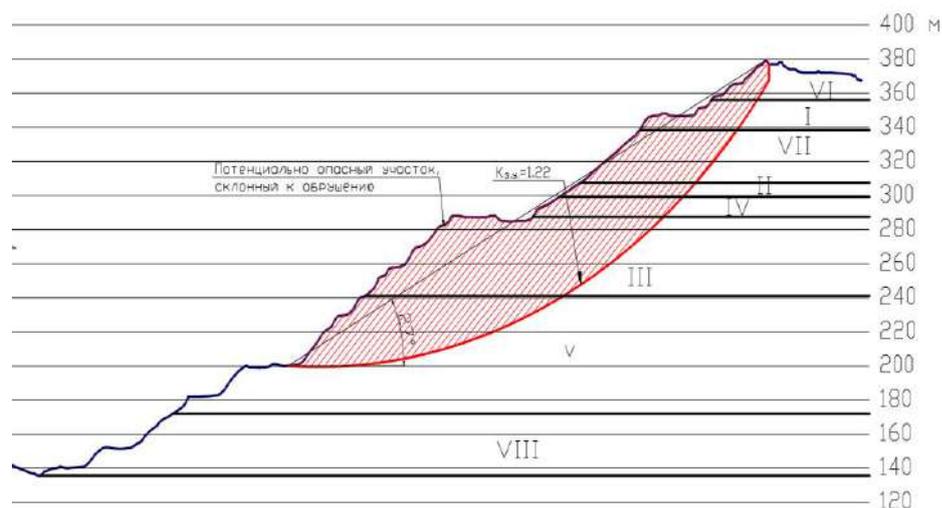


Рисунок 4.18 – Разрез по линии 2-2 с потенциально опасным участком
(Горизонт: поверхность (373,6 м) -197,4 м)

При обосновании устойчивых параметров откосов использовались расчетные прочностные характеристики, учитывающие требуемое по условию безопасности ведения горных работ значение коэффициента запаса устойчивости $K_{зy}$. Для откосов бортов карьера $K_{зy} = 1,3 \div 1,5$, для уступов $K_{зy} = 1,5 \div 2,0$.

Расчетные устойчивые параметры откосов бортов карьера представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расчетные значения устойчивого угла откосов исследуемых участков бортов карьера

Исследуемый участок (линия разреза)	Горизонты, м	Высота изучаемого участка профиля борта, м	Нормативный коэффициент запаса устойчивости $K_{зy}$	Рекомендуемые значения углов откосов бортов карьера, град
1-1	338.4 (поверхность) – 284.9	124	1.5	21
	338.4 (поверхность) – 146.5	255	1.5	23
	308.3–241.1 (локальный участок)	66	1.5	22
2-2	373.6 (поверхность) – 284.9	86	1.5	26
	284.9–197.4 (локальный участок)	85	1.5	25
	373.6 (поверхность) – 197.4	174	1.5	22
	373.6 (поверхность) – 146.5	238	1.5	22
3-3	373.6 (поверхность) – 284.9	100	1.5	23

Из таблицы 4.5 видно, что значения устойчивого угла откоса, рассчитанные на основе усредненных физико-механических свойств массива, составят от 21 до 26° в зависимости от расположения участка борта в плане (в соответствии с линией разреза). Конструкция борта карьера в профиле с учетом расчетного значения устойчивого угла откоса для различных линий разрезов представлены на рисунках 4.19–4.20.

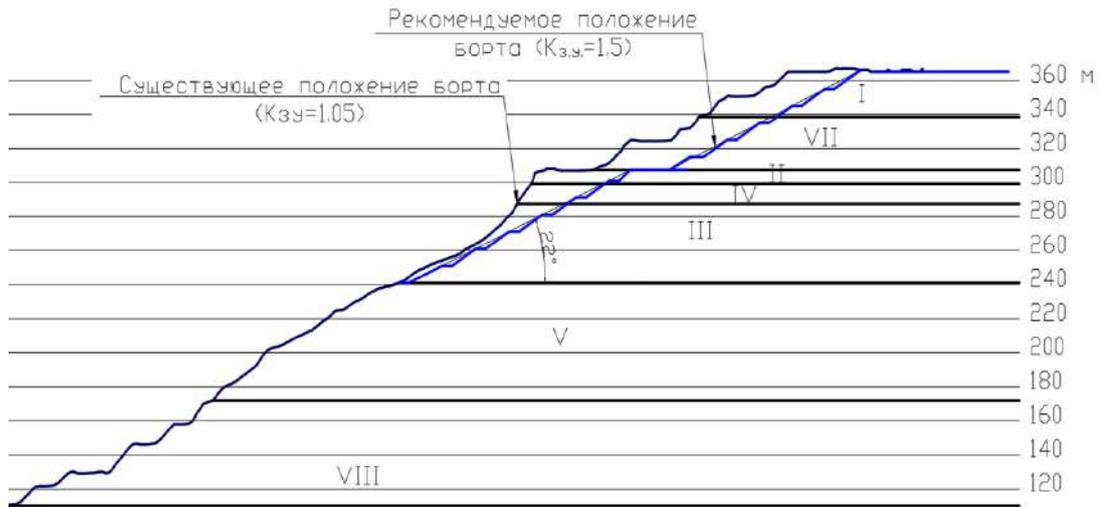


Рисунок 4.19 – Рекомендуемые параметры откоса северного и северо-восточного бортов карьера (разрез по линии 1-1)



Рисунок 4.20 – Рекомендуемые параметры откоса северного и северо-восточного бортов (разрез по линии 2-2)

Следует отметить, что конструкция борта карьера и результирующий угол его откоса во многом зависит от параметров и расположения транспортных

коммуникаций. В соответствии с рекомендованной величиной результирующего угла откоса борта карьера, в зависимости от возможных уклонов автодорог и ширины транспортных берм, а также расположения площадок разворота автосамосвалов, были предложены три варианта технических решений по ликвидации имеющихся деформации и приведения северного борта карьера в безопасное состояние. Для построения карьера по рассматриваемым вариантам использована программа «Micromine». Трехмерная визуализация современного состояния карьера и карьера с расчетными (рекомендуемыми) параметрами исследуемых участков при различных вариантах параметров и расположения вскрывающих выработок представлены соответственно на рисунках 4.21–4.23.

1-й вариант предусматривает сохранение имеющихся уклонов карьерной автодороги в пределах Поверхность – горизонт 240 м – 90‰, горизонт 240 м – гор. 190 м – 100‰. При этом ширина основной транспортной бермы принята 31,5 м, что обеспечивает возможность движения по ней автосамосвала БЕЛАЗ–75131. Вспомогательная транспортная берма с гор. 280 – 340 м принята шириной 17,5 м, поскольку на ней предусматривается проезжая часть с однополосным движением. Совмещение существующей въездной траншеи с реконструируемой транспортной бермой предусматривается в пределах отметки 315 м. Петли для разворота предусмотрены на гор. 240 и 340 м. Первый вариант представлен на рисунке 4.21.

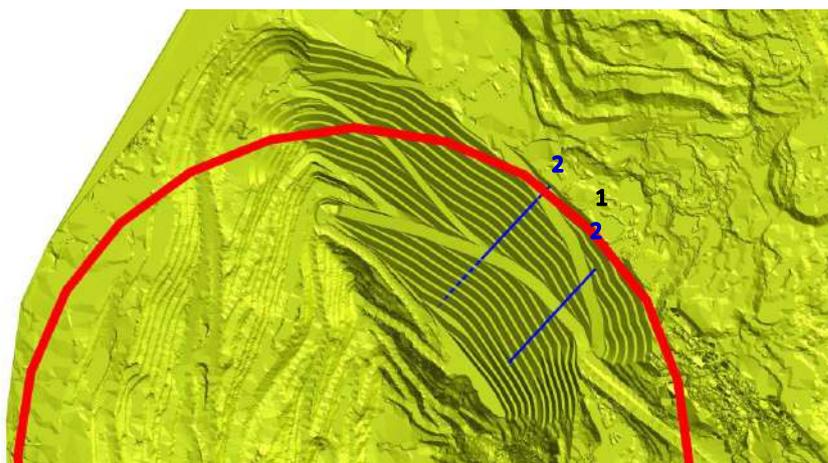


Рисунок 4.21 – Вариант 1 разноса северного борта Светлинского карьера

2-й вариант предусматривает изменение имеющихся уклонов карьерной автодороги в пределах Поверхность – горизонт 240 м – с 90‰ на 80‰ и горизонт

240 м – гор. 190 м – с 100‰ на 80‰. Параметры транспортной бермы по аналогии с первым вариантом. Совмещение существующей въездной траншеи с реконструируемой транспортной бермой предусматривается в пределах отметки 315 м. Петли для разворота предусмотрены на гор. 240 и 330 м. Второй вариант представлен на рисунке 4.22.

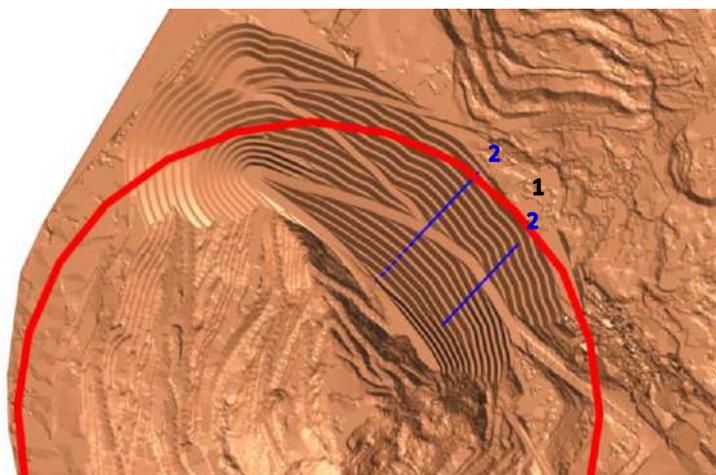


Рисунок 4.22 – Вариант 2 разноса северного борта Светлинского карьера

3-й вариант предусматривает изменение имеющихся уклонов карьерной автодороги в пределах Поверхность – горизонт 240м – с 90‰ на 80‰ и горизонт 240 м – гор. 190 м – с 100‰ на 80‰. Петли для разворота предусмотрены на гор. 230, 270, 290 м и две петли на гор 320 м. Третий вариант представлен на рисунке 4.23.

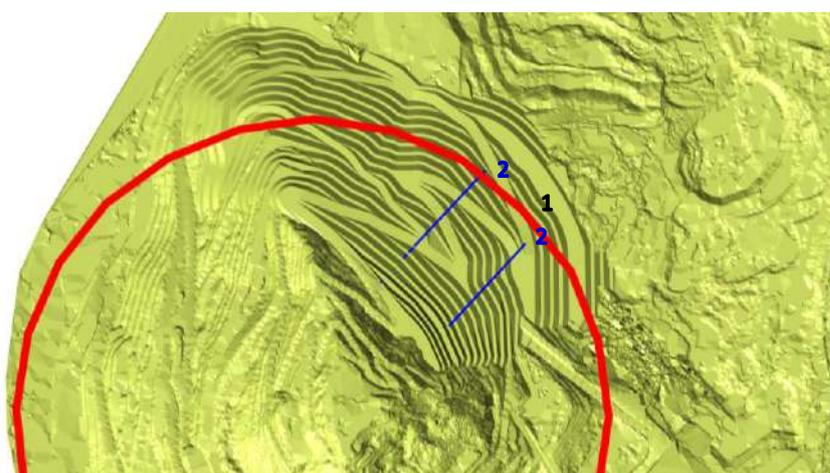


Рисунок 4.23 – Вариант 3 разноса северного борта Светлинского карьера:

- 1 – проектная граница предельного контура карьера;
- 2 – граница моделирования по линиям разреза

Объем разноса исследуемого борта по вариантам представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Параметры разноса борта карьера

Вариант отработки	Объем горной массы при разносе борта, млн м ³	Коэффициент вскрыши
1	9,4	4,5
2	14,5	4,8
3	17,0	5,0

Анализ результатов выполненного исследования показал, что параметры откосов некоторых локальных участков бортов исследуемой части карьера не соответствуют требуемым значениям прочностных характеристик приоткосного массива. По условию безопасности ведения горных работ значение коэффициента запаса устойчивости (K_{zy}) для откосов бортов карьера должно быть в пределах от 1,3 до 1,5. Однако расчётные значения K_{zy} для ряда локальных участков составили:

- для участка борта по линии 1–1 в отметках горизонтов 308,3–241,1 $K_{zy} = 1,05$;
- для участка борта по линии 2–2 в отметках горизонтов 284,9–197,4 $K_{zy} = 1,08$;
- для участка борта по линии 2–2 в отметках горизонтов 373,6–197,4 $K_{zy} = 1,21$.

На основании полученных результатов сделан вывод о том, что данные участки не имеют достаточного запаса устойчивости, гарантирующего сохранность располагаемых и эксплуатируемых в данной зоне транспортных коммуникаций и являются потенциально опасными с точки зрения вероятности обрушения при дальнейшем ведении горных работ.

Таким образом, на основе представленных расчётов и полученных результатов рекомендуется изменение параметров контуров карьера современного состояния с целью обеспечения устойчивости откосов и безопасности ведения горных работ в течение длительного периода.

Результаты расчёта устойчивых параметров откоса бортов показывают, что углы откосов на участках с низким запасом устойчивости должны составлять:

- для участка борта по линии 1–1 в отметках горизонтов 308,3–241,1 – до 22°;
- для участка борта по линии 2–2 в отметках горизонтов 284,9–197,4 – до 25°;
- для участка борта по линии 2–2 в отметках горизонтов 373,6 (поверхность) – 197,4 до – 22°.

Предложены три варианта технических решений по ликвидации деформаций и приведения северного борта карьера в устойчивое состояние. Варианты различаются значениями параметров и расположением вскрывающих выработок, а также объемом прирезаемой горной массы.

Рациональным по критерию минимума затрат на выемку горной массы для обеспечения устойчивости является первый вариант. Приведение откосов бортов карьера к расчётным параметрам в данном варианте потребует выемки горной массы в объёме 9,4 млн м³, при коэффициенте вскрыши 4,5. При этом уклон автодороги составит до 90-100 %.

Таким образом, второй и третий варианты предполагают разнос борта в объёме соответственно 14,5 и 17,0 млн м³ с уклоном основной автодороги 80 %. Коэффициент вскрыши при реализации этих вариантов, с учетом обоснования кондиций прибортовых запасов составит соответственно 4,8 и 5,0. Поэтому третий вариант является наиболее предпочтительным с точки зрения наибольшего извлечения объема прибортовых запасов при одновременном обеспечении устойчивости борта и стабильной производительности карьера по руде.

4.2 Исследование влияния режимных, геотехнологических и горнотехнических параметров горнотехнической системы на эффективность разработки в условиях изменения спроса

4.2.1 Анализ и оценка влияния параметров горнотехнической системы на производительность разреза Черногорский

Черногорское каменноугольное месторождение расположено в Усть-Абаканском районе республики Хакасия. Центральная часть месторождения находится в 23 км на северо-запад от города Абакан.

Месторождение расположено в пределах Черногорской мульды. Абсолютные отметки 280-400 м. Угленосными являются отложения общей мощностью 270-300 м. На месторождении выявлено до 25-ти угольных пластов, 7 из которых имеют рабочую мощность. Государственным балансом по Черногорскому месторождению на отработываемых участках учитывается 111,9 млн т угля.

Черногорским разрезом разрабатывается 6 угольных пластов мощностью от 1,3 до 7,3 м. Угли каменные, марки Д, зольность 12-20 %, содержание серы до 0,6%, высшая удельная теплота сгорания 6300-8000 ккал/кг, теплота сгорания рабочего топлива 3800-5700 ккал/кг. Падение пластов пологое, от 3 до 9°. Рабочими пластами являются: Великан-I, Великан-II, Безымянный, Мощный, Гигант-I, Гигант-II [136].

Литологически породы вскрыши в основном представлены аргиллитами, алевролитами и песчаниками, как несцементированными, так и массивными мелкозернистыми, обладающими высокой абразивностью. Исключение составляет междупластие пластов «Великан-II» – «Мощный», которое сложено на 60-70% углистыми аргиллитами, углистыми алевролитами. Мощность внешней вскрыши изменяется от 28 до 115,0 м. Мощности междупластий различны. Наибольшую мощность имеет междупластие пластов «Мощный» – «Гигант I» и составляет в среднем 10–20 м. Физико-механические свойства разрабатываемых пород представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Физико-механические свойства горных пород

Наименование показателей	Ед. изм.	Показатели	
		Уголь	Вскрышные породы
Коэффициент крепости по Протодяконову f	-	3 - 4	4 - 13
	-	V	IV - III
Группа по СНиП	-	V	VI - IX
Категория буримости горных пород (Единая классификация)	-	VII - X	XI - XV
Категория взрываемости горных пород	-	II	IV - V
Категория трещиноватости горных пород	-	I - II	II - IV
По трудности экскавации ЕНВ, 1989 г.	-	III	III - IV
Средний объемный вес пород γ	т/м ³	1,36	2,34

Проектной документацией предусматривается производить отработку поля разреза по существующей технологии с длиной фронта горных работ 3,5–4,0 км. Фронт горных работ условно разделен на два блока: Восточный и Западный. Для сокращения расстояния транспортировки автомобильной вскрыши во внутренние отвалы предусматривается отсыпка до кровли бестранспортного уступа трех породных перемычек (транспортных проездов): Центральной, Западной и Восточной.

На разрезе применяется комбинированная система разработки (рисунок 4.24).

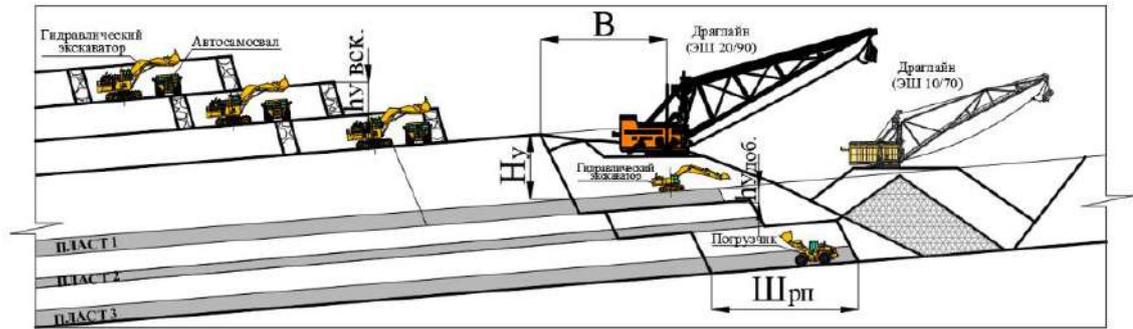


Рисунок 4.24 – Схема разработки вскрышных и добычных горизонтов на разрезе «Черногорский»

Вскрышные работы на верхних горизонтах ведутся по транспортной системе с использованием гидравлических экскаваторов с емкостью ковша 22,0 м³ (типа Komatsu PC 4000) с погрузкой в автосамосвалы БелАЗ-75306 грузоподъемностью 220 т с транспортировкой породы на внутренние отвалы.

Вскрыша над пластами «Великан-І» и «Гигант-І» разрабатывается продольными заходками по усложненной бестранспортной системе с использованием экскаваторов драглайнов с емкостью ковша 10–20 м³ (типа ЭШ-20/90, ЭШ-10/70 и ЭШ-11/70) с перевалкой породы в выработанное пространство.

Отработка угольных пластов «Великан-І», «Великан-ІІ», «Мощный», «Гигант-І», «Гигант-ІІ» и междупластий осуществляется экскаваторами Komatsu PC-1250 (PC-4000), Hitachi EX1200 с объемом ковша 6,7 м³ и парком погрузчиков Komatsu WA-800 и WA-900, Caterpillar 992K (13 м³) в автосамосвалы TEREX TR-100 грузоподъемностью 90 т, БелАЗ7513 грузоподъемностью 130 т и БелАЗ-75306 грузоподъемностью 220 т [136].

На разрезе «Черногорский» за последние годы в связи с увеличением производительности по добыче угля, а также из-за горно-геологических особенностей разрабатываемого месторождения практически в два раза выросли объемы вскрышных работ. В перспективе планируется дальнейшее увеличение годовых объемов добычи в 1,5–2 раза. При этом объем вскрыши, обрабатываемой с отгрузкой на автомобильный транспорт (автотранспортная вскрыша), с каждым годом увеличивается, а объем, обрабатываемый по бестранспортной системе разработки (бестранспортная вскрыша), остается

относительно постоянным. Так, доля бестранспортной вскрыши из общего объема извлекаемых из массива вскрышных пород изменилась с 42% в 2013 г. до 19% в 2018 г. Динамика роста производительности предприятия, а также фактическое уменьшение доли использования более низкой по себестоимости бестранспортной вскрыши обусловило необходимость проведения анализа показателей работы применяемых на разрезе вскрышных комплексов и технологических параметров используемых систем разработки.

Объем добычи угля на Черногорском разрезе составил в 2013 г. – 5536 тыс. т, а в 2017 г. – 7828 тыс. т, т.е. за период 5 лет увеличился почти в 1,5 раза. Объем вскрыши за этот же период времени изменился с 27685 до 53747 тыс. м³, то есть увеличился практически в 2 раза. Общий объем вскрыши, перемещаемой во внутренние отвалы по бестранспортной системе разработки, с учетом переэкскавации пород, увеличился с 20556 тыс. м³ в 2013 г. до 24100 тыс. м³ в 2017 г. При этом объем вскрыши, извлекаемой непосредственно из массива (без переэкскавации), обрабатываемой экскаваторным комплексом типа ЭШ, остался примерно на одном уровне. Таким образом, все больший объем извлекаемой из массива вскрыши обрабатывается по транспортной системе с отгрузкой породы на автосамосвалы. Динамика объемов вскрышных работ, выполняемых всем имеющимся комплексом оборудования транспортной и бестранспортной систем, представлена в таблице 4.8 и на рисунке 4.25.

Для обеспечения выполнения производственной программы по увеличению добычи угля и выполнения соответствующего объема вскрышных работ на разрезе «Черногорский» был принят и реализован ряд решений технического, технологического, организационного и управленческого характера, позволивших предприятию успешно развиваться [135]. В ряде реализации технических решений, в период с 2013 по 2017 гг. было приобретение оборудования большой единичной мощности. В том числе приобретение экскаваторов Komatsu PC-4000 и автосамосвалов БелАЗ-75306 грузоподъемностью 220 т для их использования на вскрышных работах. Применение этого оборудования отчасти объясняет увеличение доли автотранспортной вскрыши и снижение доли бестранспортной, которая в 2013 г. составляла 42%, а в 2018 г. составила лишь 19% (рисунок 4.26).

Таблица 4.8 – Объем вскрышных работ, выполненных за период 2013-2017 гг. и прогнозируемых на 2018 г. [11]

Наименование показателя	ед. изм.	Года отработки					
		2013	2014	2015	2016	2017	2018
Добыча угля	тыс. т	5536	6828	6879	7150	7828	7916
Общий объем вскрыши, извлекаемой из массива	тыс. м ³	27685	33580	40337	50198	53747	58406
Общий объем вскрыши (с перегрузкой)	тыс. м ³	36439	42540	51360	62589	66278	70685
Объем бестранспортной вскрыши,	тыс. м ³	20556	20573	22449	23834	24100	23246
в т.ч. объем перегрузки	тыс. м ³	8754	8960	11023	12391	12531	12279
Объем бестранспортной вскрыши (без перегрузки)	тыс. м ³	11802	11613	11426	11443	11569	10967
Объем автотранспортной (ж/д) вскрыши	тыс. м ³	15883	21967	28911	38755	42178	47439
Доля бестранспортной вскрыши из общего объема вскрыши извлекаемой из массива	%	42,6	34,6	28,3	22,8	21,5	18,8

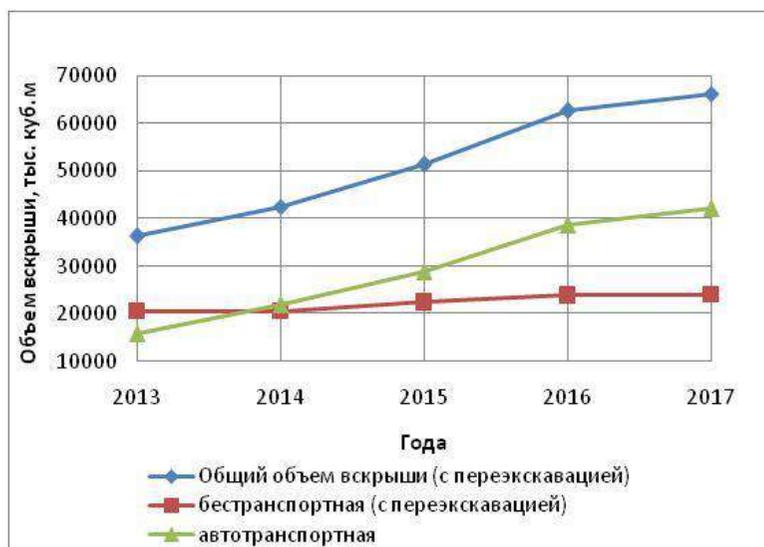


Рисунок 4.25 – Динамика объемов вскрышных работ

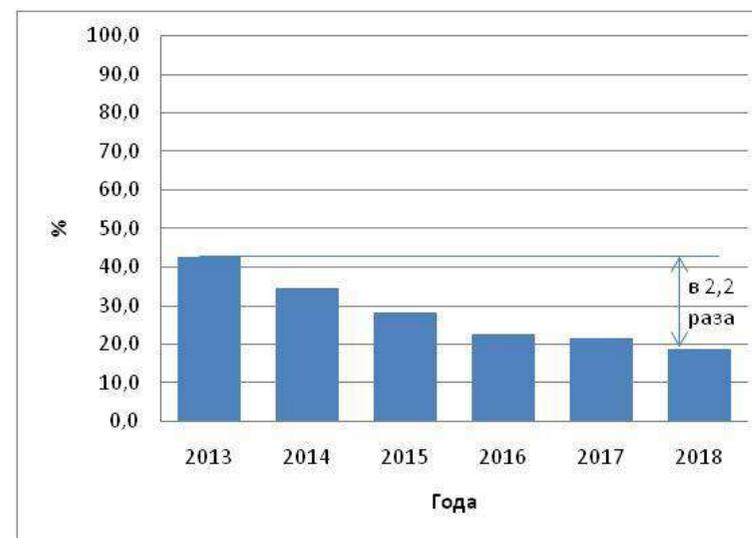


Рисунок 4.26 – Доля бестранспортной вскрыши от общего объема вскрыши, извлекаемой из массива

Известно, что себестоимость вскрышных работ бестранспортной системы разработки ниже себестоимости транспортной системы при одинаковых условиях их применения. Так, для горно-геологических условий Черногорского разреза разница в себестоимости составляет 28% – при пересчете затрат комплекса бестранспортной системы на 1 м³ вскрыши, извлекаемой из массива (без учета переэкскавации), и 65% – при пересчете затрат комплекса на 1 м³ вскрыши с учетом объема переэкскавации. Представленный выше анализ показателей разреза позволяет предположить, что повышение доли использования, более низкой по себестоимости, бестранспортной вскрыши позволит повысить эффективность вскрышных работ. Однако фактические горнотехнические и горно-геологические условия разреза позволяют также предполагать, что бестранспортная система может являться и сдерживающим звеном относительно требуемой скорости вскрытия пластов при дальнейшем и значительном увеличении производительности по углю. Таким образом, требуется дальнейшее проведение анализа организации производства вскрышных работ и технологических параметров применяемых систем разработки в современных условиях разреза с учетом перспектив развития предприятия.

На эффективность вскрышного комплекса влияют горнотехнические условия и используемые параметры системы разработки.

Горнотехнические условия разработки Черногорского месторождения с каждым годом усложняются. Из-за пологого падения пластов увеличивается общая глубина разреза и возрастает объем вскрышных работ. Из-за сужения границ горного отвода сокращается длина фронта работ и оборудование бестранспортной системы работает в достаточно стесненных условиях. Общая длина фронта в настоящее время составляет 3,6 км (в 1,5 раза ниже, чем в 2013 г.), приходящихся на 7 единиц шагающих экскаваторов. При этом план по добыче угля постоянно увеличивается. Обеспечение требуемого объема вскрываемых запасов достигается соответствующей скоростью подвигания вскрышных уступов, которая зависит от ширины рабочей площадки, длины фронта работ, высоты вскрышного уступа и производительности оборудования.

Из таблицы 4.9 и графика на рисунке 4.27 видно существенное отставание (в 1,3 раза) скорости подвигания вскрышного фронта, обрабатываемого по бестранспортной технологии. Низкая скорость подвигания бестранспортного вскрышного фронта ведет к несвоевременному вскрытию пластов угля, что в конечном итоге сдерживает производительность по добыче. При этом скорость подвигания вскрышного фронта, обрабатываемого на автомобильный транспорт, имеет значительный резерв относительно подвигания добычного фронта и в настоящее время частично используется для подготовки запасов на участках, предусмотренных для бестранспортной вскрыши.

Таблица 4.9 – Анализ параметров и показателей подвигания фронта горных работ за период 2013-2018 гг.

Наименование показателя	ед. изм.	Года отработки					2018
		2013	2014	2015	2016	2017	
Объем по добыче	тыс. м ³	4259	5252	5291	5500	6022	5837
Объем автотранспортной (ж/д) вскрыши	тыс. м ³	15883	21967	28911	38755	42178	45944
Объем бестранспортной вскрыши (без переэкскавации)	тыс. м ³	11802	11613	11426	11443	11569	11900
Общая длина фронта	м	4489	5065	4825	4538	4275	3965
Длина фронта на 1 выемочную единицу бестранспортного вскрышного комплекса	м	898	724	603	567	534	566
Средняя высота борта (ср. мощность по горной массе)	м	119	120	125	123	120	120
Средняя мощность вскрыши приходящаяся на автотранспортный комплекс	м	53	54	62	60	61	62
Средняя мощность вскрыши приходящаяся на бестранспортный комплекс	м	50	50	47	47	43	42
Средняя мощность угольных пластов	м	16	16	16	16	16	16
Скорость подвигания добычного фронта	м/год	59,3	64,8	68,5	75,7	88,0	92,0
Скорость подвигания автотранспортной вскрыши	м/год	66	80	97	142	163	186
Скорость подвигания фронта бестранспортной вскрыши	м/год	53	46	50	54	62	72
Отставание бестранспортной вскрыши	раз	1,13	1,41	1,37	1,40	1,41	1,28

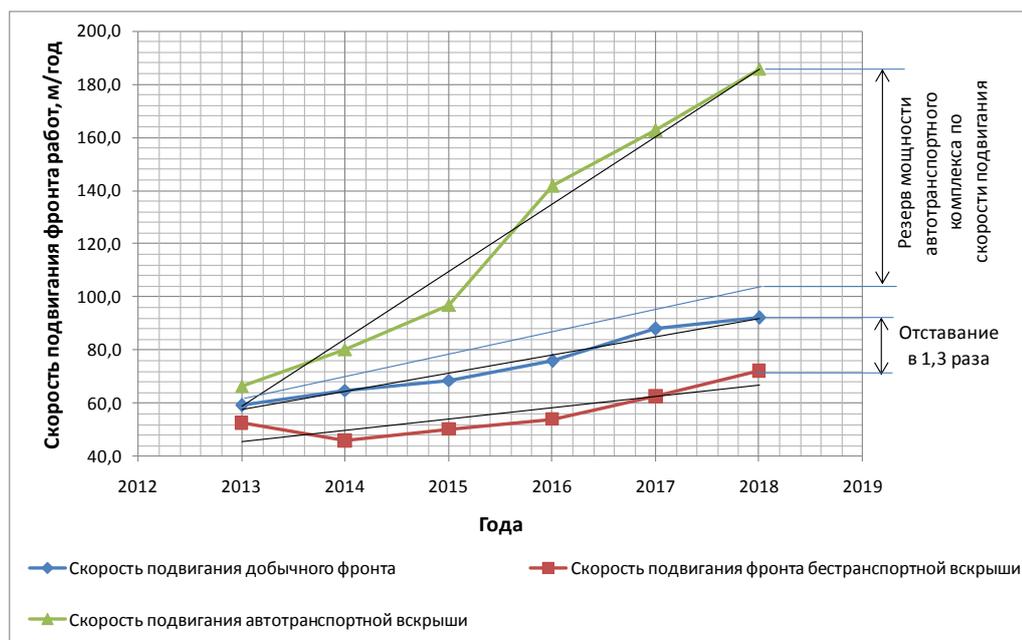


Рисунок 4.27 – Сравнение скорости продвижения фронтов работ по добыче и вскрыше

Анализ расчетных скоростей продвижения фронта за период с 2013 по 2018 гг., показал, что скорость продвижения автотранспортной вскрыши удовлетворяет условиям по обеспечению требуемого объема добычи и даже имеет некоторый опережающий резерв. Сдерживающим звеном по обеспечению требуемого объема вскрытых запасов является бестранспортная система, где скорость продвижения зачастую не соответствует темпу продвижения добычных работ. В таких условиях часть вскрыши, планируемая к извлечению по бестранспортной системе, обрабатывается автотранспортным комплексом, что нарушает планы и технологию производства работ. Таким образом, в настоящее время обуславливается необходимость обоснования и приведения параметров бестранспортной системы в соответствие требуемому темпу продвижения добычных работ, с учетом горнотехнических и технологических условий разреза.

На рисунке 4.28 представлены результаты аналитического моделирования и расчета высоты вскрышного уступа, обеспечивающего требуемую скорость продвижения фронта бестранспортного комплекса в зависимости от годовой производительности предприятия по углю при общей средней мощности пластов 16 м, рабочей площадке 60 м [138].

На рисунке 4.28 представлено два графика. Нижний график построен при удельной годовой производительности всего комплекса экскаваторов бестранспортной системы, равной 116 тыс. $\text{м}^3/\text{м}^3$ (в пересчете на кубометр емкости всех ковшей экскаваторов ЭШ, которая составляет 100 м^3), что соответствует показателям 2017 года. Верхний график построен при условии вероятного увеличения производительности экскаваторного парка на 30%, то есть при удельной производительности комплекса оборудования 150 тыс. $\text{м}^3/\text{м}^3$.

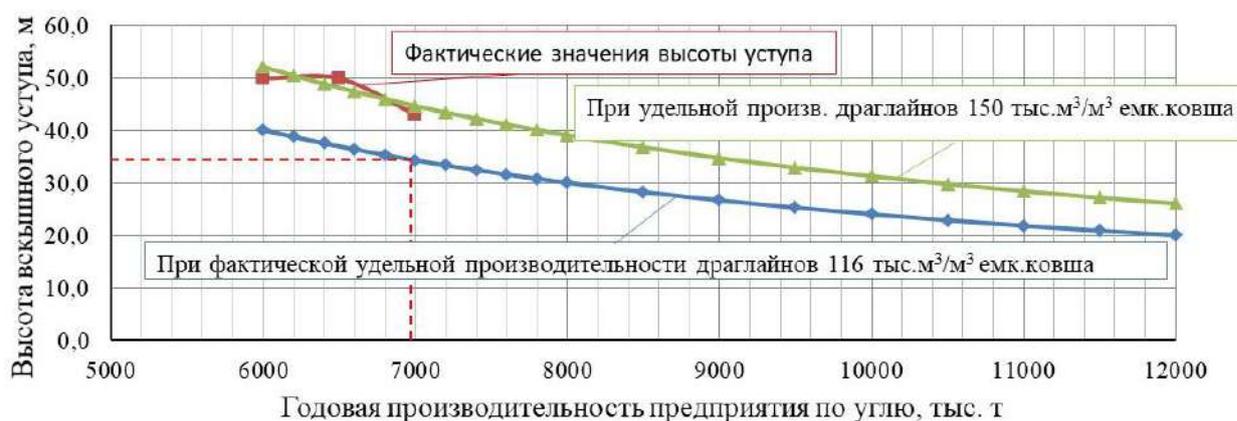


Рисунок 4.28 – Расчетная высота вскрышного уступа, обеспечивающая требуемую скорость подвигания фронта бестранспортного комплекса в зависимости от годовой производительности разреза

Промежуточный график показывает средние фактические значения высоты вскрышного уступа, обрабатываемого по бестранспортной системе за последние годы. Из графиков видно, что фактические значения параметров вскрышного уступа предыдущих лет обработки находятся выше требуемого значения при имеющейся на сегодняшний день производительности оборудования 116 тыс. $\text{м}^3/\text{м}^3$.

В целом представленная зависимость показывает, что при увеличении производительности разреза по добыче требуется постоянное понижение средней по фронту высоты вскрышного уступа, обрабатываемого по бестранспортной системе разработки. По результатам моделирования сделан вывод, что на каждые 200 тыс. т прироста производительности по углю на Черногорском разрезе необходимо понижение общей высоты вскрышного уступа бестранспортной системы на 1 м.

От годового объема извлекаемой из массива вскрышной породы зависит скорость подготовки запасов и, соответственно, производительность по углю [135, 192].

В таблице 4.10 представлен расчет возможного экономического эффекта при повышении извлекаемых из массива объемов комплексом оборудования бестранспортной системы.

Таблица 4.10 – Расчет экономического эффекта при повышении производительности комплекса оборудования бестранспортной системы

Показатели	Процент повышения производительности экскаваторов бестранспортной системы, %					
	0	10	20	30	40	50
Расчетная годовая производительность оборудования бестранспортной системы с учетом процента повышения производительности, тыс. м ³	11569	12726	13883	15040	16197	17354
Разница в объемах по сравнению со средним значением 11596 тыс. м ³ (на 2017 год)	-	1157	2314	3471	4628	5785
Эффект, получаемый за счет снижения себестоимости вскрышных работ при учете постоянных и переменных затрат в результате повышения производительности экскаваторов ЭШ, руб./м ³	-	3,6	6,57	9	11,2	13
Годовой экономический эффект от снижения затрат на перемещение вскрыши экскаваторно-автомобильным комплексом, млн руб.	-	25,45	50,90	76,36	101,81	127,26
Годовой экономический эффект от снижения переменных затрат за счет повышения производительности, млн руб.	-	4,16	15,20	31,24	51,83	75,20
Общий суммарный годовой эффект за счет повышения производительности экскаваторов ЭШ бестранспортной системы, млн руб.	-	29,6	66,1	107,6	153,6	202,5

Графическое представление экономического эффекта представлено на рис. 4.29.

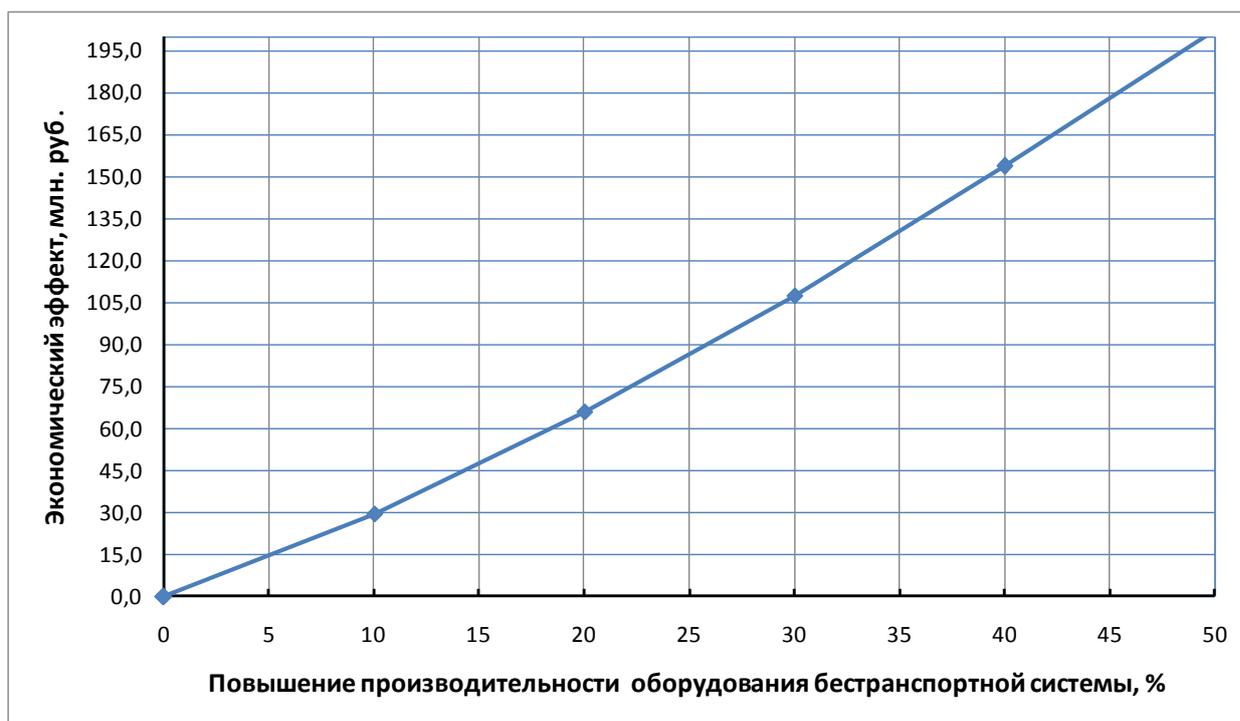


Рисунок 4.29 – Возможный экономический эффект, получаемый за счет снижения затрат при повышении производительности оборудования бестранспортной системы и выполнения объемов вместо более дорогого экскаваторно-автомобильного комплекса

Комплекс оборудования бестранспортной системы разработки на Черногорском разрезе представлен экскаваторами с емкостью ковша 10–20 м³ (типа ЭШ-20/90, ЭШ-10/70 и ЭШ-11/70) с общим количеством 7 единиц и общей емкостью всех ковшей около 100 м³. Экскаваторы ЭШ задействованы на вскрытии вышележащих пластов угля «Великан-I» и «Гигант-I» с перевалкой вскрыши в выработанное пространство карьера. Так, производительность экскаваторов ЭШ влияет на скорость подвигания вскрышных уступов и, соответственно, на годовой объем вскрываемых запасов и в целом на эффективность разработки. Расчетное производительное время использования экскаваторов ЭШ на разрезе в настоящее время составляет около 50-60%. То есть это время, затрачиваемое только непосредственно на операции по перемещению вскрыши из забоя в отвал [182, 197]. Производительное время работы оборудования бестранспортной системы во многом зависит от горнотехнических и технологических условий разработки месторождения [90,

128, 129, 138,]. В таблице 4.11 представлены горнотехнические условия и параметры систем разработки пяти разрезов с использованием шагающих экскаваторов. На Черногорском разрезе можно выделить следующие основные горнотехнические условия, неблагоприятно влияющие на производительность шагающих экскаваторов:

✓ Сужение границ горного отвода по направлению подвигания рабочего борта и соответствующее сокращение длины фронта работ. За последние 5-6 лет длина фронта уменьшилась в 1,5 раза и на 2018 г. составила 3,6 км, приходящихся на 7 единиц шагающих экскаваторов.

✓ Одновременное ведение пяти добычных забоев с различными параметрами и свойствами углей, вызванное необходимостью обеспечения требуемого качества шихты в соответствии с технологией переработки [136, 245].

✓ Ведение взрывных работ через каждые 1-2 дня, связанное с ограничением надзорными органами максимально допустимого объема разового взрыва до 500 тыс. м³.

Небольшая длина фронта, пять добычных забоев и жесткая зависимость между вскрышными, добычными и горно-подготовительными работами бестранспортной системы обуславливают высокую концентрацию выемочного оборудования в рабочей зоне разреза. Стесненность условий работы экскаваторов и ведение взрывных работ на разрезе каждые 1-2 дня приводят к частым перегонам и остановкам сразу нескольких крупногабаритных маломаневренных экскаваторов, что в целом снижает производительность комплекса оборудования.

Таблица 4.11 – Горнотехнические условия, параметры системы разработки и показатели разрезов с использованием комплекса оборудования бестранспортной системы [138]

№ п/п	Наименование	Значения для различных разрезов				
		Черногорский	Тугнуйский	Назаровский	Восточно-Бейский	Изыхский
1	Годовая производительность разреза по углю (на 2018 г.), тыс. т (тыс. м ³)	7428 (5713)	12000 (9230)	3000 (2307)	3500 (2692)	1500 (1136)
2	Количество разрабатываемых пластов	6	4	н.д.	11	4
3	Угол падения пластов, град	3-6		н.д.	3-10	8-12
4	Мощность разрабатываемых пластов	1,3 - 7,3	20 - 40	н.д.	1-10	15 - 17
5	Коэффициент вскрыши	7,3	5	н.д.	5,2	5,6
6	Средняя мощность вскрыши (на 2018 г.):					
	- приходящаяся на автотранспортный вскрышной комплекс, м	62			55-70	54
	- приходящаяся на бестранспортный вскрышной комплекс, м	35-42	18-30	18-20	10-25	26
7	Доля бестранспортной вскрыши из общего объема вскрыши из массива, %	18,4	23	н.д.	11	21
8	Коэффициент крепости вскрышных пород по Протоdjeяконову <i>f</i>	до 12	до 14	до 6	до 8	до 9
9	Наличие БВР при подготовке вскрышных пород	+	+	-	+	+
10	Частота проведения взрывных работ по всему разрезу	17 раз в месяц	1 раз в месяц	-	7 раз в месяц	6 раз в месяц
11	Максимально допустимый объем взрываеваемой горной массы за 1 раз, тыс. м ³	500	не ограничен	-	500	400
12	Общая длина фронта работ, м	3600	3600	4000	3500	2000
13	Удельная площадь рабочей зоны, приходящаяся на единицу выемочного парка, тыс. м ² /ед.	101	-	-	-	-
14	Ширина рабочей площадки для экскаваторов ЭШ	60-80	80		40-60	46-60
15	Количество экскаваторов ЭШ 20/90	3	3	2	-	-
16	Количество экскаваторов ЭШ 10/70 (11/70)	4	-	-	2	2
17	Количество экскаваторов ЭШ 40/85	-	2	-	-	-
18	Дата изготовления экскаваторов, год	1981 - 1995			1990	1990-1993
19	Средняя месячная производительность ЭШ 20/90 (максимально достигаемая производительность)	354 (440)	450 (500)	400 (630)	-	-
20	Средняя месячная производительность ЭШ 10/70 (максимально достигаемая производительность)	194 (270)	-	-	260 (320)	283 (301)
21	Использование технологических схем с верхним черпанием (для экскаваторов ЭШ)	+	-	-	-	-
22	Использование бульдозера для снижения объема верхнего черпания экскаватора	-	+	-	+	-
23	Наличие горизонтальных берм на рабочем борту ниже уступа бестранспортной вскрыши	+	-	-	+	-
24	Необходимость межзабойного усреднения угля	+	-	-	+	-
25	Количество добычных забоев, необходимых для шихтования угля перед обогащением	5	1	1	1-2	1
26	Частота замены и капремонта ковша экскаватора в результате его износа	3-4 раза в год			3 раза	1 раз в год

Абсолютные значения среднемесячной производительности экскаваторов типа ЭШ Черногорского разреза ниже значений среднемесячной производительности шагающих экскаваторов других рассматриваемых разрезов, представлены в таблице 4.11. Однако горнотехнические условия разработки исследуемых месторождений отличаются по многим позициям и сравнение абсолютных величин производительности оборудования, используемого на этих месторождениях, некорректно. Также, например, некорректно сравнивать производительность автосамосвала, осуществляющего транспортировку горной массы по горизонтальной поверхности, с производительностью такого же самосвала движущегося по поверхности с уклоном, при одном и том же плече откатки. Наиболее корректно сравнивать удельные показатели, учитывающие сложность условий эксплуатации оборудования. Так, например, значение удельной производительности комплекса ЭШ Черногорского разреза в пересчете на 1 куб суммарной емкости ковшей, приведенное к количеству дней без проведения взрывных работ, составит $621 \text{ м}^3/\text{м}^3/\text{дни}_{\text{без БВР}}$, а для Тугнуйского разреза этот же показатель составит $326 \text{ м}^3/\text{м}^3/\text{дни}_{\text{без БВР}}$, для Изыхского $157 \text{ м}^3/\text{м}^3/\text{дни}_{\text{без БВР}}$. В таблице 4.11 приведено 23 позиции горнотехнических условий и параметров системы разработки, которые следует учитывать при сравнении производительности оборудования бестранспортной системы. Для условий Черногорского разреза были проведены исследования, касающиеся снижения доли бестранспортной вскрыши и влияния на рентабельность производства (таблица 4.12, рисунок 4.30).

Таблица 4.12 – Сводная таблица

Показатели	Производительность по углю, млн т/год			
	6,0	8,0	10,0	12,0
Оптимальная высота уступа для бестранспортной вскрыши, м	40	30	24	20
Доля бестранспортной вскрыши, %	28,6	21,0	16,8	14,0
Себестоимость вскрышных работ, руб./м ³	71,8	73,5	74,4	75,0
Рентабельность, %	37,6	43,8	45,2	48,1

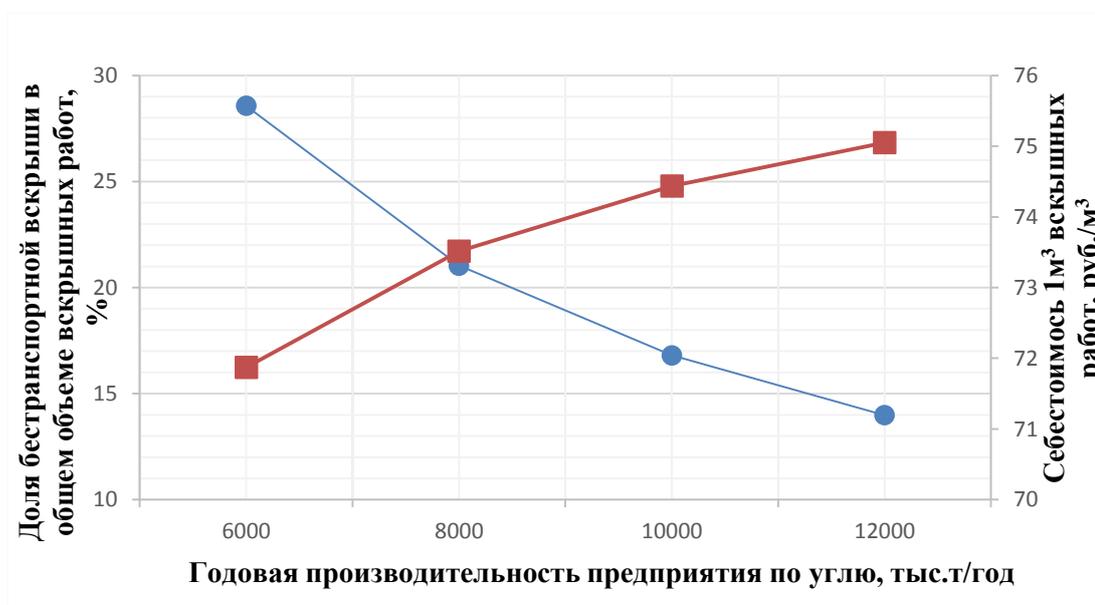


Рисунок 4.30 – Зависимость доли бестранспортной вскрыши в общем объеме вскрышных работ от годовой производительности предприятия по углю

Представленные исследования показывают, что при увеличении годовой производительности по углю доля бестранспортной вскрыши снижается с 28,6 до 14 %, при этом увеличивается себестоимость 1 м³ вскрышных работ.

Таким образом, с увеличением производительности Черногорского разреза с 6 до 12 млн т в год происходит снижение доли вскрышных работ, выполняемых по бестранспортной системе разработки драглайнами с 29 до 14% в пользу повышения доли использования экскаваторно-автомобильного комплекса. Несмотря на то, что бестранспортная система является менее затратной по сравнению с автотранспортной, расчеты показывают, что рентабельность предприятия с увеличением производительности карьера по углю увеличивается.

4.2.2 Анализ и оценка влияния параметров горнотехнической системы на производительность разреза в условиях Ургальского месторождения

Ургальское месторождение одно из крупнейших угольных месторождений Дальнего Востока разрабатывается с 1934 г. Количество разведанных запасов составляет более 1,1 млрд т, общие оценочные запасы составляют 11 млрд т угля [60, 178]. Несмотря на то, что месторождение характеризуется сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями, кондиции запасов обуславливают перспективу его освоения и будущее развитие региона.

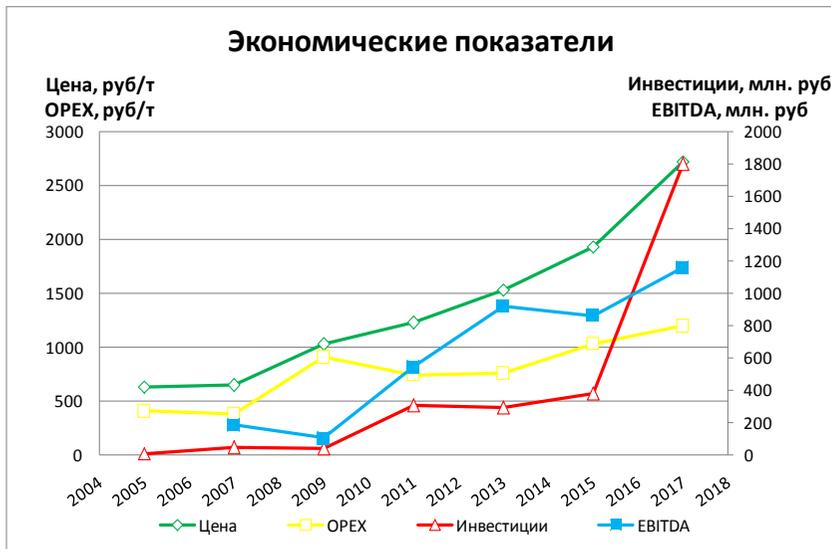
Недропользователем Ургальского месторождения является объединение АО «Ургалуголь». В настоящее время в состав объединения входят следующие производственные единицы: шахта «Северная», разрез «Буреинский» с обогатительной установкой (ОУ-22), разрез «Мареканский», разрез «Правобережный», обогатительная фабрика «Чегдомын». В 2004 г. АО «Ургалуголь» вошло в состав одной из крупнейших угольных компаний страны - СУЭК и получило мощный импульс для дальнейшего социально-экономического развития [171]. В 2004 г. перед руководством предприятия была поставлена задача – к 2015 г. выйти на рынок экспортируемого угля и закрепиться на нем. Для решения данной задачи был направлен значительный объем инвестиций на технологическое развитие производства. В этот период существенным образом изменился подход к освоению месторождения в пользу развития открытого способа добычи. Динамика технико-экономических показателей разрезоуправления АО «Ургалуголь» представлена в таблице 4.13 и на рисунке 4.31. Для сравнения показателей, на рисунке 4.32 представлена динамика технико-экономических показателей ООО «СУЭК-Хакасия».

Одним из перспективных для развития предприятия является разрез «Буреинский». В последние годы на этом разрезе изменилась технология разработки угольных пластов. Был опробован способ с валовым взрывным рыхлением вскрышных пород и пластов угля [171], позволяющий более эффективно использовать горнотранспортное оборудование.

Применение новой технологии разработки, а также обновление парка экскаваторов, автосамосвалов и бульдозерной техники обеспечило переход разреза «Буреинский» на уровень производства 3 млн т в 2017 г. Однако современные условия рынка требуют непрерывных улучшений в организации и технологии производства для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия. В связи с этим перед руководством «Разрезоуправления» АО «Ургалуголь» ставятся новые задачи, в том числе связанные с повышением уровня использования техники с учетом характерных для данного района горно-геологических условий.

Таблица 4.13 – Показатели деятельности разрезов АО «Ургалуголь»

Показатель	Год								
	2002	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
Добыча, тыс. т	1012	907	968	845	418	883	1717	2433	3140
Вскрыша, тыс. м ³	3207	3564	3357	3775	1620	3843	8814	13165	21480
ОРЕХ, руб./т			406	381	907	743	756	1034	1196
Цена, руб./т			632	646	1027	1226	1532	1935	2725
ЕВИТДА, млн руб.				187	104	545	922	862	1157
Инвестиции, млн руб.			10	48	39	304	292	380	1800
Суммарная емкость ковша (весь парк экскаваторов), м ³	90	100	50	45	16,25	20,3	43,6	51,4	94
Средняя емкость ковша, м ³	5	5	5	5	4	5	5	9	12
Суммарная грузоподъемность парка автосамосвалов, т			798	762	588	738	1540	2600	3755
Средняя грузоподъемность парка автосамосвалов, т			38	40	42	42	70	84	101
Производительность, тыс. м ³ горной массы / м ³ ковша	43	42	80	96	117	218	228	288	251
Производительность, тыс. т горн. массы / т грузопод.			11	13	7	13	14	13	14
Производительность, тыс. т км по горной массе / т грузопод.			15	16	9	19	22	26	31
Производительность, тыс. т/чел.-год	3	3	3	3	2	6	9	10	9
Производительность, тыс. м ³ /чел.-год	11	12	10	13	8	24	45	52	59
Численность на разрезах, чел.	301	305	326	288	200	159	196	255	365
Номинальная заработная плата, руб.	11937	12254	14570	17698	23751	32607	42544	55378	64682
Реальная заработная плата, руб.	10266	10538	12530	15220	20426	28042	36588	47625	55627



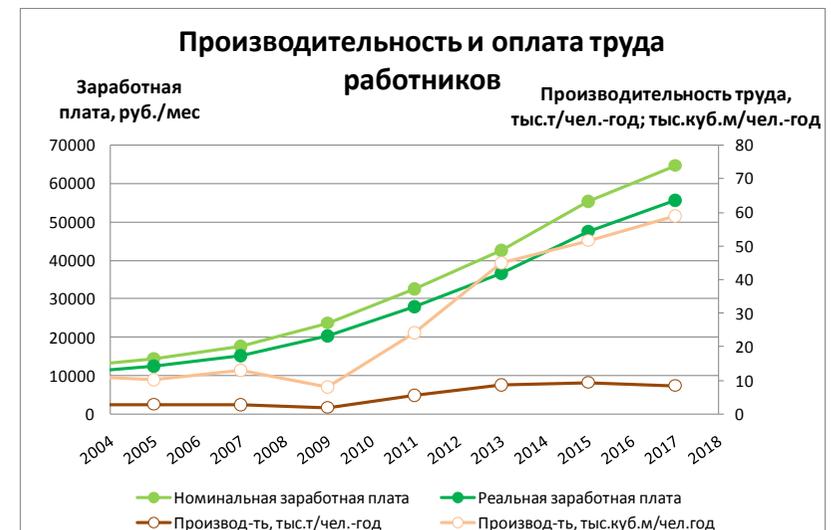
а



б



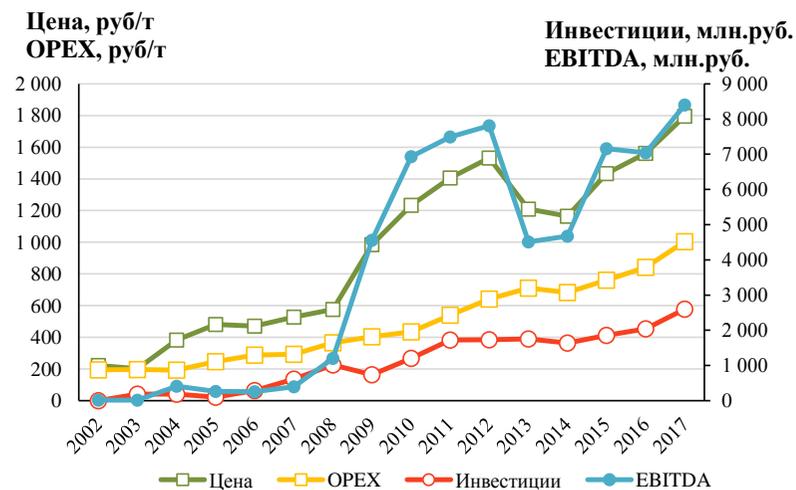
в



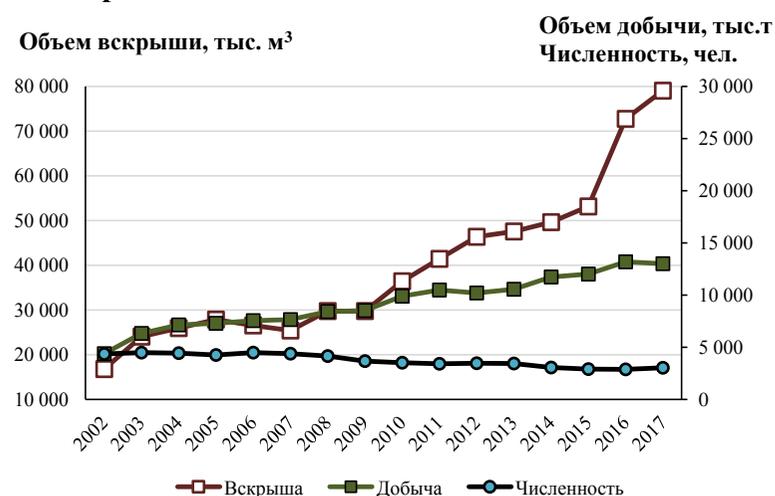
г

Рисунок 4.31 – Динамика технико-экономических показателей разрезуправления АО «Ургалуголь»

а) Экономические показатели



б) Объемы работ и численность



в) Удельная производительность оборудования



г) Производительность и оплата труда работников

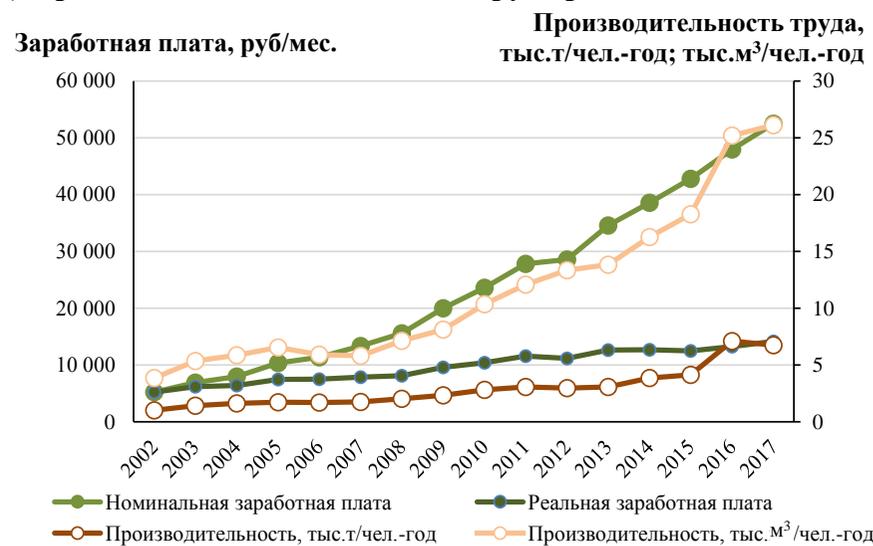


Рисунок 4.32 – Динамика технико-экономических показателей ООО «СУЭК-Хакасия»

(Черногорский разрез входит в его состав)

Тенденция изменения производительности предприятия

Региональное производственное объединение АО «Ургалуголь» занимает наиболее благоприятное место расположения относительно терминала для отгрузки угля на экспорт в компании «СУЭК». Объемы запасов Ургальского каменноугольного месторождения, а также высокая ценность угля на внешнем рынке в настоящее время определяют привлекательность предприятия для инвестиций со стороны компании и обуславливают потребность в его дальнейшем развитии. На основе этого компания повышает требования ко всем производственным показателям предприятия АО «Ургалуголь». В том числе увеличиваются плановые показатели по объему производства продукции (рисунок 4.33). В ближайшие пять лет программой развития производственного объединения предусматривается увеличение добычи угля открытым способом в три раза, с 3 до 10 млн т в год.

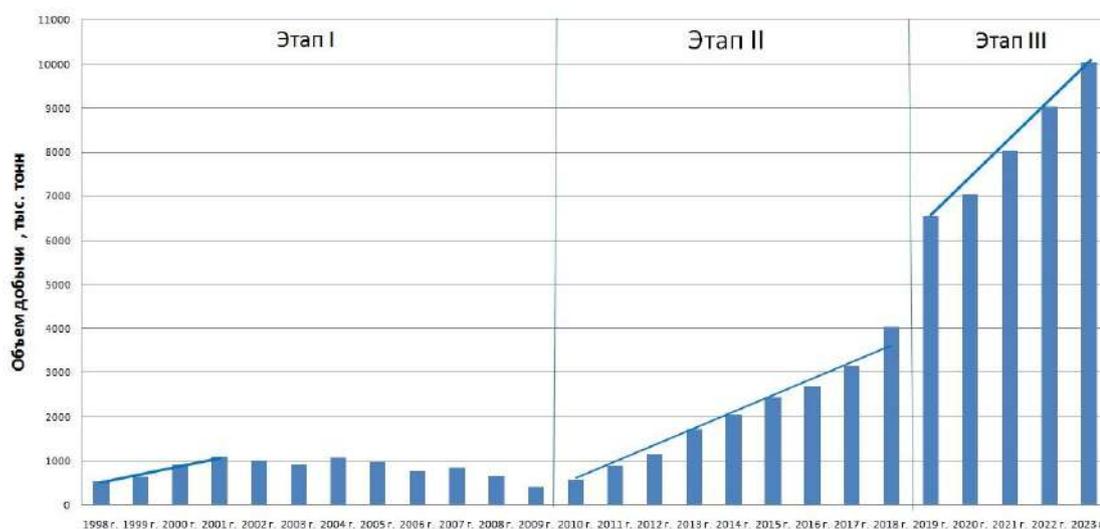


Рисунок 4.33 – Динамика общего объема добычи угля по всем разрезам АО «Ургалуголь» (1998-2017 гг. - фактические, 2019-2023 гг. - плановые)

Анализ технологии и организации открытых горных работ на разрезе «Буреинский»

Буреинский разрез отрабатывается с 1998 г. и делится на 2 карьерных поля (участок №1 и №2). Участок №1 (южный) отрабатывает южную часть геологических запасов, участок №2 (северный) – северную часть. В отработку вовлечены пласты В4 - В7, В11 - В14, В21 - В23, В26, В41.

В настоящее время разрез «Буреинский» представляет собой карьерное поле длиной по простиранию 5,5 км, в крест простирания свыше 1,7 км. Максимальная глубина отработки пластов составляет 180 м при углах падения от 12 до 22°. Производственная мощность разреза по проекту составляет 3 000 тыс. т в год с коэффициентом вскрыши 6,5 м³/т.

При отработке разреза применяется транспортная система разработки с использованием автомобильного транспорта и вывозкой угля на угольный склад, вскрыши – на внешние и частично на внутренние отвалы.

Транспортировка угля из забоя осуществляется по транспортным бермам, почве угольного пласта и рабочим горизонтам на перегрузочный угольный склад. Часть вскрышных пород, представленных гравийно-галечниковыми отложениями и крепкими песчаниками, используется для подсыпки подъездных автодорог и промплощадки. Оработка верхних вскрышных уступов, сложенных четвертичными отложениями, производится в зимнее время с предварительным рыхлением методом скважинных зарядов.

Вскрышные породы разреза транспортируются из забоев на внешние отвалы. Дальность транспортировки составляет до 2,3 км. Отвалообразование бульдозерное. Внешний отвал расположен с восточной стороны участка за контуром промышленной угленосности, вдоль выхода пласта В4 под наносы. Вскрытие участков осуществляется выездными траншеями, примыкающими к внешней автодороге.

На выемке вскрыши и угля применяются гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием типа «обратная лопата» Komatsu PC1250, PC2000, PC4000 с емкостью ковша соответственно, 6,7, 12 и 22 м³. Кроме того, в технологии предусмотрено использование фронтального пневмоколесного погрузчика WA700 с емкостью ковша 8,7 м³, а также гусеничных бульдозеров Komatsu D375 и Liebherr PR 77. На транспортировке вскрышных пород используются автосамосвалы TEREX TR100 с грузоподъемностью 90 т, БелАЗ-75131 и БелАЗ-75306, на транспортировке угля – автосамосвалы SCANIA 420 грузоподъемностью 35 т. Бурение скважин осуществляется станками DML 1200 и Pit Viper 271.

Эффективность использования техники на примере экскаватора Komatsu PC2000 в настоящее время можно характеризовать следующими показателями: производительность в среднем по разрезу составляет 350 тыс. м³ в месяц, в год около 3000 тыс. м³, среднее производительное время работы экскаватора 490 ч/мес., общие удельные затраты, связанные с отработкой взорванного блока, около 14,5 руб./м³. Производительность труда по добыче на «Буреинском» разрезе составляет 494 т/чел./мес., при этом средняя производительность труда по добыче по 13-ти разрезам АО «СУЭК» составляет 594 т/чел./мес.

Организацию работ на разрезах предприятия можно оценить на основе сравнения стандартного режима работы и экспериментального при реализации мероприятий значительного повышения производительности оборудования.

Для достижения требуемого уровня добычи и производственных показателей, соответствующих лучшим предприятиям компании и мира, руководителями и специалистами «Разрезоуправления» АО «Ургалуголь» подготовлены и реализованы мероприятия, позволившие в ноябре 2018 г. на разрезе «Буреинский» установить новый мировой рекорд экскавации месячного объема горной массы экскаватором типа «обратная лопата» Komatsu PC-2000.

Спланированные и реализованные специалистами АО «Ургалуголь» мероприятия по выполнению рекорда были тщательно проанализированы. Результаты анализа представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Основные параметры и показатели стандартного режима работы оборудования и режима выполнения рекорда [134]

Показатели	Режим	
	Стандартный	Рекорд
Производительность экскаватора, тыс. м ³ /мес.	350- 450	650
Календарный фонд времени, ч/мес.	720	720
Производительное время работы экскаватора, ч/мес.	360	622
Среднее время цикла экскаватора, с	31-33	25-30
Количество перегонов экскаватора за месяц	до 12	7
Количество времени на производство технического обслуживания (ТО) экскаватора, мин	30-40	25-30

Показатели	Режим	
	Стандартный	Рекорд
Температура воздуха, °С	от + 40° до -50°	от -20 до ° - 50°
Количество человек, участвующих в ТО	2	3
Время простоя в аварийном режиме, мин	1600	160
Количество заправок экскаватора, раз/сут	2	1
Количество обедов машиниста, раз/смену	2	1
Фактическое время 1 обеда машиниста (2 обеда), часов:мин	12:00-12:40, 16:00-16:40	12:00-12:30
	00:00-00:30, 04:00-04:30	00:00-00:30
Время проведения ТО, часов:мин	9:00-14:00	12:00-12:30
Время подачи топливозаправщика к экскаватору	8:00-9:00	8:00
Время проведения взрывных работ	12:00 или 16:00	12:00
Среднее количество рейсов автосамосвалов за час	6-7	11-12
Информация по объему перевозимого груза, фиксируемая диспетчером, доводится для операционного персонала и специалистов	Каждые 2 часа	Каждый час
Удельные затраты ФЗП на 1 м ³ (для машинистов)	0,86	0,83
Удельные затраты ФЗП на 1 м ³ (для водителей)	4,28	4,15

Для выполнения рекорда была пересмотрена технология, система контроля выполнения процессов и функционала специалистов [79, 235, 240, 241, 265,]:

1. При выполнении запланированных работ к экскаватору были закреплены два бульдозера – колесный и гусеничный. Гусеничным бульдозером производилось понижение высоты развала взорванной горной массы до 4 м. Колесным бульдозером производилась подчистка площадки забоя и подъезда. Развал отрабатывался только нижним черпанием с нижней погрузкой в автосамосвал.

2. Запас взорванной горной массы составлял до 15 суток для непрерывной работы экскаватора.

3. В первые дни работа бригады находилась под постоянным контролем начальника участка и его заместителя: велась непрерывная работа с операционным персоналом по повышению качества выполнения процессов, поскольку требовался принципиально другой уровень подготовки площадок,

планирования дорог, выполнения иных вспомогательных операций и технологической дисциплины при выполнении каждой операции.

4. Доставка операционного персонала осуществлялась автобусом в первую очередь к экскаватору, который был выбран для выполнения рекорда. Были организованы прием-передача смены водителей автосамосвалов непосредственно на площадке у экскаватора. Ремонт автодорог в смене производился по требованию водителей автосамосвалов за счет оперативного оповещения по рации о проблемных участках.

5. Руководством «Разрезоуправления» велся мониторинг отношения операционного персонала к технике. Со стороны других специалистов большое внимание уделялось состоянию здоровья и настроению трудящихся.

Анализ деятельности по реализации запланированных предприятием мероприятий и установка рекордного показателя позволяет произвести переоценку возможностей персонала предприятия и применяемого оборудования. В результате обуславливается необходимость разработки мероприятий по освоению полученного опыта в стандартном режиме и нацеливания производственной деятельности на повышение производительного времени работы оборудования.

Анализ горнотехнических условий разработки Ургальского месторождения

С целью выявления потенциальных возможностей повышения эффективности разработки разрезов АО «Ургалуголь» было проведено сравнение горнотехнических условий и технологических параметров различных угольных разрезов. В таблице 4.15 представлено сравнение горнотехнических условий и параметров разрезов «Буреинский», «Правобережный», «Черногорский», «Тугнуйский».

Анализируя работу всех четырех разрезов, можно выделить следующие основные горнотехнические условия, снижающие экономическую эффективность Буреинского и Правобережного разрезов.

1. Более высокие показатели крепости пород приводят к дополнительным затратам при подготовке массива к выемке и экскавации горной массы.

Таблица 4.15 – Сравнение горнотехнических условий и технологических параметров, характерных для различных угольных разрезов [159]

Показатель	Ед.изм.	Буреинский разрез	Правобережный разрез	Черногорский разрез	Тугнуйский разрез	Комментарий
Данные по бурению 2018 г.						
Крепость пород	ед.	7,0 -9,0	5.0 - 8.0	4.0 - 6.0	4.0 - 10.0	Крепость пород на Ургале в целом выше
Сетка скважин	м×м	от 2.5×2.5 до 6×6	от 2.5×2.5 до 6×6	от 5×5 до 9×6	от 4×4 до 9×9	Из-за крепости пород и наличия мерзлоты приходится бурить меньший размер сетки
Расход ВВ	кг/м ³	0,922	0,964	0,685	0,851	Из-за крепости пород и наличия мерзлоты расход ВВ на Ургале выше на 15-40%
Выход горной массы (ГМ)	м ³ /п.м.	28,86	30,13	40,72	33,22	Из-за крепости пород и наличия мерзлоты выход ГМ на Ургале ниже на 15-40%
Скорость бурения	п.м./ч	39,10	35,10	51,00	80,00	Из-за крепости пород, скорость бурения на Ургале 1,5-2 раза ниже
Наработка шарошек и долот	м/ед.	3350	3350	7900	8500	Один буровой инструмент служит на Буреинском в 2,5 раза меньше, а на Правобережном в 5,5 раз меньше, чем на Тугнуге
Процент заиливаемых скважин	%	8	12	0,1	2	Заиливаемая скважина означает, что после бурения ее нельзя использовать для взрывания
Эксплуатация, перевозка						
Объем добычи	тыс. т	3000	2000	7500	14000	
Коэффициент вскрыши	м ³ /т	8,3	4,8	7,5	6,1	
Плечи:						
Добыча	км	11,1	8,0	5,8	4,5	
Вскрыша	км	2,0	1,5	2,2	2,3	
Оптимальность соотношения ковша экскаватора и грузоподъемности самосвала:						
Количество ковшей на самосвал (min - по борту; max - с шапкой)	шт.	6-13	6-8	6-8	3-10	
Среднее время загрузки самосвала	с	231-429	231	108-330		
Средний ковш экскаватора						
Для 220-тонных	м ³	16,7	22	22	30,8	
Для 130-тонных	м ³	6,7	-	9	6,7	Производительность самосвала увеличивается примерно на 1,5-2% при росте объема ковша на м ³ (для гидравлических экскаваторов)

Окончание таблицы 4.15

Показатель	Ед.изм.	Буреинский разрез	Правобережный разрез	Черногорский разрез	Тугнуйский разрез	Комментарий
Обеспеченность вспомогательной техникой:						
Грейдеры - сверхтяжелые (САТ 24М)	ед.	-	-	1	2	
Грейдеры - прочие	ед.	2	1	4	4	
Бульдозеры гусеничные	ед.	8	4	16	18	
Бульдозеры колесные	ед.	2	1	4	7	
Погрузчик колесный	ед.	6	-	14	8	
Машина карьерная (универсальная)	ед.	1	-	1	1	
Машина карьерная (поливочная)	ед.	1	-	4	4	
Машина карьерная (тягач)	ед.	1	-	2	1	
Обеспеченность инфраструктурой – рембоксы, АБК и т.п.:						
Производственное здание для выполнения ТО и ремонта карьерных самосвалов	ед.	нет	нет	1	2	
Количество машино-мест для ТО (БелАЗ-7530, 7513)	ед.	-	-	2	2	
Количество машино-мест для ТР (БелАЗ-7530, 7513)	ед.	-	-	2	7	
Среднее время одной операции по ремонту самосвалов	ч	8		5		Из-за отсутствия боксов среднее время 1 операции на Ургале на 60-70% больше
Общие параметры						
Мерзлота		да	да	нет	нет	До 100 м вечной мерзлоты. Препятствует бурению, взрыву (пробуренная скважина оплывает). Эффективно отработать можно только зимой. Оттаивает по 1 м за 1 мес.
Водопритоки	м ³ /ч	1995	5771	40	1414	
	м ³ /сут	47875	138504	1000	32515	

2. Заиливаемость скважин увеличивает затраты на бурение скважин.
3. Большая дальность перевозки полезного ископаемого увеличивает затраты на транспорт.
4. Наличие мерзлоты приводит к дополнительным затратам при подготовке вскрышных пород к выемке.
5. Увеличено среднее время одной операции по ремонту карьерных самосвалов на 60-70 % из-за отсутствия боксов.

Указанные горнотехнические условия в целом значительно осложняют отработку Буреинского и Правобережного разрезов. Однако при этом были найдены решения, позволившие на разрезе «Буреинский» обеспечить планируемый результат, а именно переход разреза с 845 тыс. т в 2007 г. на уровень производства 3 000 тыс. т в 2017 г. Несмотря на достигнутые результаты, в современных условиях рынка горнодобывающим предприятиям важно находить новые решения, позволяющие создавать конкурентную стоимость производимой продукции [270]. Таким образом, особые горно-геологические и горнотехнические условия разрабатываемого месторождения обуславливают необходимость формирования новых подходов оптимизации технологических параметров отработки. В настоящее время предприятию требуются технологические решения, повышающие экономические показатели за счет снижения себестоимости производства.

*Поиск резервов по повышению производительности горнотранспортного
оборудования*

Анализ структуры рабочего времени экскаваторов

Анализ структуры рабочего времени проведен для экскаваторов HITACHI EX3600E-6 (Зав. №НСМ18U00A00001289), KOMATSU PC2000 гар.№5 (Зав. №20599), KOMATSU PC2000 Гар.№4 (Зав. №20449), KOMATSU PC1250 гар.№2 (Зав. №20714), KOMATSU PC1250 гар.№6 (Зав. №20842), HITACHI EX1200 Гар.№7 (Зав. №НСМ18J00J00001559). Структура рабочего времени представлена в виде диаграмм на рисунках 4.34, 4.35 [10].

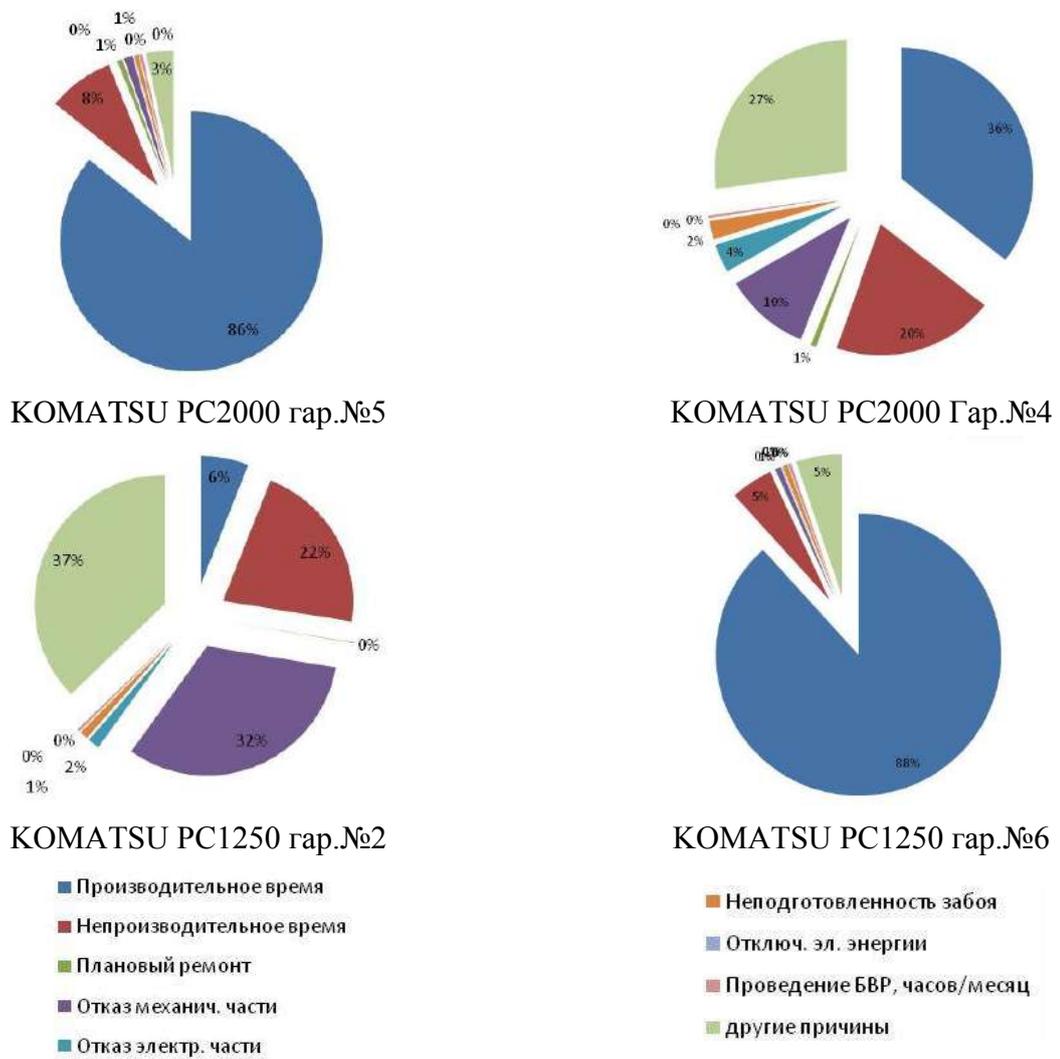


Рисунок 4.34 – Структура рабочего времени экскаваторов КОМАТСУ

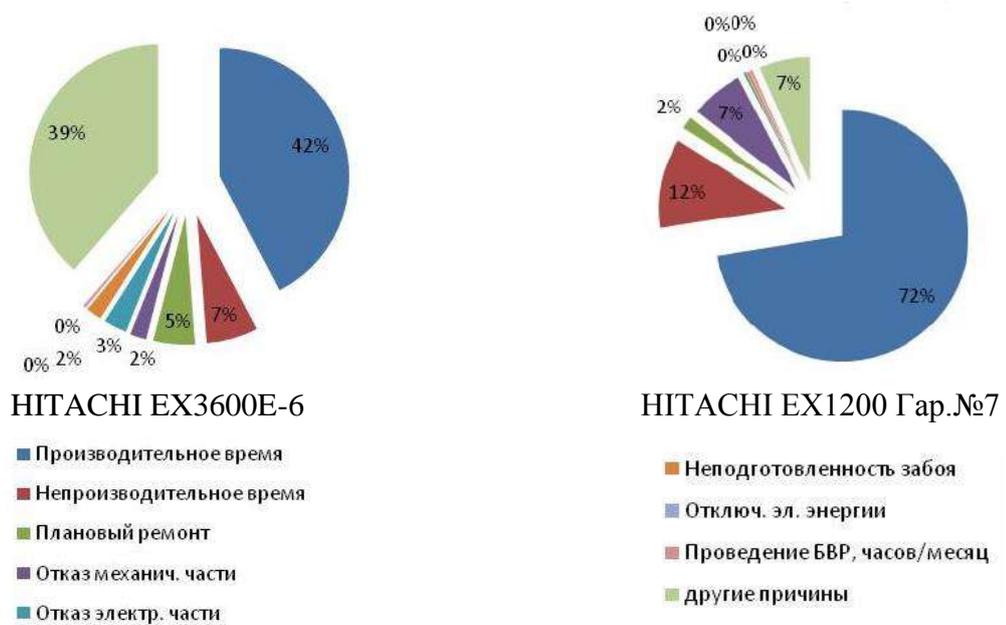


Рисунок 4.35 – Структура рабочего времени экскаваторов НИТАСНІ

Анализ структуры рабочего времени экскаваторов проведен для периода 12 месяцев. Среднее производительное время работы экскаваторов на момент проведения анализа структуры времени составило 55% от общего фонда времени. Минимальное 36%, максимальное 86%.

Анализ структуры времени в представленном виде может являться методической основой для выявления резервов времени работы оборудования и определения «узких» мест в организации производства.

Анализ структуры рабочего времени экскаваторов в 2019 году произведен для разреза «Буреинский» и представлен в виде диаграммы месячного фонда времени (рисунок 4.36). Результаты расчета производительных моточасов представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Расчет производительных моточасов экскаваторов по разрезу «Буреинский» в 2019 г.

	Среднее производительное время, ч	Резерв, ч	Учтенные простои, ч
Komatsu PC1250 №6	430	176	113
Komatsu PC2000 №5	508	155	56
Hitachi EX 1200 №7	398	227	95
Hitachi EX 3600 №9	220	219	281

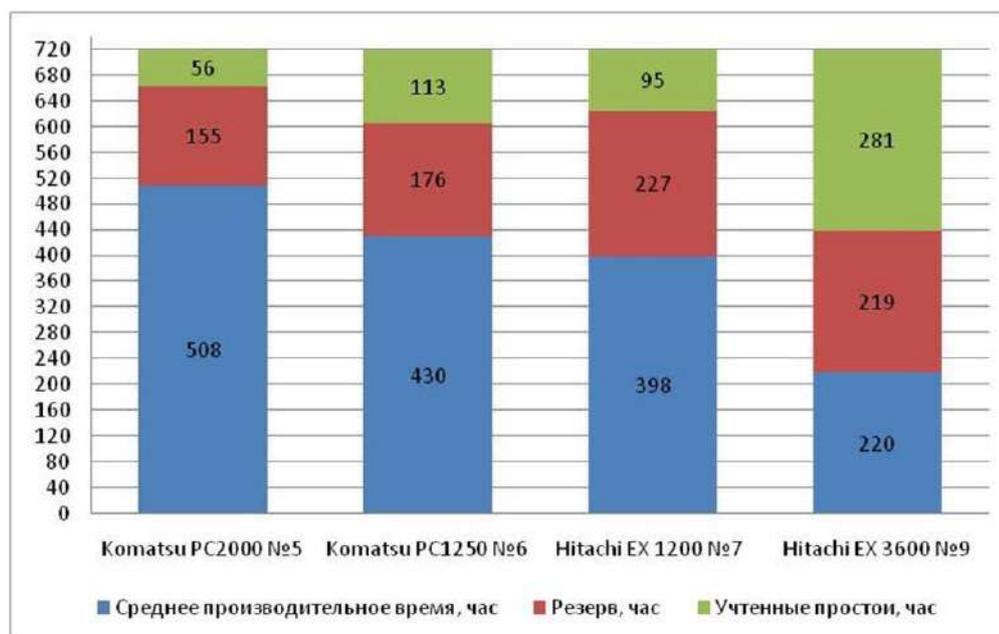


Рисунок 4.36 – Расчет производительных моточасов экскаваторов по разрезу «Буреинский» в 2019 г. (среднемесячный фонд времени)

Анализ времени рейсов автосамосвалов

Анализ времени рейса автосамосвалов проведен для разреза «Буреинский» по результатам хронометража двух смен. Выявленные резервы времени и резервы по количеству рейсов представлены на диаграммах (рисунки 4.37, 4.38).

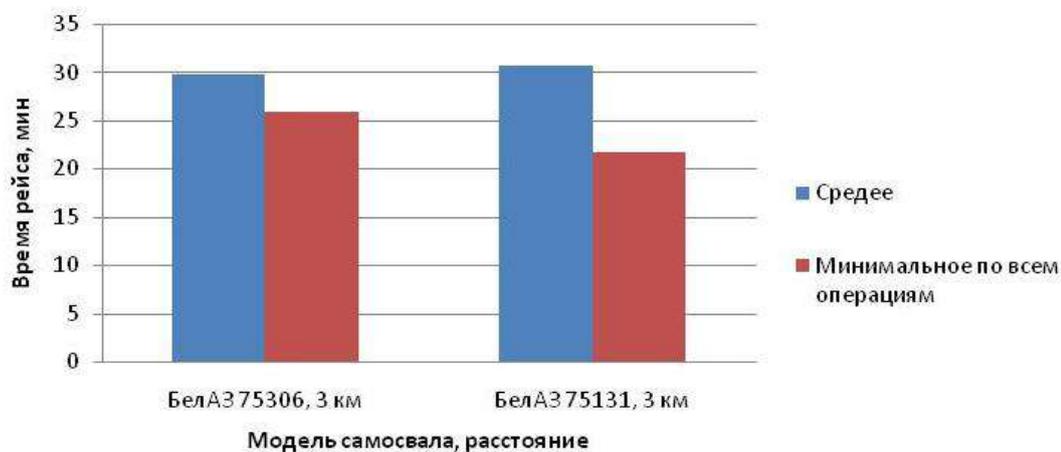


Рисунок 4.37 – Время рейса и резерв во времени рейса автосамосвалов БелАЗ разреза «Буреинский»

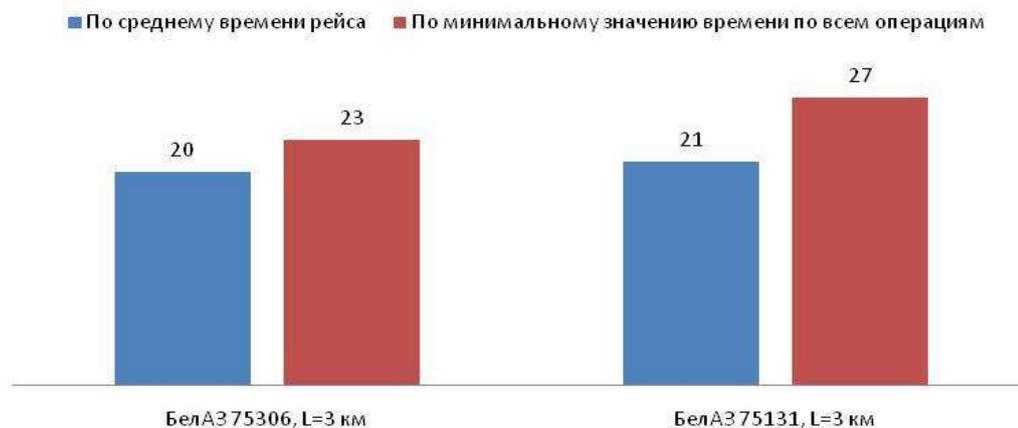


Рисунок 4.38 – Резерв по количеству рейсов автосамосвалов БелАЗ при минимальном значении времени операций

Совместно со специалистами предприятия (Автоколонна) произведены расчеты стоимости транспортировки горной массы различными автосамосвалами. Данные расчетов представлены в таблице 4.17. По данным таблицы возможно проведение анализа соответствия использования автосамосвалов маршрутам движения по дальности и сложности транспортировки.

Таблица 4.17 – Стоимость транспортировки горной массы на разрезах АО «Ургалуголь»

	БелАЗ 75306	БелАЗ 75131	TEREX
А/ш	0,00	0,00	0,00
ДТ	33362607,00	19991689,00	9935788,00
ГСМ	1299595,00	799750,00	399875,00
Амортиз	0,00	2331530,00	1797015,00
УПХ и ЗЧ	2438404,00	6286116,00	21439929,00
ФОТ	4441801,00	3605836,00	2155206,00
Нач на ФОТ	2007694,05	1629837,87	974153,11
	43550101,05	34644758,87	36701966,11
Грузооборот	7818876,00	3515907,00	1775663,00
М ³	1349939,00	712423,00	387752,00
1 ткм	5,57	9,85	20,67
1 м³	32,26	48,63	94,65

В результате проведенного анализа выявлены резервы времени для повышения производительности оборудования. Резерв времени для экскаваторов составляет от 155 до 227 ч в месяц. По количеству рейсов автосамосвалов имеется резерв от 3 до 6 рейсов за смену соответственно для БелАЗ-75306 и БелАЗ-75131 (в горнотехнических условиях аналогичных для периода времени проведения хронометража).

В результате проведенных исследований выявлены значительные внутрипроизводственные резервы предприятия, освоение которых позволит, по предварительной оценке, при повышении качества организации и технологии процессов повысить производительное время работы экскаваторов и автосамосвалов в 1,3-1,5 раза.

Для оценки возможности освоения выявленных резервов были проанализированы горнотехнические условия и технология разработки Ургальского каменноугольного месторождения. Сравнительный анализ условий разработки на предприятии АО «Ургалуголь» с аналогичными предприятиями компании позволил выделить ряд особенностей, влияющих на экономическую эффективность разработки исследуемого месторождения:

- более высокие показатели крепости пород, приводящие к дополнительным затратам при подготовке массива к выемке и экскавации горной массы;

- заиливаемость скважин, что увеличивает затраты на бурение скважин;

- большая дальность перевозки полезного ископаемого, что увеличивает затраты на транспортировку;

- наличие мерзлоты, приводящее к дополнительным затратам, связанным с подготовкой вскрышных пород к выемке и непосредственно с выемкой.

С целью выявления организационных факторов, влияющих на производительность оборудования в горнотехнических условиях Ургальского месторождения, был проанализирован опыт установления на разрезе «Буреинский» мирового рекорда по экскавации месячного объема горной массы экскаватором типа «обратная лопата» Komatsu PC-2000. Выявлено более пятнадцати организационных изменений, позволивших повысить производительность оборудования. В качестве основных можно выделить следующие:

- разработка нового положения об оплате труда работникам комплексной бригады и ИТР;

- изменения в организации проведения требуемого ТО в период выполнения запланированного месячного объема, за минимально возможное время;

- изменения в подготовке подъездных путей в соответствии с требованиями нормативных документов и минимальным расстоянием транспортирования горной массы;

- изменения в проведении периодических инструктажей и контроля операционного персонала по улучшению качества выполняемых операций и соблюдению установленных часовых производственных показателей;

- изменения в организации оперативной работы диспетчерской службы, особенно в части отслеживания установленных часовых показателей и доведения имеющейся информации до всех специалистов;

- обеспечение бесперебойной работы комплекса оборудования за счет привлечения дополнительной численности персонала во время регламентируемых перерывов, а также за счет замещения автосамосвалов в случае аварийных остановок и ТО;

- изменения в организации учета и контроля в течение обозначенного для нового результата месяца по достижению сверхнормативных показателей вскрышного комплекса.

Следует отметить, что зачастую, при благоприятных экономических условиях перед руководством горных предприятий встает задача повышения производственной мощности. Такая задача решается вложением инвестиций в производство, приобретением новой техники и некоторыми изменениями организационной структуры. В условиях обеспечения производства с новыми плановыми объемами возрастает значимость учета затрат и показателей эффективности. Таким образом, за происходящими техническими и организационными преобразованиями необходимы и технологические изменения, в частности требуется адаптация параметров горнотехнической системы под новые условия, которые бы обеспечивали повышение эффективности.

4.3 Исследование влияния конструктивных и геотехнологических параметров горнотехнической системы на повышение качества добываемого полезного ископаемого и эффективность разработки

Оценка влияния параметров горнотехнической системы на качество добываемого сырья произведено для условий разработки Лысогорского месторождения кровельных сланцев.

Сланец является перспективным строительным материалом для производства кровельной, электротехнической и облицовочной плитки, а также для производства других кровельных материалов [236, 252, 255]. Лысогорское месторождение является одним из самых крупных месторождений данного вида сырья на Урале. Несмотря на то, что многие эксперты скептически относятся к перспективам развития добычи кровельных сланцев в России [199, 255], предприятие, разрабатывающее Лысогорское месторождение, имеет свой рынок сбыта.

Характерной особенностью массива грубосланцевой толщи Лысогорского месторождения является заметное присутствие жильных образований, сложенных кварцевым и карбонат-кварцевым материалом. Согласно регламенту и техническим условиям, товарная продукция предприятия не должна содержать включения вскрышных и вмещающих пород. Поэтому при постановке запасов месторождения на государственный баланс, грубоволокнистый сланец, залегающий на контакте с карбонат-кварцевыми включениями, численно был исключен из общего объема подсчета из-за несоответствия требованиям

кондиции. Исключённый объем составил 19% от общего объема грубоволокнистых сланцев в границах подсчета запасов. Однако не числящийся на балансе сланец, не выделен и не отнесен к вскрышным и вмещающим породам и входит в проектные контуры карьера. Так, по технологическим причинам сланец, содержащий карбонат-кварцевый материал, подлежит селективной выемке и отдельному учету в виде эксплуатационных потерь. Объем ежегодно извлекаемого из недр полезного ископаемого и его потери, в соответствии с российским законодательством, регистрируются на предприятии и в надзорных органах. При этом определение показателя потерь сланца по отдельным участкам и горизонтам Лысогорского месторождения, а также периодическое обоснование потерь при согласовании планов развития горных работ в государственных органах, а также при списании запасов в настоящее время затруднено. Многие месторождения имеют особенности залегания и технологии их разработки, усложняющие обоснование потерь природного сырья при добыче на основе типовых методик [125, 127, 151, 199, 242, 256, 269]. Существующие отраслевые инструкции по определению потерь полезного ископаемого не позволяют определить объем возможного к извлечению сланца на участках включений карбонат-кварцевых жил и оценить объем потерь полезного ископаемого. Причиной этого является отсутствие в имеющихся инструкциях методических рекомендаций, позволяющих учесть: различное количество, мощность, азимут и угол падения карбонат-кварцевых включений и жил в массиве кровельных сланцев по глубине и простиранию, различную горизонтальную мощность данных включений и массива сланца между карбонат-кварцевыми включениями и жилами, различные варианты сочетаний углов наклона контактов одиночных кварцевых включений и жил с направлением развития горных работ в условиях разработки месторождения с предварительной подготовкой горных пород к выемке буровзрывным способом.

Таким образом, особенности Лысогорского месторождения, применяемая технология его освоения, требования к качеству сырья и требования законодательства обуславливают необходимость разработки методических

рекомендаций по обоснованию параметров разработки и определению плановых потерь при добыче кровельных сланцев [122].

Лысогорское месторождение кровельных сланцев расположено в Белорецком районе Республики Башкортостан, в 15 км на юг от г. Белорецка. Исследуемый Верхне-Ятвинский участок Лысогорского месторождения находится на правом берегу р. Ятвы, в полосе филитов. По рельефу месторождение можно отнести к нагорному типу, расположенному на склоне г. Лысая. Абсолютные отметки поверхности месторождения изменяются в интервале от 520 до 602 м.

Филлиты залегают в виде меридиально вытянутых полос, шириной около 400 м. Филлиты по внешнему виду – это хорошо рассланцованная стально-серая порода. Все филлиты обладают тонкой плейчатостью, придающей им волокнистую текстуру. По степени плейчатости выделяются три разновидности филлитов: грубоволокнистые, средневолокнистые и тонковолокнистые.

Грубоволокнистые филлитовые сланцы характеризуются резко выраженной плейчатостью, вследствие которой на плоскостях сланцеватости породы ясно выступают грубые параллельно расположенные волокна. Эти сланцы плохо раскалываются. Поверхности плоскостей сланцеватости напоминают расщепленную древесину. Толщина плит, которые могут быть получены из этого вида сланцев, от 0,8 до 1,5 см. Вследствие плохой раскалываемости данные сланцы не могут быть отнесены к типу кровельных.

Тонковолокнистые филлитовые сланцы отличаются слабой плейчатостью или ее отсутствием, вследствие чего на поверхности плоскостей сланцеватости волокон не заметно, а намечается лишь слабая штриховка. Эта разновидность сланцев весьма хорошо колется на плиты толщиной 2–5 мм и является лучшим кровельным материалом данного месторождения.

Средневолокнистые филлитовые сланцы представляют собой переходную разновидность между двумя вышеперечисленными видами сланцев. Средневолокнистые сланцы в большинстве случаев удовлетворительно раскалываются и могут быть отнесены к типу кровельных.

Вкрапленность пирита характерна для всех разновидностей филлитов.

Филлиты относятся к кровельным сланцам второго сорта. Тонко-средневолокнистые сланцы пригодны для изготовления кровельной, электротехнической и облицовочной плитки. Сланцевая крошка всех филлитов используется в качестве посыпки (гранулянт) при изготовлении гибких кровельных материалов.

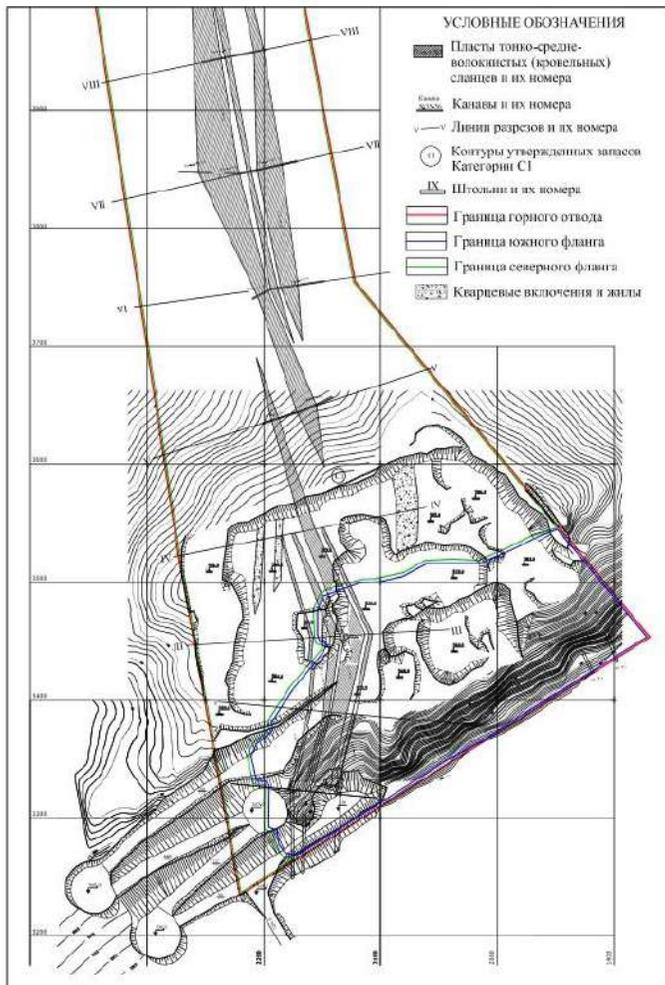
Вскрышные породы Лысогорского месторождения представлены выветренными сланцами мощностью 5–6 м в южной части и 12–15 м в северной части месторождения. Кроме того, в массиве сланца присутствуют жильные образования, сложенные кварцевым и карбонат-кварцевым материалом. Мощность жил и включений варьируется от первых метров в раздувах до первых сантиметров (или полного выклинивания) в пережимах. В отдельных случаях наблюдаются кварцевожильные зоны мощностью 6–15 м. Жилы локализованы в основном в грубоволокнистых сланцах и практически отсутствуют в тонко-средневолокнистых.

Согласно регламенту и техническим условиям, товарная продукция (посыпка) не должна содержать кварцевого материала. Таким образом, карбонат-кварцевые жилы и включения подлежат селективной добыче с последующим складированием в отвал. Селективная отработка обуславливает образование потерь сланцев на контактах кровельных сланцев с кварцевыми включениями и жилами.

Предприятие по добыче сланцев на Лысогорском месторождении в настоящее время действует и разрабатывает месторождение открытым способом. План современного состояния карьера с границами подсчета запасов и характерные горно-геологические разрезы представлены на рисунке 4.39.

Общий объем балансовых запасов месторождения (по состоянию на 1.01.2016 г.) составил 5680,62 тыс. м³ (за вычетом 19% некондиционного сырья).

Мощность предприятия по добыче сланцев всех разновидностей (тонко-, средне- и грубоволокнистых) составляет около 125 тыс. м³/год.



а

б

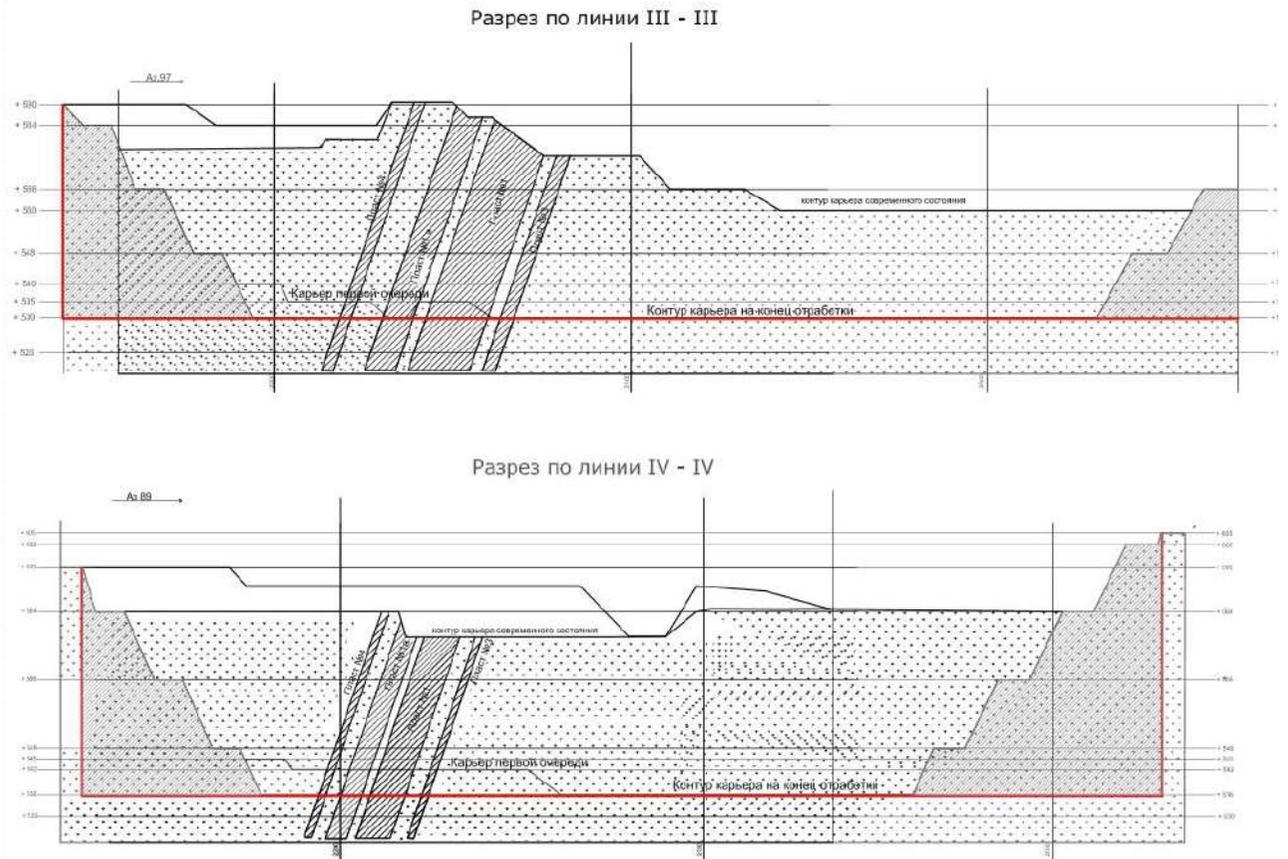


Рисунок 4.39 – Современное состояние карьера Лысогорского месторождения кровельных сланцев:

а – план карьера; б – горно-геологические разрезы

При проектировании были приняты следующие параметры карьера: глубина на конец отработки – 92 м, площадь по поверхности около – 18 га, высота рабочего уступа – 6 м, нерабочего – 18 м, ширина предохранительных берм – 6 м, транспортных – 12 м, угол наклона откосов уступов – 65°, угол наклона бортов – до 48°. Параметры выемочных блоков на участках наличия кварцевых жил подлежат обоснованию в зависимости от специфических условий залегания.

На месторождении принята углубочная поперечная однобортовая система разработки с внешним и внутренним отвалообразованием. Технология добычи предполагает использование буровзрывных работ для подготовки горных пород к выемке. Добычу сланца производят с его предварительным рыхлением буровзрывным способом с целью получения сырья, используемого в производстве посыпки для кровельных материалов. Погрузка разрыхленного взрывом сланца осуществляется экскаватором типа «обратная лопата» в автосамосвалы. Кварцево-карбонатные прослойки также рыхлятся буровзрывным способом и вынимаются как сланец на добычных горизонтах.

Промышленное освоение кровельных сланцев показало, что значительный объем запасов следует относить к потерям, образуемым на контактах кровельных сланцев с кварцевыми включениями и жилами. В имеющейся нормативно-технической документации в недостаточной степени учтены аспекты учета потерь данного вида. Учитывая специфику разработки Лысогорского месторождения, требования к качеству сырья, а также недостаточную изученность и невысокую точность подсчета объемов кварцево-карбонатных включений, необходимо пересмотреть общий норматив потерь по месторождению и обосновать параметры выемочных блоков на участках наличия кварцевых жил.

На рисунке 4.40 представлена фотография, на которой видны кварцевые включения на добычном уступе Лысогорского карьера. Высокие требования к готовой продукции обуславливают необходимость полного исключения примесей кварца в вывозимом на дробильно-сортировочную фабрику сланца, таким образом, неизбежны потери на контактах сланцевых пород с кварцевыми включениями.



Рисунок 4.40 – Кварцевые включения и жилы на добычном уступе
Лысогорского карьера

Сокращение потерь сланцев на участках присутствия кварцевых жил возможно путем деления добычного уступа на подступы и селективной выемки полезного ископаемого экскаватором типа «обратная лопата». Рабочий уступ высотой 6 м при этом разделяется на два подступа высотой по 3 м либо на три подступа высотой 2 м каждый. Количество выделяемых подступов зависит от угла падения кварцевых жил. Переход на отработку отдельных участков месторождения подступами приведет к удорожанию буровзрывных и выемочно-погрузочных работ при добыче полезного ископаемого. При разделении рабочего добычного уступа на два подступа затраты на производство буровзрывных работ на данных участках увеличатся в среднем в 1,56 раза, на выемочно-погрузочные работы – в 1,2 раза. При разделении добычного уступа на три подступа затраты на БВР возрастут в 2,96 раза, на выемочно-погрузочные работы – в 1,25 раза. С учетом этого при двухподступной технологии отработки данных участков себестоимость добычи полезного ископаемого будет практически равна стоимости готовой продукции

карьера, при трехподступной технологии себестоимость добычи полезного ископаемого в 1,3 раза превышает стоимость готовой продукции карьера. Из этого следует, что переход на технологию разработки добычных уступов на подступы в зонах присутствия кварцевых жил нецелесообразна. Поэтому минимизация потерь сланца на данных участках будет заключаться в обосновании технологических параметров выемочных блоков, обеспечивающих наиболее полную выемку запасов полезного ископаемого.

Потери кровельных сланцев образуются в результате выемки пород на контакте с кварцевыми включениями. При расчете потерь следует учитывать различные варианты сочетаний углов наклона контактов одиночных кварцевых включений и жил с направлением развития горных работ.

Расчет показателей потерь, обеспечивающих требуемое качество сырья и экономическую эффективность при добыче кровельных сланцев Лысогорского месторождения

С целью определения значений потерь, обеспечивающих требуемое качество сырья, проанализированы все возможные варианты залегания кварцевых жил и включений в массиве кровельных сланцев относительно направления развития горных работ. Проанализирована вскрытая часть карьерного поля, на которой выявлено 7 участков с кварцево-карбонатными и кварцевыми включениями и жилами (рисунок 4.41). Для участка карьера с зоной частых кварцевых включений в слое гор. 578 - 584 м приведен пример расчета потерь кровельных сланцев [132].

Расчет величины потерь кровельных сланцев произведен для вскрытого участка карьера с зоной частых кварцевых включений в слое гор. 578 - 584 м.

Начальная точка исследуемого участка (0 м) принята на отметке гор. 578 м в западной части выработки расположенной ориентировочно в центре карьера (план изучаемого участка №6 на рисунке 4.41).

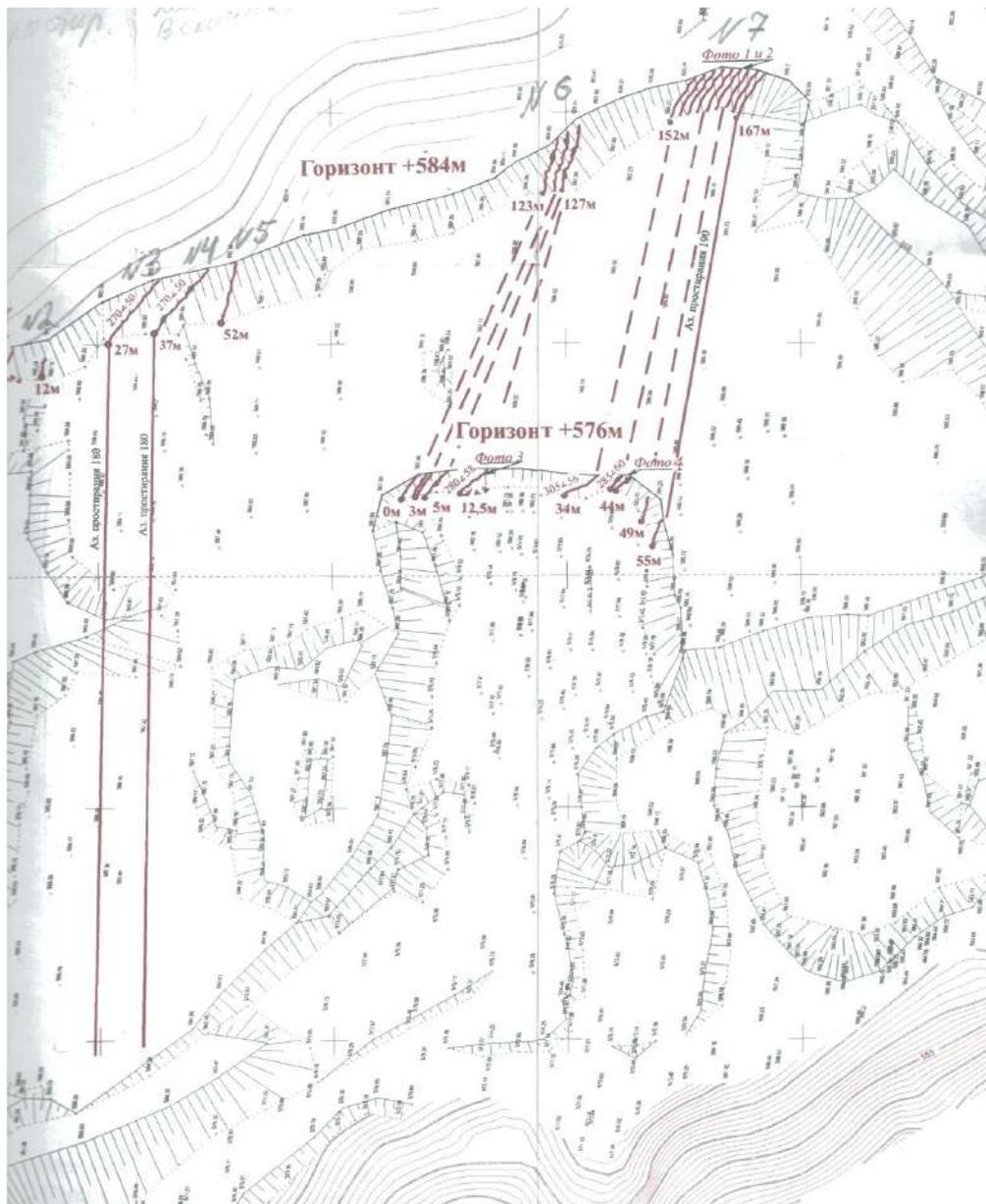


Рисунок 4.41 – Вскрытая часть карьерного поля Лысогорского месторождения:

- кварцевые жилы, прослеженные на уступах и площадках карьера;
- - - предполагаемое расположение кварцевых жил

От точки 0 м в восточном направлении по откосу уступа наблюдается зона частых кварцевых включений. Точка 0 м характеризуется маломощными кварцевыми прожилками, отстоящими друг от друга на 2-10 см. На расстоянии от 2,5 до 3 м от точки 0 м наблюдается второй участок расположения маломощных кварцевых включений. От 4 до 5 м кварцевая жила мощностью 10 см с раздувами до 40 см. На 12,5 м кварцевая жила мощностью 20 см. Таким образом, общая ширина зоны частых кварцевых включений составляет 12,5 м.

Среднее значение азимута падения 270° , угол падения 58° . Вскрытая часть зоны кварцевых включений простирается в северо-восточном направлении на расстояние 65 м с сужением ширины зоны по поверхности до 4 м.

1. Определяется $V_{(min)}$ – расстояние, при котором можно выделить минимальный блок, который можно взорвать и отработать между кварцевыми жилами без примешивания пустых пород с полезным ископаемым:

$$V_{min} = Ш_{вб (min)} + B,$$

где $Ш_{вб (min)}$ – минимальная ширина взрывного блока (6,59 м – для уступа $h_y=6$ м);
 B – условная ширина зоны смешивания кровельных сланцев с кварцевыми включениями и жилами с учетом горизонтальной мощности последних при подготовке и выемке сланцев.

$$B = B_{\pi} + \frac{m}{\sin\beta},$$

где m – мощность кварцевой жилы, м (принимается 0,1 м);

β – угол падения жилы, град (равен 58°);

B_{π} – ширина полосы потерь без учета мощности кварцевой жилы, м.

B_{π} рассчитывается из условия отработки зоны кварцевых включений согласно направлению развития горных работ при $\alpha > \beta$:

$$B_{\pi} = \frac{h_y}{\text{tg}\beta} - \frac{h_y}{\text{tg}\alpha};$$

$$B_{\pi} = \frac{6}{\text{tg}58} - \frac{6}{\text{tg}70} = 1,56 \text{ м};$$

$$B = 1,56 + \frac{0,1}{\sin58} = 1,68 \text{ м};$$

$$V_{min} = 6,59 + 1,68 = 8,3 \text{ м}.$$

Фактические расстояния между кварцевыми жилами рассматриваемого участка (откос уступа гор.578-584 м) составляют от 2 до 7,5 м. Таким образом, на рассматриваемом участке не представляется возможным выделение отдельного блока для взрывания полезного ископаемого без примешивания вскрышных пород.

2. Определяется B' – условная ширина зоны смешивания при отработке блока с частыми кварцевыми включениями и жилами, м:

$$B' = B_{\text{п}} + \sum_{i=1}^n B_{\text{к.ж.}} + \left(\frac{\sum_{i=1}^n m}{\sin \beta} \right),$$

где $B_{\text{к.ж.}}$ – среднее расстояние между близрасположенными кварцевыми жилами.
 n – число кварцевых жил отрабатываемого блока.

$$B' = 1,56 + (3 + 2 + 7,5) + \frac{0,1+0,1+0,4+0,2}{\sin 58} = 15 \text{ м.}$$

3. Определяется $\text{Ш}_{\text{вб}}$ – размер ширины взрываемого блока в метрах при многорядном взрывании:

$$\text{Ш}_{\text{вб}} = [W + (n - 1) \cdot b],$$

где n – число рядов скважин (принимается 6);

b – расстояние между рядами скважин (2,5 м).

$$\text{Ш}_{\text{вб}} = [4,1 + (6 - 1) \cdot 2,5] = 16,5 \text{ м.}$$

4. Расчетную ширину взрываемого блока следует сравнить с величиной B' (для зоны с частыми кварцевыми включениями) и принимать из условия $\text{Ш}_{\text{вб}} \geq B'$.

$B' = 15$ м, $\text{Ш}_{\text{вб}} = 16,5$ м, таким образом, условие выполняется. Ширина зоны смешивания с учетом взрывных работ (линейная величина потерь) на участке уступа гор. 578 -584 принимается равной 16,5 м.

Учитывая, что простираемая в северо-восточном направлении зона частых кварцевых жил сужается, следует просчитать линейную величину потерь на участке сужения.

Расчетные значения показателей линейной величины потерь для участка сужения следующие:

$$B' = 5,56 \text{ м; } \text{Ш}_{\text{вб}} = 6,6 \text{ м.}$$

Таким образом, ширина зоны смешивания с учетом взрывных работ (линейная величина потерь) на участке сужения составит 6,6 м.

Среднее значение линейной величины потерь составит $(16,5+6,6)/2 = 11,6$ м.

5. Определяется общая величина потерь для рассматриваемого участка, представленного зоной кварцевых жил, как произведение длины по линии контакта на ширину зоны смешивания (с учетом взрывных работ) и на высоту уступа.

$$V = L \cdot \text{Ш}_{\text{вб}} \cdot h_y = 65 \cdot 11,6 \cdot 6 = 4524 \text{ м}^3.$$

Например, рекомендуемая линейная величина потерь кровельных сланцев, обрабатываемых на участке расположения одиночной кварцевой жилы с углом наклона контакта 40° , мощностью жилы 0,1 м, при несогласном ее падении относительно направления развития горных работ составляет 11,6 м. Рекомендуемая линейная величина потерь кровельных сланцев, обрабатываемых на участке расположения зоны маломощных частых кварцевых жил при угле наклона контакта 56° - 60° и мощности зоны 15 м, при согласном падении составляет 19,1 м.

Для условий Лысогорского месторождения филлитовых сланцев, характеризующегося наличием большого количества кварцевых включений и необходимостью полного их исключения из объемов, поставляемых на переработку, было исследовано изменение параметров разработки и показателей потерь сланцев, при различных вариантах сочетаний углов наклона контактов одиночных кварцевых включений и жил относительно направления развития горных работ. На рисунке 4.42 представлена зависимость доходности предприятия от потерь полезного ископаемого с учетом и без учета рисков потери рынков и доходности. Из графика видно, что обеспечение безрисковой доходности возможно при 20% потерь полезного ископаемого.

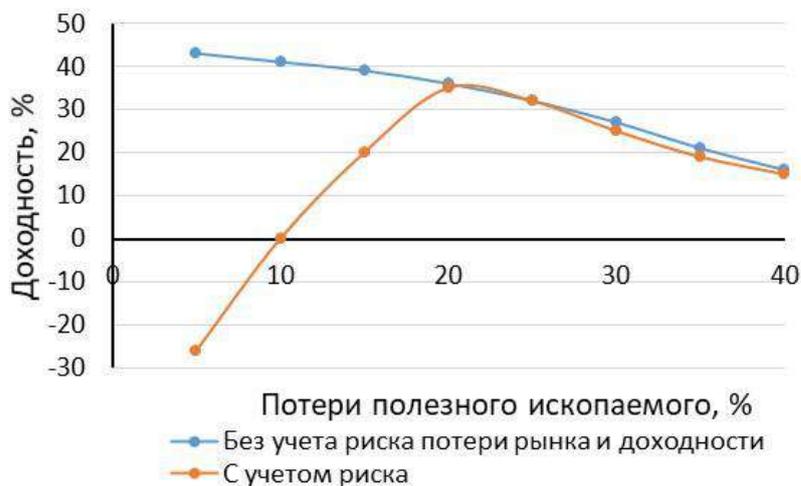


Рисунок 4.42 – Зависимость доходности разработки месторождения кровельных сланцев от потерь полезного ископаемого с учетом и без учета экономических рисков потери рынков и доходности

Итак, особенностью массива грубосланцевой толщи Лысогорского месторождения является заметное присутствие жильных образований, сложенных кварцевым и карбонат-кварцевым материалом. Согласно регламенту и техническим условиям, товарная продукция предприятия не должна содержать включения вскрышных и вмещающих пород.

Мощность жил и включений варьируется от первых метров в раздувах до первых сантиметров (или полного выклинивания) в пережимах. В отдельных случаях наблюдаются кварцевожильные зоны мощностью 6 - 15 м. Добыча основной части сланца производится с его предварительным рыхлением буровзрывным способом с целью получения сырья, используемого в производстве посыпки для кровельных материалов. Поэтому потери полезного ископаемого на участках кварцевых включений неизбежны. Существующие отраслевые инструкции и методики по определению потерь полезного ископаемого не позволяют определить параметры выемочных блоков на участках включений карбонат-кварцевых жил и оценить объем потерь полезного ископаемого по следующим причинам: отсутствие в имеющихся инструкциях методических рекомендаций, позволяющих учесть различное количество, мощность, азимут и угол падения карбонат-кварцевых включений и жил в массиве кровельных сланцев по глубине и простиранию, различную горизонтальную мощность данных включений и массива сланца между карбонат-кварцевыми включениями и жилами, различные варианты сочетаний углов наклона контактов одиночных кварцевых включений и жил с направлением развития горных работ в условиях разработки месторождения с предварительной подготовкой горных пород к выемке буровзрывным способом.

Таким образом, для месторождений, аналогичных Лысогорскому, по горнотехническим условиям следует использовать методику обоснования параметров разработки и определения потерь полезного ископаемого, которая предусматривает различные варианты сочетаний углов наклона контактов одиночных породных включений и жил относительно направления развития горных работ.

Выводы по главе 4

1. В работе проведены исследования влияния параметров горнотехнической системы на эффективность открытой геотехнологии в зависимости от направления развития производственной деятельности, которыми являются: увеличение вовлекаемых в разработку запасов, повышение производительности, качества продукции, расширение ассортимента и номенклатуры выпускаемой продукции, в том числе на основе техногенных георесурсов. Выявлено, что выделенные направления являются основными и перспективными в использовании на практике горнодобывающими предприятиями для повышения их устойчивости в изменяющихся горнотехнических, горно-геологических и рыночных условиях.

2. Доказано, что при увеличении объема вовлекаемых в разработку запасов на выбор варианта развития горных работ и параметров горнотехнической системы влияют факторы, которые кроме экономической эффективности учитывают особенности участка недр, условия для формирования транспортного доступа и создания производственной инфраструктуры, более высокую надежность выполнения заданного календарного графика по объемам и качеству добываемого сырья в период окупаемости капитальных вложений, а также меньшие производственные риски функционирования горнотехнической системы.

3. Установлено, что при изменении рыночных условий и снижении кондиций на добываемое полезное ископаемое при реконструкции карьера целесообразно уменьшение угла наклона борта карьера на конец отработки относительно значения устойчивого положения откоса, при условии вовлечения прибортовых запасов, обеспечивающих повышение доходности предприятия или продление срока его службы. Обоснованы технические решения повышения эффективности комплексного освоения участка недр в условиях необходимости ликвидации деформационных явлений участков верхних горизонтов глубоких карьеров за счет выколаживания угла откоса борта и вовлечения в отработку прибортовых запасов данных зон в рамках новых кондиций и соответствующих им параметров открытой разработки. Установлено, что при необходимости повышения устойчивости откоса отдельных участков приоткосного массива

целесообразно дополнительное уменьшение результирующего угла верхней части борта карьера на $4-5^\circ$ для условий: высота борта 115 м, усредненные физико-механические свойства пород, слагающих массив ($C=0,06$ МПа; $\varphi=25^\circ$; $\gamma=1,87$ т/м³), коэффициент вскрыши на участке выполаживания до 5,0 м³/т.

4. Доказано, что в условиях необходимости повышения производительности карьера и интенсивности отработки вскрышных горизонтов пластовых месторождений, обрабатываемых различными комплексами оборудования, целесообразно уменьшение доли объема работ с использованием комплекса драглайнов, при максимальной концентрации которых не обеспечивается требуемая скорость подвигания уступов и повышение доли объема работ экскаваторно-автомобильного комплекса с соответствующим изменением параметров системы разработки. Установлено, что при вскрытии пластов средней мощности целесообразно понижение общей высоты вскрышного уступа, обрабатываемого по бестранспортной системе, на 1 м на каждые 200 тыс. т увеличения годовой добычи для условий: производительность по полезному ископаемому более 6 млн т/год, длина фронта работ 3-4 км, удельная годовая производительность комплекса бестранспортной системы 116 тыс. м³/м³ в пересчете на кубометр суммарной емкости ковшей драглайнов.

5. Сравнительный анализ параметров горнотехнических систем ряда передовых предприятий компании «СУЭК» позволил выявить внутрипроизводственные резервы объединения разрабатывающего Ургальское месторождение. Доказано, что освоение внутрипроизводственных резервов и повышение производительности горнотранспортного оборудования в 1,3-1,5 раза возможно за счет технических, организационных и технологических преобразований с адаптацией параметров горнотехнической системы, рассматриваемых в едином комплексе, к изменяющимся горнотехническим, горно-геологическим и рыночным условиям.

6. Доказано, что для предприятий, разрабатывающих сложноструктурные месторождения малоценных полезных ископаемых, характеризующихся наличием большого количества включений пустых пород и необходимостью полного их исключения из объемов, поставляемых на переработку, для обеспечения устойчивости функционирования и безрисковой доходности

целесообразно повышение эксплуатационных потерь полезного ископаемого до 20-22%, что требует методического обеспечения для их учета и нормирования.

7. Доказано, что управление параметрами горнотехнической системы, обеспечивающее устойчивость предприятия в динамичных условиях рынка должно осуществляться на основе перспективы получения экономической выгоды за счет: прироста запасов, увеличения производственной мощности предприятия, повышения качества продукции, расширения ее ассортимента и номенклатуры, выполнения технологических процессов открытой геотехнологии сторонним предприятиям с учетом сопровождающегося повышения издержек, связанных с увеличением коэффициентов вскрыши, потерь и разубоживания, использованием более производительных комплексов оборудования и увеличения расходов на технологические процессы производства.

8. Доказано, что эффективность и рыночная устойчивость современного горнодобывающего предприятия достигается обоснованием параметров горнотехнической системы на этапе проектирования и управления этими параметрами на этапе эксплуатации за счет повышения комплексности освоения участка недр. Это достигается формированием оптимального и сбалансированного соответственно по доходности и затратам комплекса производственной деятельности, учитывающей выпуск расширенной номенклатуры продукции и услуг открытой геотехнологии с возможностью гибко изменять объемы их производства. С этой целью необходима разработка методики управления параметрами горнотехнической системы, учитывающая динамику развития открытых горных работ в изменяющихся условиях рынка.

5 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ГОРНТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ДИНАМИКЕ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ РЫНКА

5.1 Обоснование критерия оценки эффективности комплексного освоения участка недр

Обеспечение оптимального уровня производственной мощности и повышение эффективности использования этих мощностей является одной из основных задач большинства предприятий реального сектора российской экономики, в том числе и в горнодобывающей отрасли. В классическом представлении производственная мощность непосредственно влияет на конкурентоспособность продукции, формирует конкурентные преимущества предприятия и обеспечивает его рыночную устойчивость. Научно-методической и нормативной базой, регламентирующей разработку месторождений, предусматривается наиболее полное извлечение из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов. Однако для большинства горнодобывающих предприятий с открытым способом разработки резервы повышения эффективности только за счет изменения производственной мощности и комплексного освоения природных ресурсов практически исчерпаны. Кроме того, предприятия горной отрасли в современных условиях рынка, уязвимы при изменении внешних факторов, таких как падение цен и спроса на добываемое сырье. Также на экономическую эффективность горнодобывающего предприятия оказывают следующие внутренние факторы: осваиваемый участок недр со временем преобразуется, в результате усложняются горно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождения, истощаются балансовые запасы, растет расстояние транспортирования, увеличивается объем техногенных образований, увеличиваются затраты.

По определению *мощность горного предприятия производственная* – максимально возможная *добыча полезного ископаемого* установленного качества в единицу времени (сутки, год). Определяется исходя из условий производства в рассматриваемом периоде на основе наиболее полного использования средств производства, рационального режима работы, прогрессивной технологии и эффективной организации производства, учитывающей передовой опыт при соблюдении требований безопасности и правил технической эксплуатации [51].

Добыча полезных ископаемых – извлечение полезных ископаемых из недр в результате разработки месторождений: твердых полезных ископаемых - подземным, открытым, комбинированным и скважинным способами [51].

Современные горнодобывающие предприятия кроме полезных ископаемых способны поставлять на рынок новые виды продукции с повышенной добавленной стоимостью, полученной в результате комплексного освоения участка недр, в том числе в виде различных техногенных георесурсов. К ним относятся: техногенные месторождения, а так же сооружения в виде специальных насыпей из вскрышных и вмещающих пород и выработанные пространства карьеров, используемые в качестве емкости или как строительные полигоны. Кроме того, горнодобывающие предприятия, имея свой производственный потенциал, в регионах с развитой инфраструктурой, кроме основной деятельности, могут выполнять процессы открытой геотехнологии для внешних потребителей. К ним относятся выполнение буровзрывных работ, экскавация, транспортирование и другие виды работ.

Поэтому определяемая при проектировании и достигаемая на практике *производственная мощность* горного предприятия не позволяет в полной мере оценить потенциал и комплексность освоения, преобразуемого в процессе эксплуатации участка недр. Разнонаправленность выпускаемой продукции и эффективность работы предприятия не позволяют оценить устойчивость горнодобывающего предприятия в изменяющихся горно-геологических и рыночных условиях.

Эффективное функционирование горнотехнической системы открытой геотехнологии при комплексном освоении участка недр определяется не только минерально-сырьевой базой месторождения, а также используемым оборудованием, технологиями и способами организации производства, но и зависит от его территориального расположения относительно других промышленных и развитых районов страны, уровня развития транспортной и социальной инфраструктуры, рынков сбыта и других влияющих внешних факторов, что в целом определяет потенциал развития горнодобывающего предприятия и его горных возможностей.

В современной литературе понятие «горные возможности» применяется в области подземной разработки месторождений полезных ископаемых, которое предполагает учет размеров месторождения, его запасов, условий залегания, технологии и организации горных работ, определяющих возможную интенсивность отработки и производственную мощность предприятия. В данном случае «горные возможности» применяется как ограничивающий фактор. В области открытой разработки горные возможности рассматриваются как ресурсный фактор, показывающий потенциальные возможности открытой геотехнологии, расширяющие область ее использования. Это создание различных резервов, использование технологических приемов обеспечивающих развитие основных показателей горнотехнической системы в изменяющихся условиях внешних и внутренних факторов.

Таким образом, для повышения устойчивости функционирования горнодобывающих предприятий на неопределенно долгий промежуток времени в современных условиях разработки месторождений, необходимо управление параметрами горнотехнической системы с развитием одновременно нескольких различных направлений, соответствующих имеющейся ресурсной базе участка недр, включающих гибкое изменение объема вовлекаемых в разработку запасов, производительности, качества, ассортимента и номенклатуры выпускаемой продукции, в том числе на основе техногенных георесурсов, а также организацию выполнения технологических процессов открытой геотехнологии

для других предприятий или привлечение подрядных организаций для снижения издержек.

Под управлением параметрами горнотехнической системы при комплексном освоении участка недр понимается процесс планирования, изменения и контроля основных показателей и функций горнотехнической системы с целью обеспечения устойчивости функционирования горнодобывающего предприятия в сложных горно-геологических, горнотехнических и рыночных условиях.

Ключевыми показателями горнотехнической системы являются:

- объем вовлекаемых в разработку запасов полезного ископаемого;
- качество добываемого сырья;
- производительность;
- номенклатура выпускаемой продукции.

Функциями горнотехнической системы, в зависимости от расположения участка недр относительно промышленных районов с развитой инфраструктурой, являются:

- освоение балансовых запасов полезного ископаемого;
- формирование и освоение техногенных георесурсов, включая техногенные ландшафты с заданными потребительскими характеристиками;
- создание производственной инфраструктуры с выполнением технологических процессов для собственного производства и сторонних предприятий или с привлечением подрядных организаций для снижения издержек.

Устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия и, соответственно, окончательный выбор комплекса различных видов деятельности горнодобывающего предприятия и параметров разработки должны производиться на основе разработанного интегрального показателя горных возможностей, учитывающего получение дополнительных доходов от изменения вовлекаемых в разработку запасов, производительности карьера, качества добываемого сырья и номенклатуры товарной продукции, включая объем выполнения услуг

сторонним предприятиям в зависимости от внешних и внутренних факторов развития горнотехнической системы. Расчет показателя производится на основе приведения доходности предприятия, в том числе получаемой от развития обозначенных направлений и видов деятельности, к сопоставимому по ценности объему добываемого полезного ископаемого. Отношение этого объема к производственной мощности предприятия определяет значение показателя [70].

Разработанный интегральный показатель горных возможностей определяется по следующей формуле:

$$K_{ГВ} = \frac{Q_{КПи}^{ФАКТ} \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^n (B_i - Z_i)}{B_{Пи} - Z_{Пи}} \right)}{П_M} \rightarrow \max, \quad (5.1)$$

где $П_M$ – мощность горного предприятия производственная, млн т/год; $Q_{КПи}^{ФАКТ}$ – фактическая производительность карьера по полезному ископаемому, млн т/год; B_i – выручка от реализации дополнительных видов деятельности предприятия по развитию основных показателей горнотехнической системы, руб.; Z_i – затраты на реализацию дополнительных видов деятельности предприятия по развитию основных показателей горнотехнической системы; $B_{Пи}$ – выручка от реализации балансовых запасов полезных ископаемых, руб.; $Z_{Пи}$ – затраты на освоение балансовых запасов полезных ископаемых, руб.; n – количество новых видов деятельности по развитию основных показателей горнотехнической системы; i – отдельное направление или вид дополнительной деятельности горнодобывающего предприятия по развитию основных показателей горнотехнической системы.

Интегральный показатель горных возможностей позволяет определять эффективность комплексного освоения участка недр и устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия, а также оценивать его способность развиваться и оставаться безубыточным в изменяющейся внутренней и внешней среде с учетом допустимого уровня риска экономических потерь. Эффективность комплексного освоения участка недр обеспечивается при показателе $K_{ГВ} \geq 1$.

Итак, на величину *производственной мощности* влияет множество технических и экономических факторов, в том числе: горно-геологические условия разработки; объем и ценность запасов месторождения; максимально возможная скорость развития горных работ (включая: скорость понижения горных работ, скорость подвигания фронта, количество и производительность горнотранспортного оборудования, провозная способность транспортных коммуникаций); срок отработки месторождения или эксплуатации карьера; потребность в добываемом сырье; эффективность производства; размер и график инвестиций, условия финансово-хозяйственной деятельности предприятия [211].

Степень использования производственной мощности характеризуется коэффициентом использования мощности, который выражается отношением годового объема добытого полезного ископаемого к фактической мощности (среднегодовая для данного года). Так, максимальный коэффициент использования мощности может быть равен единице [177].

Разработанный интегральный показатель горных возможностей, в зависимости от комплексности освоения участка недр и развиваемой инфраструктуры, может иметь значение, равное больше единицы, что определяет степень снижения зависимости горного предприятия и эффективности производства от представленных факторов, а значит, определяет уровень его устойчивости.

Таким образом, период освоения участка недр будет зависеть не только от объема запасов и производственной мощности, но и будет иметь большее значение по сравнению с классическим представлением.

Период освоения участка недр:

$$\frac{Z}{P_M} \frac{1-\eta}{1-\rho} \cdot K_{ГВ} = T', \quad (5.2)$$

где Z – балансовые запасы месторождения; P_M – производственная мощность карьера; η и ρ – предельно допустимые (нормируемые) коэффициенты соответственно потерь и объемного разубоживания; $K_{ГВ}$ – интегральный показатель горных возможностей.

При проектировании горнотехнических систем открытой геотехнологии, а также на стадии эксплуатации месторождения для определения основных показателей системы и обоснования конструктивных, горнотехнических, геотехнологических, геомеханических и режимных параметров с целью обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия следует использовать критерии их определения, которые представлены в таблице 5.1. Предусматривается, что показатели горнотехнической системы обязательно должны включать в себя определенный спектр номенклатуры продукции, выбор которой зависит от расположения участка недр от промышленных районов с развитой инфраструктурой. Таким образом, выделяется три группы участков недр, для каждой из которых определено значение интегрального показателя горных возможностей, к которому следует стремиться при определении параметров горнотехнической системы.

Таблица 5.1 – Критерии определения параметров горнотехнической системы для обеспечения устойчивого функционирования проектируемых и действующих предприятий при комплексном освоении участка недр

Расположение участка недр	Критерии выбора параметров ГТС	
	Показатели ГТС*	$K_{ГВ}$
Удаленные участки недр, которые находятся на значительном расстоянии от промышленных районов с развитой инфраструктурой (до 1500 км)	Q, K, $V_{\text{пи}}$, НП ₁₋₃	$\geq 1 - 1,1$
Близкорасположенные участки недр, которые находятся в непосредственной близости от промышленных районов с развитой инфраструктурой (до 300 – 500 км)	Q, K, $V_{\text{пи}}$, НП ₁₋₅	$\geq 1,1 - 1,5$
Участки недр, расположенные непосредственно в промышленных районах с развитой инфраструктурой (удаленность в пределах до 25-30 км)	Q, K, $V_{\text{пи}}$, НП ₁₋₇	$\geq 1,5 - 2$

Примечание. Q – производительность карьера; K – качество продукции; $V_{\text{пи}}$ – объем вовлекаемых запасов; НП₁₋₁₀ – товарная продукция, представленная в номенклатуре: 1 - на базе основного полезного ископаемого, 2 - минеральное сырье на основе вскрышных и вмещающих пород, 3 – техногенные месторождения, 4 – специальные насыпи из вскрышных и вмещающих пород, 5 – услуги в виде выполнения основных и вспомогательных технологических процессов для сторонних предприятий, 6 – выработанное пространство карьера и отвалы, формируемые для использования в виде емкости и строительного полигона, 7 – техногенный ландшафт.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлена закономерность изменения интегрального показателя горных возможностей в зависимости от динамики факторов, определяющих номенклатуру производимой продукции и оказываемых горнотехнических услуг при комплексном техногенном преобразовании и освоении участка недр, представляющая собой восходящую кривую, описываемую степенной функцией (рисунок 5.1).

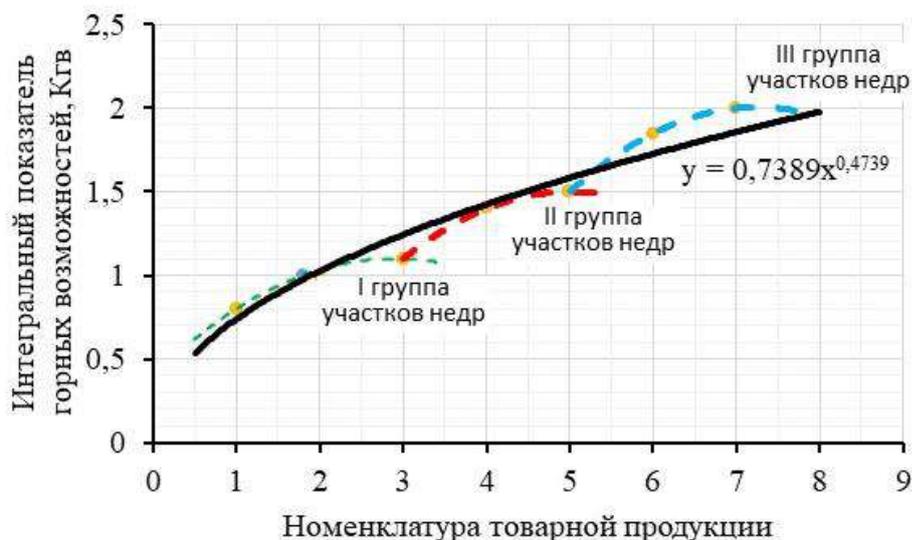


Рисунок 5.1 – Закономерность изменения интегрального показателя горных возможностей в зависимости от динамики факторов, определяющих номенклатуру производимой продукции и оказываемых горнотехнических услуг при комплексном техногенном преобразовании и освоении участка недр

5.2 Методика управления параметрами горнотехнической системы

В рамках предлагаемой концепции определения структуры и значений параметров горнотехнической системы открытой геотехнологии предусмотрена поэтапная переоценка ее параметров и состояния: начального и планируемого на определенный момент времени. Устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия обеспечивается безубыточными переходами между этапами развития горнотехнической системы. При этом обеспечение безубыточности достигается снижением степени зависимости доходности предприятия от производственной мощности. Начальное состояние на этапе проектирования освоения месторождения или его участка характеризуется количественно-качественными показателями всех доступных для использования

предприятием в обозримой перспективе имеющихся георесурсов с учетом его географического положения. Каждое последующее состояние этапа освоения участка недр оценивается количественным интегральным показателем горных возможностей, учитывающим получение экономического эффекта от развития параметров и показателей горнотехнической системы, которые связаны с комплексом направлений развиваемых видов деятельности. Любое значимое для предприятия изменение внешних или внутренних факторов развития горнотехнической системы требует переоценки ранее принятых значений основных показателей и параметров горнотехнической системы. Расчет доходности и среднеквадратичного отклонения при действующих параметрах горнотехнической системы и сравнение их значений с другими расчетными вариантами позволяют недропользователю, в зависимости от его цели, определить необходимость и действия по изменению параметров и показателей системы. При этом изменение параметров должно производиться системно и в определенной последовательности.

Следует отметить, что обеспечение устойчивости функционирования предприятия в современных условиях, характеризующихся высокой волатильностью цен и спроса на производимое сырье и усложняющимися с каждым годом внутренними факторами недропользования, в настоящее время требует перехода горнотехнической системы к модели с возможностью гибкого изменения сочетания значений ее параметров и показателей. Для перехода системы в более устойчивое состояние в настоящее время зачатую необходимо использование нетрадиционных подходов с реконструкциями, которые сопровождаются на определенном этапе повышением издержек. Эти издержки обусловлены необходимостью развития комплекса основных показателей системы, которые могут сопровождаться увеличением количества и качества технологических операций, выбором вариантов разработки с наибольшим коэффициентом вскрыши, снижением доли бестранспортной системы в пользу транспортной, кардинальным техническим перевооружением, подготовкой выработанных пространств карьеров и отвалов для дальнейшего использования в качестве емкости для складирования промышленных отходов или строительных

полигонов, изменением инфраструктуры предприятия и выходом на рынок услуг. Такой подход можно описать формулой определения эффективности:

$$\text{Э} \uparrow = \frac{P \uparrow}{Z \uparrow}, \quad (5.3)$$

где P – результативность или доходность предприятия млн руб.; Z – затраты, млн руб., \uparrow – знак увеличения показателя.

Представленная формула (5.3) показывает, что для повышения эффективности деятельности предприятия необходимо повышение результативности, которое достигается за счет инвестиций в развитие основных показателей системы.

Зачастую на предприятиях используется другая стратегия, которую можно описать формулой определения эффективности:

$$\text{Э} \uparrow = \frac{P}{Z \downarrow}, \quad (5.4)$$

где \downarrow – знак уменьшения показателя.

Подход, который представлен формулой (5.4) можно описать следующим образом. Для повышения эффективности предприятия используются решения по снижению затрат, а результативность при этом сохраняется на прежнем уровне. Такой подход является успешным в краткосрочной перспективе, когда имеются резервы по снижению затрат. Однако в условиях высокой динамики изменения внешних и внутренних факторов данный подход не имеет перспективы для развития горнотехнической системы.

С целью обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях минерально-сырьевого рынка разработана методика управления параметрами горнотехнической системы. Методика включает в себя следующие основные позиции:

1. Определение цели недропользователя и необходимости обеспечения устойчивого функционирования горнотехнической системы – предполагает, что предприятие принимает для себя стратегию, предусматривающую развитие основных показателей системы с расширением комплекса направлений

производственной деятельности и соответствующее изменение параметров горнотехнической системы.

2. Анализ внешних факторов – производится оценка текущей и перспективной цены на основное добываемое полезное ископаемое, а также спроса на продукцию предприятия с учетом рыночного тренда. Производится исследование рынка на предмет спроса и цены на вскрышные и вмещающие породы. В зависимости от расположения участка недр производится оценка потребности рынка в техногенных георесурсах, используемых в качестве строительных площадок, сооружений или емкостей. Производится оценка рынка услуг для привлечения подрядных организаций или для выполнения основных и вспомогательных технологических процессов открытой геотехнологии сторонними предприятиями. Анализ возможности использования инфраструктуры предприятия для нужд сторонних организаций.

3. Анализ внутренних факторов – анализируются текущие параметры и показатели горнотехнической системы. Анализируется себестоимость добычи полезного ископаемого для текущего положения параметров и показателей горнотехнической системы, изменение себестоимости добычи во времени и с глубиной, рассматривается перспектива изменения себестоимости с увеличением глубины ведения горных работ. Производится анализ периода разработки на основе остаточных балансовых запасов полезного ископаемого, а также с учетом пересмотра кондиций на сырье. Выполняется оценка качественных показателей основного полезного ископаемого в текущем положении и в перспективе развития горных работ. Производится оценка издержек, связанных с накапливаемыми объемами техногенных объектов с определением доли формируемых техногенных месторождений и перспективы их дальнейшего освоения. Выполняется анализ внутрипроизводственных резервов в части использования горнотранспортного оборудования и персонала. Оценка готовности подразделений к выполнению технологических процессов для сторонних организаций без снижения эффективности собственного производства.

4. Производится оценка изменения факторов. Если факторы не изменились, то разработка месторождения производится по действующему проекту без изменения параметров горнотехнической системы.

5. Если изменились внешние или внутренние факторы развития горнотехнической системы, необходимо установление возможности изменения ее основных показателей и определение области их значений, обеспечивающих в сочетании повышение комплексности и эффективности освоения участка недр для конкретных горно-геологических и рыночных условий с учетом его территориального расположения. К основным показателям горнотехнической системы следует относить:

- объем вовлекаемых в разработку запасов полезного ископаемого;
- качество добываемого сырья;
- производительность;
- номенклатуру выпускаемой продукции.

Для обеспечения устойчивости функционирования предприятия возможно развитие одного или сразу нескольких основных показателей горнотехнической системы. При развитии комплекса показателей значение одного из них может быть меньше, чем при начальном состоянии системы. Это обуславливается повышением доходности от развития общего комплекса направлений производственной деятельности, достигающейся при определенной комбинации значений основных показателей.

Для анализируемых конкретных участков недр рассматриваются несколько достижимых значений производительности карьера и горного производства в целом, достижимых значений качественных показателей добываемого сырья для конкретных горно-геологических условий с учетом его ценности и востребованности на рынке. Рассматриваются варианты вовлечения дополнительных объемов полезного ископаемого, несмотря на имеющийся объем балансовых запасов. Дополнительное вовлечение запасов, кроме обеспечения ресурсной базы, в том числе рассматривается на предмет повышения

качественных показателей или снижения себестоимости добычи на текущий момент времени.

Возможность повышения номенклатуры продукции горнодобывающего предприятия является одной из ключевых позиций в развитии основных показателей горнотехнической системы. Расширение номенклатуры продукции рассматривается не только с позиции снижения себестоимости добычи основного полезного ископаемого, но в большей степени в качестве источника повышения доходности горнодобывающего предприятия. В работе предусматривается, что доходность от расширения номенклатуры продукции и комплексности освоения участков недр, располагаемых вблизи от промышленных районов с развитой инфраструктурой, в разы превышает доходность, получаемую только от освоения балансовых запасов. Повышение доходности за счет источников, не связанных с производственной мощностью предприятия, обеспечивает повышение устойчивости предприятия.

6. Для различных вариантов сочетания значений основных показателей горнотехнической системы определяется предполагаемая выручка V_i при реализации выбранного комплекса показателей. Далее производится ее сравнение с выручкой, получаемой от действующего комплекса значений показателей в данных конкретных рыночных условиях, а также с учетом перспективы развития предприятия. Предполагается, что при неблагоприятных условиях при действующем комплексе основных показателей выручка будет снижаться. Таким образом, для дальнейших расчетов рассматриваются только те комплексы сочетаний значений основных показателей, которые обеспечивают заданный уровень выручки, который будет равен или больше того значения, которое не приемлемо для собственника предприятия.

7. Производится определение значений параметров горнотехнической системы, обеспечивающих в сочетании получение основных показателей системы рассматриваемых комплексов направлений развития производственной деятельности. В результате рассматриваются различные значения следующих групп параметров: геомеханические, режимные, горнотехнические, конструктивные, геотехнологические. Конкретные параметры и их систематизация

по выделенным группам и элементам системы представлены в главе 3. В результате оценки параметров горнотехнической системы образуются комплексы сочетаний значений выделенных групп параметров, которые обеспечивают получение требуемых значений основных показателей системы. Далее для образующихся комплексов значений выделенных групп параметров определяются общие технические характеристики системы, такие как устойчивость горнотехнических сооружений, коэффициент вскрыши, интенсивность, концентрация горных работ и оборудования, грузооборот. Выделяемые технические характеристики в целом определяют затраты выбранного комплекса направлений деятельности предприятия и некоторые технологические ограничения, связанные с безопасностью производства горных работ. При выборе значений параметров следует руководствоваться принципом и подходом определения эффективности производства, который описывается формулой (5.3).

8. Для комплексов значений выделенных групп параметров, обеспечивающих выполнение основных показателей, определяются затраты Z_{in} .

9. На основе разработанной экономико-математической модели оптимизации комплекса направлений деятельности горнодобывающего предприятия, представленной в главе 2, определяется доходность предприятия J_{cp} и среднеквадратичное отклонение R_p . В результате определяется область комплексов основных показателей и параметров горнотехнической системы, которые находятся в пределах заданного уровня среднеквадратичного отклонения от доходности.

10. Устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия и, соответственно, окончательный выбор комплекса различных видов деятельности горнодобывающего предприятия и параметров разработки производится на основе разработанного интегрального показателя горных возможностей $K_{ГВ}$. Критерием для выбора комплекса параметров и показателей горнотехнической системы является максимальное значение интегрального показателя горных возможностей $K_{ГВ}$.

11. Непосредственно изменение параметров горнотехнической системы производится системно в следующей последовательности: 1) геомеханические; 2) режимные; 3) горнотехнические; 4) конструктивные; 5) геотехнологические.

Для реализации методики управления параметрами горнотехнической системы с использованием предложенной концепции обеспечения устойчивого функционирования предприятия разработана блок-схема алгоритма (рисунок 5.2).

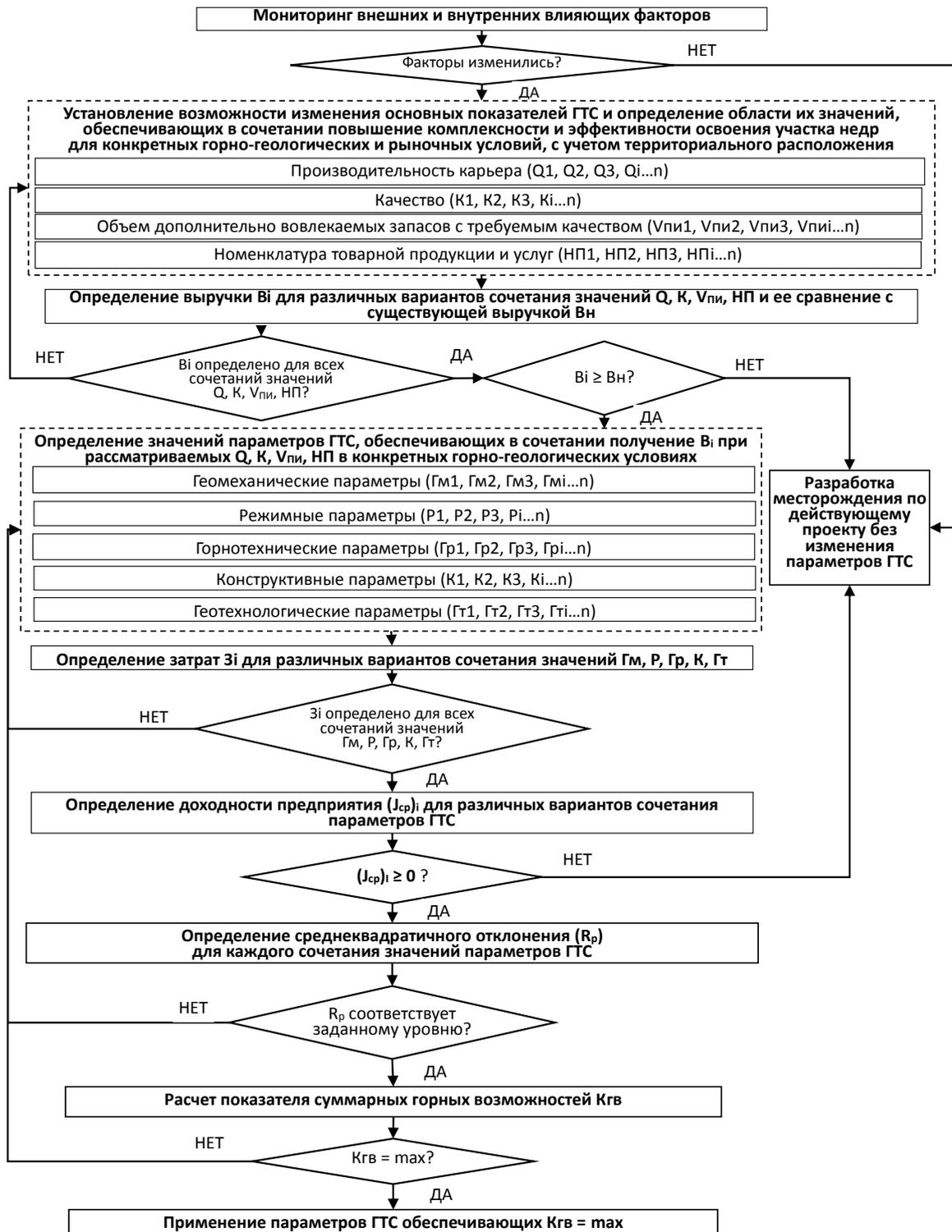


Рисунок 5.2 – Блок-схема алгоритма методики управления параметрами горнотехнической системы для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях рынка

Таким образом, развитие методологии учета влияния внутренних и внешних факторов функционирования горнотехнических систем на динамику параметров открытой геотехнологии заключается в разработке экономико-математической модели выбора значений параметров и технологических решений для достижения максимальной эффективности по критерию приведенной прибыли от освоения участка недр при минимальном среднеквадратичном отклонении доходности от заданного уровня; в разработке интегрального показателя горных возможностей, рассчитываемого в динамике развития горных работ и учитывающего получение дополнительных доходов от изменения объемов вовлекаемых в эксплуатацию запасов, производительности карьера, качества добываемого сырья и номенклатуры товарной продукции, включая стоимость выполнения услуг сторонним предприятиям; в установлении и использовании закономерности изменения интегрального показателя горных возможностей в зависимости от динамики факторов, определяющих номенклатуру производимой продукции и оказываемых горнотехнических услуг при комплексном техногенном преобразовании и освоении участка недр; в разработке методики управления параметрами горнотехнической системы, обеспечивающая ее устойчивое функционирование при заданном уровне доходности и базирующаяся на основе определения оптимального сочетания основных показателей системы по предложенному критерию эффективности с учетом влияния внешних и внутренних факторов функционирования.

5.3 Методика оценки влияния стратегии расширения производственной деятельности и номенклатуры продукции на эффективность освоения участка недр

При выборе стратегии обеспечения устойчивости функционирования предприятия за счет повышения комплексности освоения участка недр предусматривается оптимальное и сбалансированное использование различных способов организации производственной деятельности с учетом комплексного освоения природных и техногенных георесурсов с расширенной номенклатурой.

В работе предложена методика оценки влияния способов организации производственной деятельности на доходность и устойчивость предприятия, которая апробирована на примере освоения небольшого месторождения хромовых руд. Объем балансовых запасов исследуемого месторождения до 300 тыс. т, срок отработки до 10 лет. Для данного предприятия были рассчитаны различные экономические показатели, в том числе и доходность, в зависимости от цены на добываемое сырье (в данном случае хромовая руда). При расчете экономических показателей были рассмотрены три принципиально отличающихся способа организации деятельности по освоению месторождения, описанные в главе 3. В комплекс деятельности, предусматривающего выполнение услуг сторонним предприятиям, было заложено производство технологических процессов в виде буровзрывных работ, экскавации, транспортирования и отвалообразования в объеме, соответствующим объемам производства собственного предприятия. Полученные результаты моделирования по влиянию стратегий деятельности на доходность горнодобывающего предприятия, в зависимости от цены на добываемое сырье и производительности предприятия, представлены на графиках (рисунок 5.3). Установлено, что для условий исследуемого предприятия наибольшая доходность достигается при использовании способа, который предусматривает выполнение технологических процессов собственными силами на собственном оборудовании, но при цене на руду больше 12 тыс. руб./т и производительности 50 тыс. т/год. При использовании способа, когда все основные процессы выполняются сторонними подрядными организациями, доходность предприятия ниже первого варианта. Для первого способа доходность предприятия будет нулевая или отрицательная при цене на руду ниже 8 тыс. руб./т (рисунок 5.3, в), а для второго способа - при цене ниже 9 тыс. руб./т (рисунок 5.3, а). При производительности карьера 100 тыс.т/год и цене на руду выше 14 тыс. руб./т наибольшую доходность обеспечивает второй способ (рис. 5.3 б, г).

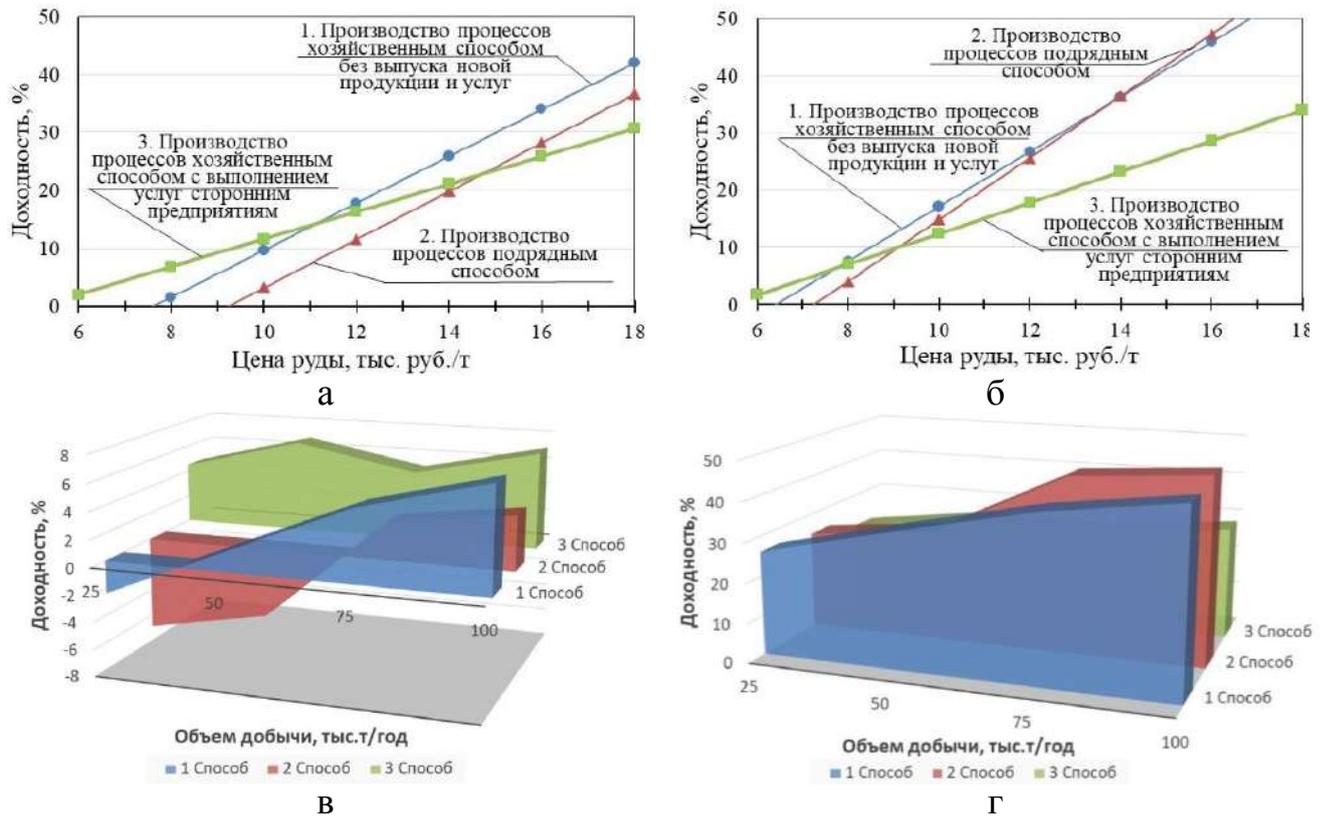


Рисунок 5.3 – Оценка влияния способа организации производственной деятельности на доходность и устойчивость предприятия по добыче хромовых руд в зависимости от цены и производительности:

а – при производительности карьера 50 тыс. т/год; б – при производительности карьера 100 тыс. т/год; в – при цене на руду 8000 руб./т;
г – при цене на руду 16000 руб./т

Использование способа, предусматривающего оказание услуг для сторонних предприятий, позволяет иметь положительную доходность предприятия при цене 6 тыс. руб./т. Это обусловлено тем, что оказание услуг сторонним организациям не зависит от цены на добываемое предприятием полезное ископаемое. Таким образом, оказание услуг сторонним организациям позволяет горнодобывающему предприятию иметь меньшую зависимость от рыночных цен на собственное добываемое сырье и, соответственно, позволяет обеспечивать устойчивое функционирование.

С целью определения показателей доходности рассматриваемого предприятия, в зависимости от временного периода с учетом волатильности цен на рынке, произведено аналитическое моделирование его деятельности с

использованием данных котировок кусковой хромовой руды (42% Cr) с 2017 по 2021 гг. График котировок представлен на рисунке 5.4 [228].

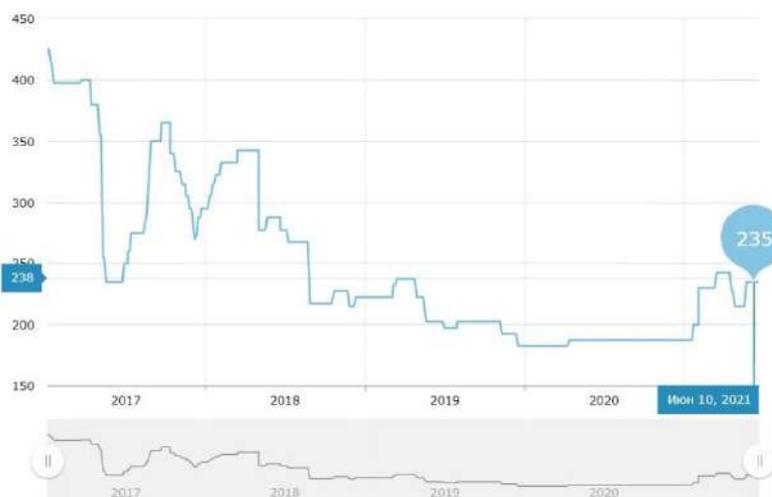


Рисунок 5.4 – График котировок(USD/т) кусковой хромовой руды (42% Cr) в период с 2017 по 2021 гг.

Расчетные значения средней доходности и рисков комплекса деятельности рассматриваемого предприятия в зависимости от рыночных цен на хромовые руды и применяемого способа в период с 2017 по 2021 гг. представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Расчетные значения средней доходности и рисков

Год	Квартал	Цена руды, \$/т	Курс \$, руб.	Цена руды, руб./т	1-й способ		2-й способ		3-й способ	
					г _p	б	г _p	б	г _p	б
2017	1	397	58	23026	63	28,8	57	29,1	42	16,1
	2	235	58	13630	23	-11,3	19	-8,9	20	-6,0
	3	365	58	21170	54	19,8	49	21,1	38	12,1
	4	287	58	16646	35	0,8	29	1,1	27	1,1
2018	1	270	65	17550	41	6,8	36	8,1	30	4,1
	2	332	65	21580	58	23,8	50	22,1	38	12,1
	3	267	65	17355	41	6,8	35	7,1	30	4,1
	4	222	65	14430	26	-8,3	20	-7,9	22	-4,0
2019	1	222	65	14430	26	-8,3	20	-7,9	22	-4,0
	2	237	65	15405	30	-4,3	24	-3,9	24	-2,0
	3	202	65	13130	22	-12,3	15	-12,9	19	-7,0
	4	182	65	11830	17	-17,3	11	-16,9	15	-11,0
2020	1	182	75	13650	23	-11,3	19	-8,9	20	-6,0
	2	187	75	14025	26	-8,3	20	-7,9	21	-5,0
	3	187	75	14025	26	-8,3	20	-7,9	21	-5,0
	4	187	75	14025	26	-8,3	20	-7,9	21	-5,0

Год	Квартал	Цена руды, \$/т	Курс \$, руб.	Цена руды, руб./т	1-й способ		2-й способ		3-й способ	
					r_p	σ	r_p	σ	r_p	σ
2021	1	187	75	14025	26	-8,3	20	-7,9	21	-5,0
	2	230	75	17250	40	5,8	22	-5,9	28	2,1
	3	235	75	17625	41	6,8	36	8,1	30	4,1
	4	235	75	17625	41	6,8	36	8,1	30	4,1
Средняя доходность комплекса деятельности за период 2017-2021 гг. J_{cp} , %					34,3		27,9		25,9	
Стандартное (среднеквадратическое) отклонение доходности R_p , %					12,8		12,7		7,2	

Из представленных данных таблицы и диаграммы (рисунок 5.5) видно, что комплекс деятельности рассматриваемого предприятия, использующего 1-й способ, является наиболее доходным. Средняя доходность такого комплекса за период 5 лет, с учетом данных котировок хромовой руды составит 34,3%. Но при этом значение среднеквадратического отклонения от доходности для этого способа также является наиболее высоким – 12,8%.

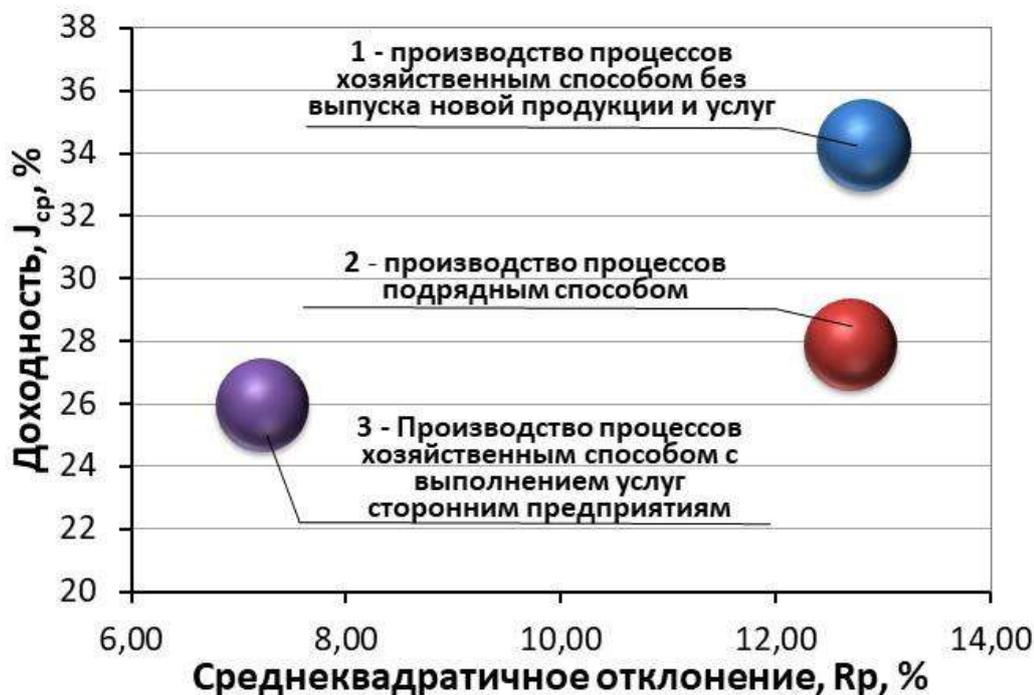


Рисунок 5.5 – Иллюстрация комплексов деятельности горного предприятия, добывающего хромовые руды по показателям доходности и риска в зависимости от используемой стратегии

Средняя доходность при 2-м способе составит 27,9%, однако экономический риск остается таким же высоким, как в первом случае, – 12,7%. Средняя доходность комплекса деятельности соответствующего 3-му способу составит 25,9%, но среднеквадратичное отклонение от доходности при этом наименьшее – 7,2%. Представленные расчеты были произведены только для условия изменения цен на хромовые руды, аналогично можно провести моделирование при условии изменения стоимости приобретаемых активов для расширения видов деятельности и поставляемых услуг.

В работе разработаны способы формирования отвалов и выработанного карьерного пространства в виде техногенных георесурсов, расширяющие номенклатуру продукции горнодобывающих предприятий и в целом их сферу деятельности от комплексного освоения запасов месторождения полезных ископаемых до комплексного освоения участка недр, который необходимо рассматривать в совокупности с формируемой горнотехнической системой. Доказано, что оценку параметров горнотехнической системы при формировании техногенных георесурсов следует производить на основе разработанной методики определения их ценности.

Оценка целесообразности расширения номенклатуры продукции за счет освоения техногенных георесурсов произведена для условий разработки железорудного месторождения, на поверхности участка недр которого накоплен большой объем строительного камня, пригодного для изготовления щебня. В работе определены технико-экономические показатели для различных этапов освоения данного месторождения, в том числе с учетом реализации техногенных георесурсов в виде строительного камня из отвалов. На рисунке 5.6 представлено поэтапное развитие горных работ железорудного карьера и отвалов.

Основные горнотехнические условия и показатели разработки для каждого этапа с нарастающим итогом представлены в таблице 5.3.



а

б

в

г

Рисунок 5.6 – Поэтапное развитие железорудного карьера и отвалов:

а – I этап до отметки горизонта 500 м; б – II этап до отметки горизонта 400 м;

в – III этап до отметки горизонта 300 м; г – IV этап до отметки горизонта 200 м

(на конец отработки)

Таблица 5.3 – Горнотехнические показатели по этапам разработки железорудного месторождения с нарастающим итогом

Наименование	Ед. изм.	I этап	II этап	III этап	IV этап
Объем горной массы	Тыс. м ³	5392,1	43747,3	225053,8	255032,8
Объем железной руды	Тыс. м ³	1399,6	9794,9	28854,2	38241,0
Объем вскрышных пород, в том числе:	Тыс. м ³				
- строительный камень	Тыс. м ³	-	6019,3	97653,1	101996,7
- вскрышные породы	Тыс. м ³	3834,2	27486,4	94646,6	110895,2
- почвенный грунт	Тыс. м ³	158,3	446,6	3899,8	3899,8
Производительность по железной руде	Тыс. м ³ /год	666,6	666,6	666,6	666,6
Производительность по вскрыше	Тыс. м ³ /год	1901,7	2310,8	4533,1	3779,3
Расстояние транспортирования	км	1,7	4,5	8,5	8
Общий годовой пробег автосамосвалов	тыс. км	560,6	1700,1	5427,6	4400,8
Количество экскаваторов ЭКГ-5А	Шт	4	5	8	8
Количество автосамосвалов БелАЗ 7547	Шт	7	15	38	33
Количество буровых станков СБШ-250МН	Шт	4	5	6	6
Коэффициент вскрыши	м ³ /м ³	2,85	3,47	6,80	5,67
Срок отработки	год	2	15	43	57
Горизонт расчета экономических показателей	год	2	15	20	20

Для каждого этапа произведен расчет среднегодовой прибыли, получаемой от реализации железной руды, добываемой из карьера при производственной мощности 2,4 млн т/год и среднегодовой прибыли, получаемой от реализации строительного камня, добываемого из отвалов в объеме 1 млн т/год. Расчетные значения экономических показателей представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Расчетные значения экономических показателей при реализации железной руды, добываемой из карьера и строительного камня из отвалов, млн руб.

	I этап		II этап		III этап		IV этап	
	Руда	Камень	Руда	Камень	Руда	Камень	Руда	Камень
Капитальные затраты	292	-	429	-	803	-	752	-
Эксплуатационные затраты	2199	182	25309	1366	89206	1821	90611	6712
Валовая прибыль	11728	1547	79140	11596	50045	15446	48643	10558
Выручка от реализации железной руды	13928	-	104457	-	139275	-	139275	-
Выручка от реализации щебня из строительного камня отвалов	-	1729	-	12968	-	17291	-	17291
ЧДД	7751	1303	29627	4556	17375	5359	14293	3815
Среднегодовая чистая прибыль	4691	619	4207	618	2002	618	1954	617

Так, на основе данных представленных в таблицах 5.3, 5.4 для горнотехнических условий, соответствующих последнему этапу освоения месторождения, интегральный показатель горных возможностей будет равен 1,3:

$$K_{ГВ} = \frac{2,4 \cdot \left(1 + \left(\frac{617,3}{1954,07}\right)\right)}{2,4} = 1,3. \quad (5.5)$$

Таким образом, реализация всех видов продукции горного предприятия, включая техногенные георесурсы в виде строительного камня из отвалов, по значению прибыли сопоставима с объемом добычи балансовых запасов в объеме 3,1 млн т/год.

Для повышения интегрального показателя горных возможностей до значения, равного 2,0, потребуется увеличение добычи строительного камня из

отвалов в объеме, обеспечивающем получение прибыли, сопоставимой с прибылью, получаемой от реализации железной руды.

В результате моделирования установлена зависимость, определяющая соотношение объемов добычи железной руды из карьера и строительного камня из отвалов, обеспечивающих стабильную доходность предприятия и значение интегрального показателя горных возможностей равного $K_{ГВ} = 2,0$ на разных этапах освоения участка недр (рисунок 5.7).

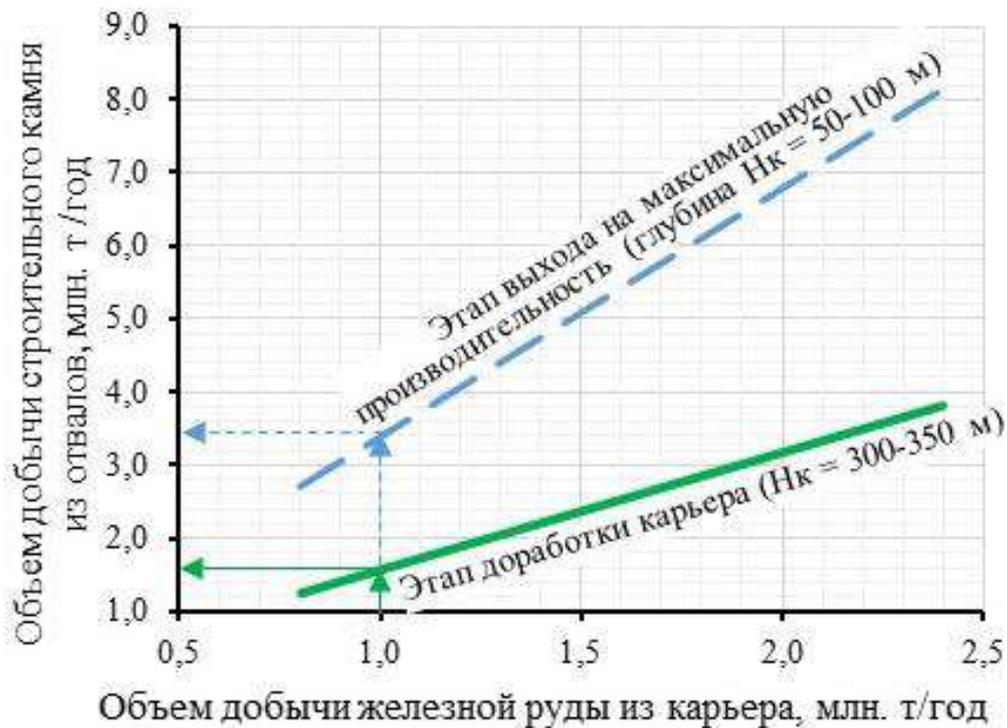


Рисунок 5.7 – Соотношение объемов добычи железной руды из карьера и строительного камня из отвалов, рассматриваемых в виде товарной продукции отдельных видов деятельности предприятия, обеспечивающих при реализации одинаковое значение среднегодовой прибыли на разных этапах освоения участка недр

Так, например из представленного графика видно, что к окончанию IV этапа разработки карьера среднегодовая прибыль, получаемая от добычи, и реализация 1 млн т железной руды сопоставима с прибылью, получаемой от добычи и реализации строительного камня из отвалов в объеме 1,5 млн т/год. Таким образом, при большем вовлечении техногенных георесурсов и всей формируемой инфраструктуры участка недр к освоению возможно получение

прибыли, сопоставимой с добычей природных ресурсов. Это подтверждает, что техногенные георесурсы действительно являются одним из видов новой продукции горнодобывающего предприятия, целенаправленное формирование и освоение которой позволяет повысить устойчивость его функционирования.

Доказано, что развитие различных направлений освоения имеющейся ресурсной базы участка недр, предусматривающей расширение номенклатуры выпускаемой продукции, в том числе на основе техногенных георесурсов, позволяет обеспечить требуемую доходность и, соответственно, устойчивое функционирование горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях рынка и повысить комплексность освоения участка недр.

Таким образом, эффективность и рыночная устойчивость современного горнодобывающего предприятия достигается обоснованием параметров горнотехнической системы на этапе проектирования и управления этими параметрами на этапе эксплуатации за счет повышения комплексности освоения участка недр. Это достигается формированием оптимального и сбалансированного соответственно по доходности и затратам комплекса производственной деятельности, учитывающей выпуск расширенной номенклатуры продукции и услуг открытой геотехнологии, с возможностью гибко изменять объемы их производства.

Выводы по главе 5

1. Предложен интегральный показатель горных возможностей, учитывающий получение дополнительных доходов от изменения вовлекаемых в разработку запасов, производительности карьера, качества добываемого сырья и номенклатуры товарной продукции, включая объем выполнения услуг сторонним предприятиям в зависимости от внешних и внутренних факторов развития горнотехнической системы. Интегральный показатель горных возможностей позволяет определять эффективность комплексного освоения участка недр и устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия, а также оценивать его способность развиваться и оставаться безубыточным в

изменяющейся внутренней и внешней среде с учетом допустимого уровня риска экономических потерь. Эффективность комплексного освоения участка недр обеспечивается при показателе ≥ 1 .

2. Представлена методика управления параметрами горнотехнической системы, которая включает: анализ внешних и внутренних влияющих факторов; установление возможности изменения основных показателей системы и определение области их значений, обеспечивающих в сочетании повышение комплексности и эффективности освоения участка недр для конкретных горно-геологических и рыночных условий, с учетом территориального расположения предприятия; определение значений параметров системы, обеспечивающих в сочетании получение требуемых показателей; оценку сочетания параметров и показателей на основе определения доходности и среднеквадратичного отклонения; расчет интегрального показателя, по максимальному значению которого осуществляется выбор параметров.

3. В работе предложена методика оценки влияния способов организации производственной деятельности на доходность и устойчивость предприятия. Установлена зависимость доходности горнодобывающего предприятия от изменений конъюнктуры рынка и применяемого способа организации деятельности. Исследования показывают, что стратегия с расширением комплекса направлений деятельности горнодобывающего предприятия, в том числе предусматривающая организацию услуг сторонним предприятиям, снижает риск экономических потерь и повышает его устойчивость в условиях изменчивости цен на добываемое сырье. На примере месторождения хромовых руд с объемом балансовых запасов до 300 тыс. т, на основе разработанной модели и данных конъюнктуры рынка за период с 2017 по 2021 гг. определено, что комплекс деятельности, включающий организацию услуг по выполнению основных технологических процессов стороннему предприятию в объеме, соответствующему объему работ собственного производства, за период 10 лет обеспечивает доходность до 26% со снижением риска экономических потерь в 2 раза.

4. Произведена оценка целесообразности расширения номенклатуры продукции за счет освоения техногенных георесурсов для условий разработки железорудного месторождения, на поверхности участка недр которого накоплен большой объём строительного камня, пригодного для изготовления щебня. В работе определены технико-экономические показатели для различных этапов освоения аналогичных месторождений, в том числе с учетом реализации техногенных георесурсов в виде строительного камня из отвалов. В результате моделирования установлена зависимость, определяющая соотношение объемов добычи железной руды из карьера и строительного камня из отвалов, обеспечивающих стабильную доходность предприятия на разных этапах освоения участка недр.

5. Доказано, что развитие различных направлений освоения имеющейся ресурсной базы участка недр, предусматривающей расширение номенклатуры выпускаемой продукции, в том числе на основе техногенных георесурсов и оказания услуг сторонним организациям, позволяет обеспечить требуемую доходность и, соответственно, устойчивое функционирование горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях рынка и повысить комплексность освоения участка недр.

На основе разработанной методики управления параметрами горнотехнической системы разработаны технико-технологические рекомендации по обеспечению устойчивого функционирования горнодобывающих предприятий Урала, Хакасии и Хабаровского края.

6 РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

6.1 Разработка организационных и технологических рекомендаций, повышающих комплексность освоения участка недр, на примере угольных разрезов Хакасии и Хабаровского края

Разработка организационных и технологических рекомендаций для разреза Черногорский

В результате анализа показателей вскрышных комплексов оборудования, организации труда, технологических параметров применяемых систем разработки и горнотехнических условий Черногорского разреза разработаны следующие мероприятия по повышению эффективности бестранспортного комплекса:

1. Уменьшение среднего по фронту значения высоты уступа, отрабатываемого по бестранспортной системе разработке, что позволит уменьшить время цикла работы шагающих экскаваторов и привести скорость подвигания их фронта работ в соответствие с плановой годовой производительностью по углю. Расчетное значение средней высоты уступа должно составлять до 35 м при производительности разреза по углю 7 млн т/год при ширине рабочей площадки 60 м.

2. Применение на вскрыше пласта «Великан-1» экскаваторов ЭШ-20/90 (рисунок 6.1) вместо ЭШ-10/70 (рисунок 6.2), что позволит снизить параметры по глубине черпания и высоте разгрузки и, соответственно, снизить время цикла и повысить производительность экскаваторов.

3. Применение варианта установки экскаватора ЭШ-20/90, обеспечивающего меньший угол поворота экскаватора, интенсивную скорость подвигания горных работ с меньшим коэффициентом переэкскавации.

4. Разработка и освоение технологических схем с установкой экскаватора на поверхности развала взорванной горной массы с исключением верхнего черпания.

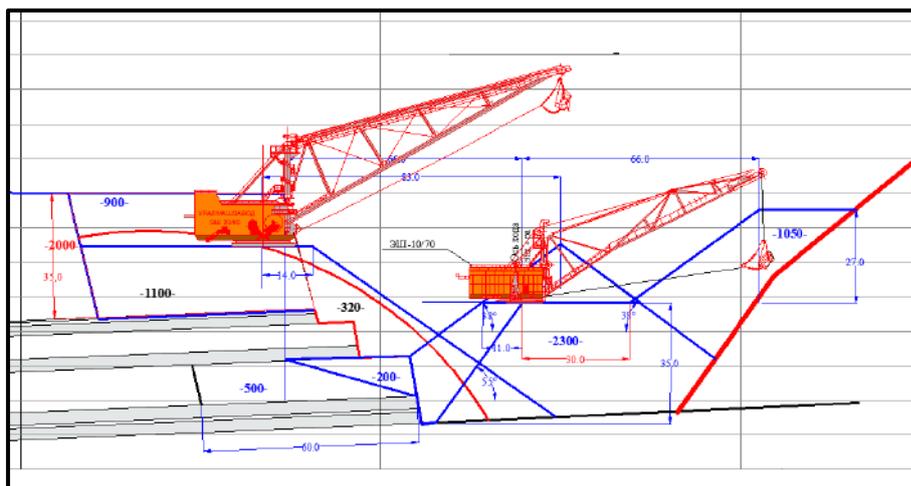


Рисунок 6.1 – Рекомендуемая схема отработки вскрышного уступа пласта «Великан-1» с использованием ЭШ-20/90

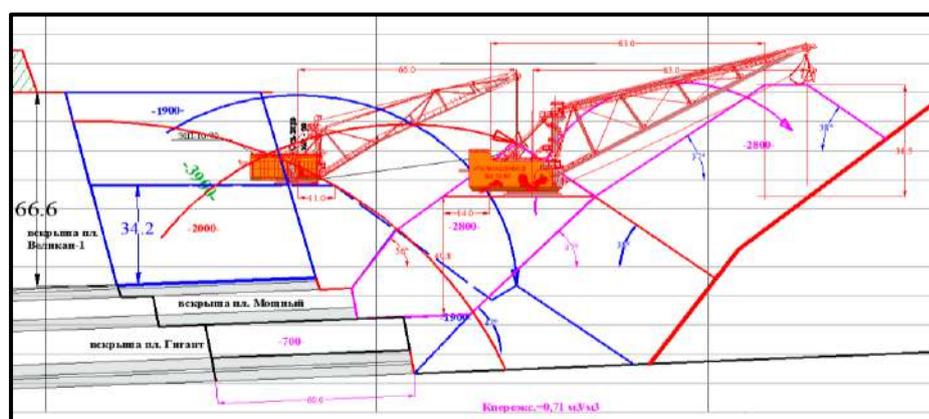


Рисунок 6.2 – Ранее используемая схема отработки вскрышного уступа пласта «Великан-1» с использованием ЭШ-10/70 (11/70)

5. Приобретение и использование мощного бульдозера (100 т) на развале взорванной горной массы для снижения объема верхнего черпания экскаватора для подготовки «полки» и трассы для перемещения экскаватора.

6. Разработка дополнительных стимулирующих мер в системе оплаты труда машинистов на основе равнонапряженных норм, учитывающих сложность горнотехнических и технологических условий участка ведения работ.

Реализация части вышепредставленных мероприятий позволила повысить среднюю месячную производительность экскаваторов ЭШ-20/90 в пределах от 2 до 20% к началу третьего квартала 2018 г. [138]. Значения средней месячной производительности экскаваторов ЭШ-20/90 за 2017-2018 гг. представлены в таблицах 6.1, 6.2.

Таблица 6.1 – Средняя месячная производительность ЭШ-20/90 за 2017 г. [138]

Модель и номер экскаватора	Ед. изм.	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Средняя месячная производительность
ЭШ-20/90 №36	тыс. м ³	370,0	341,0	312,0	338,0	331,0	326,0	335,0	307,0	295,0	269,0	271,0	286,0	315,1
ЭШ-20/90 №47	тыс. м ³	378,0	279,0	343,0	321,0	318,0	324,0	224,0	361,0	366,0	401,0	236,0	284,0	319,6
ЭШ-20/90 №31	тыс. м ³	357,0	345,0	361,0	371,0	311,0	285,0	236,0	356,0	216,0	341,0	373,0	331,0	323,6

Таблица 6.2 – Средняя месячная производительность ЭШ-20/90 за 7 месяцев 2018 г.

Наименование показателей	Ед. изм.	I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал				Средняя месячная производительность
		в т. ч. по месяцам:			в т. ч. по месяцам:			в т. ч. по месяцам:			в т. ч. по месяцам:				
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
в т.ч. по экскаваторам*:															
ЭШ-20/90 №36	тыс. м ³	336,0	350,0	396,0	361,0	281,0	301,0	208,0	-	-	-	-	-	-	319,0
ЭШ-20/90 №47	тыс. м ³	311,0	305,0	361,0	351,0	356,0	391,0	321,0	-	-	-	-	-	-	342,3
ЭШ-20/90 №31	тыс. м ³	376,0	367,0	435,0	386,0	401,0	406,0	441,0	-	-	-	-	-	-	401,7

*Обоснование параметров усреднительного склада на участке недр разреза
«Черногорский»*

В результате исследований предложена технология формирования штабеля рядового угля на разгрузочно-перегрузочном пункте из угольных пластов с различными качественными характеристиками, обеспечивающая в последующем отгрузку угольной горной массы требуемого качества для переработки на обогатительной фабрике и исключая её переизмельчение.

Разрабатываемые угольные пласты разреза «Черногорский» имеют различную мощность, различные физико-механические свойства и качественные характеристики (таблица 6.3). Из экскаваторных забоев уголь транспортируется автотранспортом непосредственно на обогатительную фабрику (в приемный бункер) для переработки и на разгрузочно-перегрузочные пункты для временного хранения рядового угля [1, 220, 245].

Таблица 6.3 – Качественные характеристики по разрабатываемым пластам

Наименование разрабатываемых угольных пластов	Мощность пласта, м	Показатели качества					
		Зола, %	Влага, %	Летучие, %	Сера, %	Теплота сгорания, ккал/кг	
						высшая	низшая
Великан-1	1,38	27,6	13,2	42,0	0,42	7438	4566
Великан-2	2,87	21,4	13,2	43,5	0,43	7300	4846
Мощный	4,32	22,5	13,2	42,4	0,40	7260	4744
Гигант-1	4,67	22,5	13,2	43,0	0,43	7362	4841
Гигант-2	2,68	21,7	13,2	43,7	0,41	7316	4813
Гигант-слитый	7,3	19,3	13,2	42,6	0,42	7354	4950

Разгрузочно-перегрузочные пункты (далее РПП) рядового угля, в настоящее время, формируются валовым способом в отдельные штабеля для каждого угольного пласта [38, 39, 68]. Данная технология формирования РПП рядового угля имеет следующие недостатки:

1. Отсутствие процесса смешивания угля разного качества, непосредственно на складе в пропорции, необходимой для последующей подачи и переработки на фабрике.

2. Переизмельчение угля под колесами автосамосвалов и гусениц бульдозера (рисунок 6.3).

3. Вторичное перемещение (экскавация) угля с последующей транспортировкой на обогатительную фабрику.

4. Привлечение дополнительной горнотранспортной техники на каждый РПП.

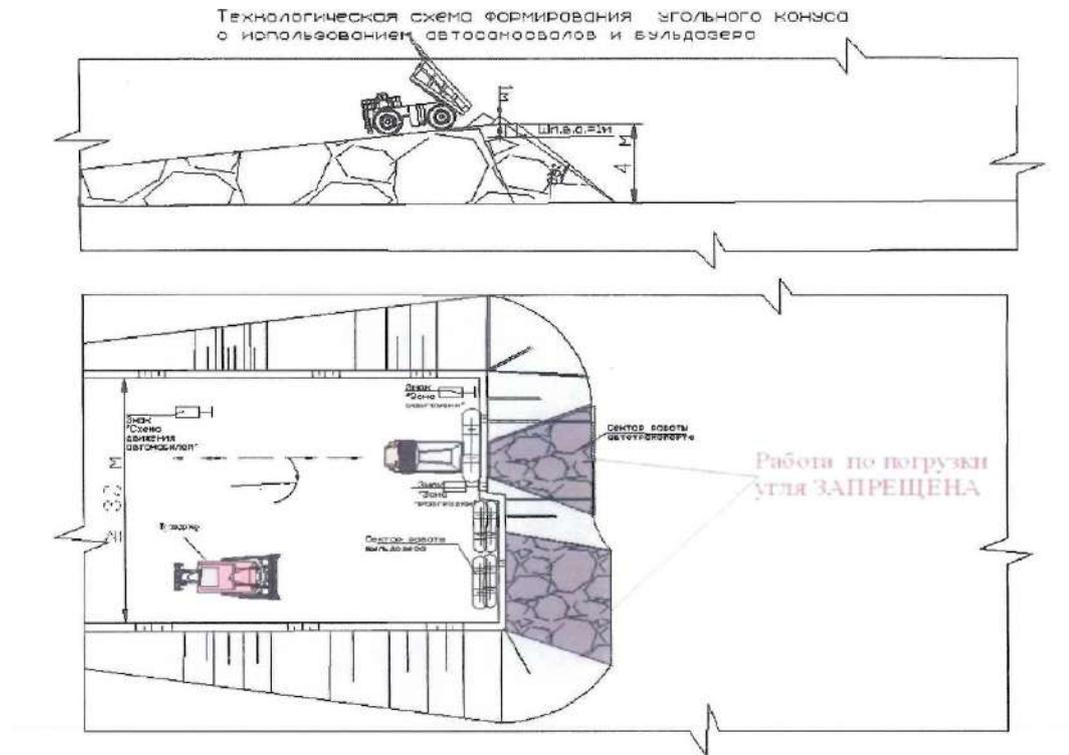


Рисунок 6.3 – Существующая схема формирования РПП рядового угля на разрезе «Черногорский»

Для переработки угля на обогатительной фабрике с различными качественными характеристиками и выхода готовой продукции, которая удовлетворяет требованиям потребителя, необходимо усреднение (шихтование) угольных пластов в следующей пропорции:

«Великан – I. II» – 30%;

«Мощный» – 30%;

«Гигант – I. II» – 40%.

В настоящее время на разрезе «Черногорский» отсутствует предварительная подготовка шихты перед подачей ее на обогатительную фабрику, что не позволяет улучшить контроль качества продуктов обогащения и повысить эффективность работы фабрики.

Для решения данных задач специалистами разреза «Черногорский» была изменена технология формирования РПП рядового угля с разработкой инновационной схемы по формированию РПП для усреднения рядового угля с разными качественными характеристиками и получения требуемой шихты до поступления в переработку на обогатительную фабрику.

РПП усреднения рядового угля формируется в три яруса на заранее спланированной площадке. Первый ярус формируется из угольного пласта «Мощный» отсыпкой автотранспортом насыпь к насыпе с мощностью отсыпки 2 м (это 30% шихты пласта «Мощный»). Второй ярус формируется автотранспортом и колесным бульдозером с повышением на 3° до высоты яруса 3 м углем пласта «Гигант» (так как угольный пласт «Гигант» является самым крепким и не переизмельчается под колесами автотранспортной техники) (таблица 6.4), затем ярус отсыпается горизонтально (это 40% шихты пласта «Гигант»). Третий ярус формируется из угольного пласта «Великан» (так как угольный пласт «Великан» является самым хрупким) отсыпкой автотранспортом насыпь к насыпе (рисунок 6.4). Далее производится погрузка шихтованного угля в автотранспорт с последующей переработкой на обогатительной фабрике.

Таблица 6.4 – Коэффициенты крепости по шкале профессора Протодьяконова [53]

Угольный пласт	Коэффициентом крепости по шкале проф. Протодьяконова
Великан	3,0
Мощный	3,2
Гигант	4,0

Таким образом, формирование усреднительного склада на разрезе «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия» позволяет исключить одновременное попадание в приемный бункер обогатительной фабрики большого объема нешихтованного угля одного качества и исключить «послойную» переработку, а применение на РПП рядового угля колесных бульдозеров на пневмоходу позволяет обеспечить уменьшение переизмельчения угля.



Рисунок 6.4 – Схема формирования усреднительного склада [136]

*Разработка организационных и технологических рекомендаций
для разреза «Буреинский» АО «Ургалуголь»*

Улучшение технико-экономических показателей многих российских горнодобывающих предприятий в последние годы связано с техническим перевооружением и приобретением импортного оборудования большой единичной мощности. Однако уровень использования техники во времени зачастую составляет менее 50-60% [103, 169, 194]. Современные условия рынка, а также тенденции развития отрасли обуславливают необходимость осуществления организационных и технологических улучшений в производстве. Улучшения должны быть направлены на повышение производительного времени работы оборудования и снижение себестоимости технологических процессов [240, 241]. В качестве примеров организационных и технологических изменений на современных угольных разрезах можно привести следующие:

- освоение схемы с двумя подъездами автосамосвалов к экскаватору;
- освоение схемы одновременной погрузки автосамосвалов фронтальным погрузчиком, реализуемое за счет формирования двух подъездов к погрузчику;
- применение одноковшовых фронтальных погрузчиков при отработке маломощных угольных пластов;
- использование различных схем установки экскаватора в забое.

Был изучен положительный опыт использования новых технологических схем и оптимизации работы гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» на разрезах «Тугнуйский», «Черногорский», «Восточно-Бейский», «Изыхский», «Назаровский» и мн. Др. [79]. Также проанализированы методики оптимизации выполнения основных производственных процессов и повышения эффективности работы горнодобывающего предприятия [91, 235, 265].

С целью повышения экономических показателей работы оборудования на разрезе «Буреинский» руководителям и специалистам предприятия рекомендуется пересмотреть организацию и технологию работ автомобильно-экскаваторного комплекса. Для горнотехнических условий исследуемого месторождения целесообразно проведение анализа и обоснования экономически эффективной технологической схемы работы гидравлического экскаватора типа «обратная лопата». В настоящей работе рассмотрены две схемы установки экскаватора при отработке горной массы.

Первая схема, используемая на разрезе в настоящее время, предполагает отработку развала горной массы комбинированным верхним и нижним черпанием, с установкой экскаватора на площадке нижнего подступа, с нижней погрузкой (рисунок 6.5).

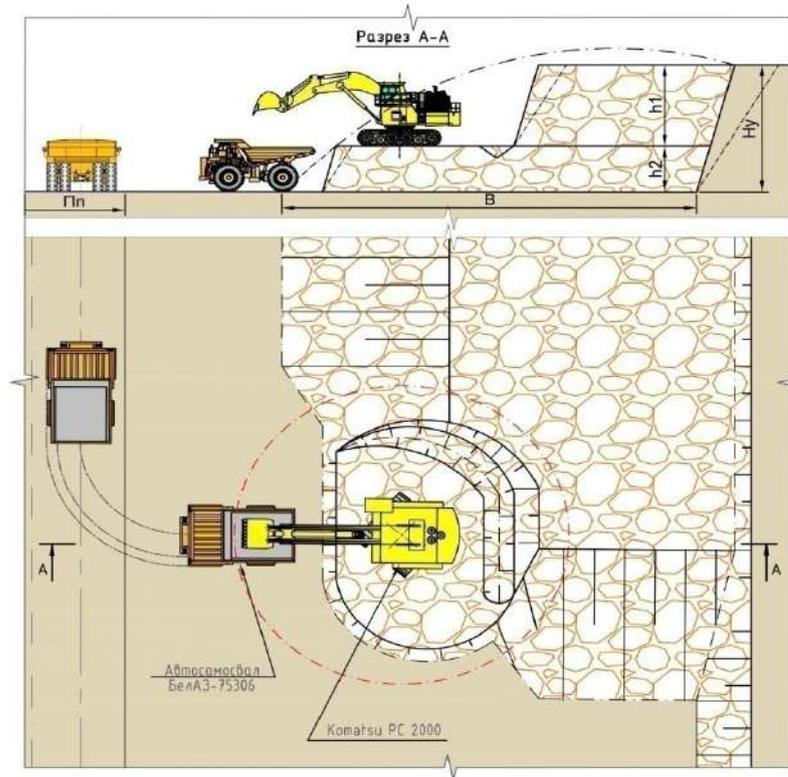
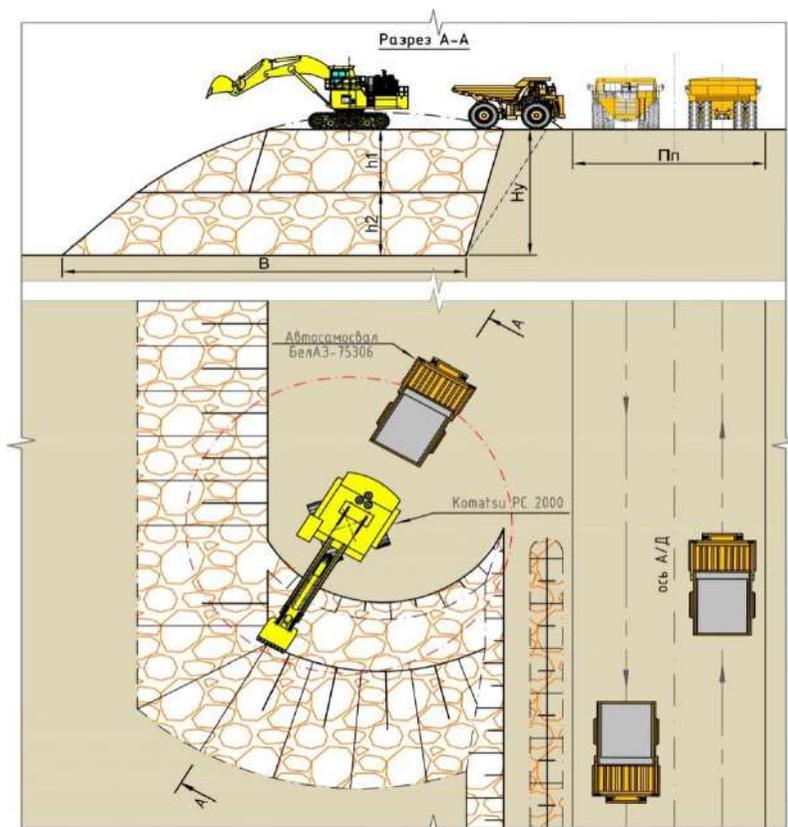
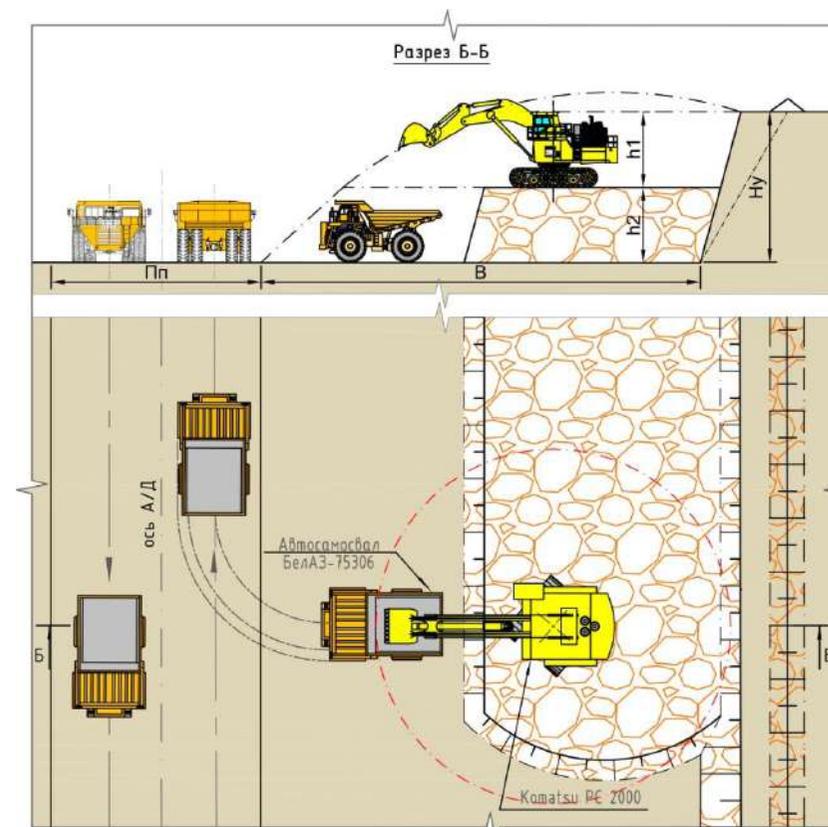


Рисунок 6.5 – Схема, используемая в настоящее время, предполагающая отработку развала горной массы комбинированным верхним и нижним черпанием

Вторая предлагаемая схема предусматривает последовательную разработку развала двумя подступами исключительно нижним черпанием в два этапа. На первом этапе обрабатывается верхний подступ. Экскаватор обрабатывает развал горной массы с установкой экскаватора и автосамосвала на верхней площадке обрабатываемого подступа – погрузка «верхняя» (рисунок 6.6, а). На втором этапе обрабатывается нижний подступ. Экскаватор обрабатывает развал горной массы с установкой экскаватора на верхней площадке обрабатываемого нижнего подступа – погрузка «верхняя», автосамосвал находится на нижней площадке уступа (рисунок 6.6, б).



а



б

Рисунок 6.6 – Рекомендуемая схема [159], предусматривающая последовательную разработку развала двумя подступами исключительно нижним черпанием в два этапа: а – (1 этап) экскаватор обрабатывает верхний подступ развала горной массы с установкой экскаватора на верхней площадке обрабатываемого подступа; б – (2 этап) экскаватор обрабатывает нижний подступ развала горной массы с установкой экскаватора на верхней площадке обрабатываемого подступа

В таблице 6.5 представлено сравнение технико-экономических показателей отработки развала взорванной горной массы для рассмотренных вариантов установки экскаватора.

Таблица 6.5 – Сравнение затрат времени и средств при различных схемах отработки развала взорванной горной массы [159]

Показатели	Схемы отработки развала		
	Существующая	Рекомендуемая	
		Отработка верхнего подступа	Отработка нижнего подступа
Среднее время цикла работы экскаватора, с	33	30	27
Производительность экскаватора РС 2000, тыс. м ³ /смену	8731	9577	10605
Время работы бульдозера на формирование подъезда автосамосвала и формирования площадки погрузки, ч/смену	2	3	3
Затраты, связанные с работой бульдозера, руб./смену, (руб. / м ³)	0,33	0,43	0,39
Прямые затраты, связанные с ремонтом рукояти экскаватора, руб./м ³	0,23	0,20	0,18
Время отработки блока взорванной горной массы объемом 100 тыс. м ³ , сут	5,7	5,2	4,7
Количество самосвалов отгружаемых за смену, шт.	109,1	119,7	132,6
Затраты на экскавацию, руб./м ³	13,69	12,48	11,27
Удельные затраты, связанные с отработкой блока, руб./м³	14,48	13,31	12,02

С целью выявления технологических факторов, влияющих на производительность оборудования, проведен анализ автомобильно-экскаваторного комплекса для разреза «Буреинский» и рекомендовано изменение применяемой технологической схемы разработки развала взорванной горной массы. Установлено, что применение технологической схемы отработки развала с установкой экскаватора на верхней площадке уступа открывает ряд преимуществ. Одним из преимуществ является исключение верхнего черпания, которое сопровождается повышенными нагрузками на рабочий орган экскаватора, что приводит к аварийным ремонтам и простоям. Кроме того, как показал хронометраж, при работе только с нижним черпанием снижается время цикла экскаватора и повышается производительное время его работы. Однако при этом увеличивается объем бульдозерных работ.

Проведенный анализ и расчеты показали, что применение технологической схемы с последовательной обработкой двумя подступами исключительно нижним черпанием обеспечивает снижение среднего времени цикла до 6 секунд и увеличение производительности экскаватора (Komatsu PC2000) с 8730 до 9570 и 10600 тыс. м³/смену соответственно при обработке верхнего и нижнего подступа. Снижение времени цикла и аварийных ремонтов экскаватора позволяет значительно снизить удельные затраты на выемочно-погрузочные работы. Применение рекомендуемой схемы с нижним черпанием обеспечивает снижение удельных затрат на 12,6 % для экскаватора типа «обратная лопата». При расчете на один экскаватор экономический эффект составил не менее 8,0 млн руб. в год [159].

*Обоснование параметров системы разработки для повышения
производительности в условиях разреза «Буреинский»*

Одной из особенностей данного месторождения является наклонное залегание угольных пластов сложного строения, что значительно осложняет ведение горных работ. Имеющиеся особенности определяют необходимость выемки пород висячего бока на полную высоту уступа, и только после этого возникает возможность рыхлить бульдозером вскрытый угольный пласт и, отделяя прослойки и междупластья, перемещать уголь для отгрузки к экскаватору [195].

Отработка верхних вскрышных уступов, сложенных четвертичными отложениями, производится в зимнее время с предварительным рыхлением буровзрывным способом методом скважинных зарядов. Оработка вскрышных уступов буровзрывным способом в зимнее время вызвана наличием вечной мерзлоты. Так как отработка вскрышных уступов в летнее время приводит к оплыванию скважин [159].

Отвалообразование преимущественно внешнее, формирование внутренних отвалов осложняется наличием вечной мерзлоты, высота внутреннего отвала не более 20 м.

Параметры рабочей зоны. Несмотря на достаточно большую общую протяженность фронта работ разреза, составляющую около 4 км, длина фронта рабочей зоны составляет до 1,9 км. Нестабильность угольных пластов и их разрывы, изменение мощности пласта и наклонное залегание пластов приводят к

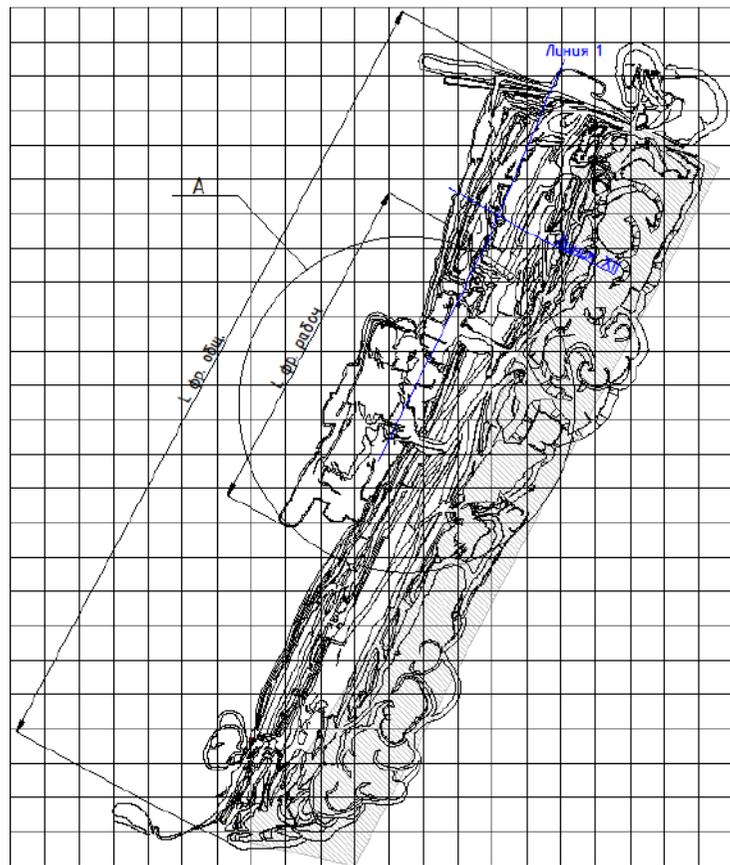
тому, что каждая рабочая площадка разбита на небольшие участки с частичной обработкой. Общее количество рабочих уступов в карьере составляет 13, общая глубина 108 м, средняя ширина рабочей площадки 144 м, высота рабочего уступа изменяется от 4 до 10 м. Участок рабочей зоны с выделенными взрывными блоками представлен на рисунке 6.7 [124].

Для того чтобы повысить эффективность открытого способа добычи угля в АО «Ургалуголь», предприятию необходимо максимально использовать имеющийся парк горнотранспортного оборудования. С этой целью целесообразно выявление и реализация внутрипроизводственных резервов в виде организационно-технологических решений, обеспечивающих повышение эффективности процессов на основе имеющихся у предприятия ресурсов [45, 77, 265, 270].

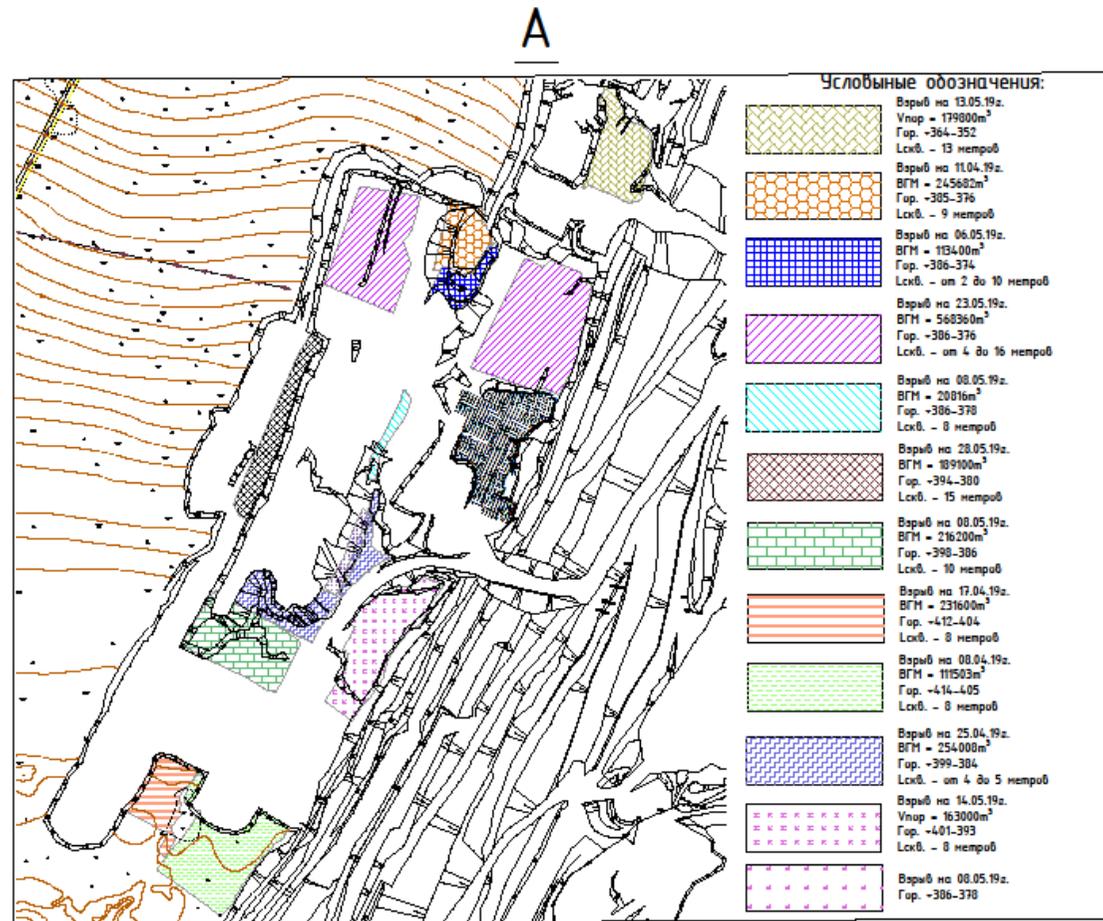
Бенчмаркинг анализ предприятий показал, что внутрипроизводственные резервы повышения времени производительной работы на разрезах предприятия АО «Ургалуголь» при повышении качества организации процесса экскавации до передового по компании «СУЭК» уровня составляют 35–45%, при повышении качества организации процесса экскавации до передового мирового уровня – 65–75%.

Необходимо отметить, что эффективность во многом зависит от уровня использования техники. С целью выявления потенциальных возможностей повышения эффективности разработки разреза «Буреинский» был проведен анализ причин простоев экскаваторов. Основные причины простоев представлены на примере экскаватора Komatsu PC2000 в таблице 6.6.

Из таблицы 6.6 видно, что наиболее значительная доля простоев связана с отказами и поломками оборудования. Наряду с этим определенная доля непроизводительной работы (отнесенная к простоям) также связана с перегонами оборудования и неподготовленностью забоя. На количество перегонов влияют некоторые параметры буровзрывных работ, параметры рабочей зоны, концентрация оборудования в рабочей зоне и требуемые показатели качества сырья. Влияние объема взрывного блока в условиях Буреинского разреза на время, затрачиваемое на перегоны экскаватора, представлено в таблице 6.7, а также на выявленной зависимости, представленной на рисунке 6.8.



а



б

Рисунок 6.7 – План разреза Буреинский:

а – общий план разреза; б – участок рабочей зоны разреза с выделенными взрывными блоками

Таблица 6.6 – Причины и показатели простоев экскаватора Komatsu PC2000
(на основании отчета выполненного аналитическим отделом СУЭК)

Причины простоев	Показатели простоев, %												
	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	среднее
Итого, часов/сутки работы	20,5	16,7	18,5	22,1	10,3	17,2	18,6	21,4	21,2	17,9	20,4	20,1	18,4
Итого, часов/сутки простоев	3,46	7,3	5,6	1,88	13,7	6,8	5,4	2,56	2,83	6,1	3,61	3,86	5,6
Отказы/поломки оборудования	8	73,5	68,5	40	69	46,3	72,1	65,9	54,9	19,6	23,8	6,2	50,5
Отсутствие автотранспорта	41,7	11	15,3	0	1,16	20,3	3,68	20,7	3,92	10,9	16,2	28	12,2
Климатические условия/стихийное бедствие	16,1	11	12,6	0	0	0	2,94	6,1	7,8	17,4	10,8	29,5	8,3
Неподготовленность забоя (кроме БВР, откачки воды)	6,4	1,83	3,6	40	1,32	4,52	6,4	1,22	0	1,63	13,8	3,11	4,03
Простой прочих единиц оборудования технологической цепочки	0	0	0	0	1,66	0	1,47	0	13,7	8,7	13,8	24,4	4,79
Отсутствие подъездных путей	0	0	0	0	0	0	1,47	0	0	35,9	6,2	0	3,65
Планово-предупредительные ремонты (ППР) и ТО	0	0	0	0	0,33	14,7	1,67	0	19,6	0	7,7	0	2,44
Перегон оборудования	0	0	0	20	0	2,26	6,9	2,44	0	4,35	7,7	0,52	2,13
Простои из-за неуккомплектованности рабочих (на проходке, отсутствие бригады)	0	0	0	0	23,8	0	0	0	0	0	0	0	6,8
Проведение ППР и ТО, не предусмотренных планограммой	14,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,3	1,61
Буровзрывные работы, не предусмотренные планограммой	8,5	2,74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,79
Буровзрывные работы	0	0	0	0	1,32	2,26	3,43	3,66	0	0	0	0	1,04
Разное	4,82	0	0	0	1,32	9,6	0	0	0	1,63	0	0	1,61

Таблица 6.7 – Годовое количество перегонов экскаваторов и затрачиваемое время на перегон, после отработки взорванной горной массы, в зависимости от объема взрываемого [124]

Модель экскаватора	Фактическая производительность экскаватора, тыс. м ³ /мес.	Среднее время, затрачиваемое на 1 перегон экскаватора после отработки блока (данные программы Парус), ч	Годовое количество перегонов экскаваторов N и затрачиваемое время на перегон T, после отработки взорванной горной массы в зависимости от объема взрываемого блока									
			Объем взрываемого блока, тыс. м ³									
			226		282		338		396		450	
			N, ед.	T, ч	N, ед.	T, ч	N, ед.	T, ч	N, ед.	T, ч	N, ед.	T, ч
Komatsu PC 1250	250	1	13	13	11	11	9	9	8	8	7	7
Komatsu PC 2000	350	2,8	19	52	15	42	12	35	11	30	9	26
Hitachi EX 3600	600	2,3	32	73	26	59	21	49	18	42	16	37
Komatsu PC 4000	680	2,5	36	90	29	72	24	60	21	52	18	45
Всего количество перегонов и времени на перегон			100	229	80	183	67	153	57	131	50	115

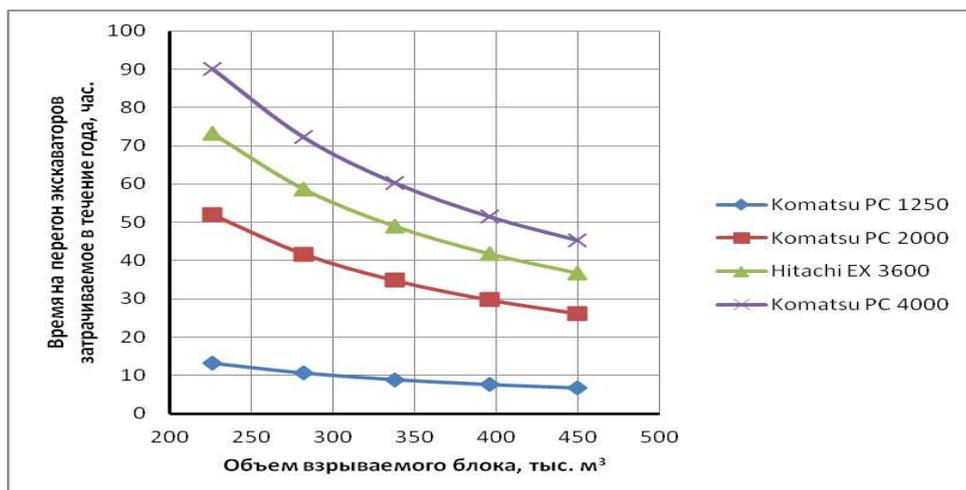


Рисунок 6.8 – Зависимость времени, затрачиваемого на перегон экскаваторов от объема взрывного блока (в условиях Буреинского разреза)

Результаты расчетов, представленные на рисунке 6.8, указывают на целесообразность увеличения объема взрывного блока с целью снижения количества перегонов и повышения производительного времени работы оборудования. Так, например, увеличение объема взрывного блока с существующего среднего значения 226 до 450 тыс. м³ может обеспечить снижение времени, затрачиваемого на перегоны с 52 до 26 ч в год для экскаватора Komatsu PC 2000.

При этом существующее значение объема взрывного блока сформировано особенностью горно-геологических условий Буреинского разреза. В том числе увеличение объема взрывного блока с используемым в настоящее время взрывчатым веществом может привести к возникновению отказов в летний период из-за непрогнозируемого воздействия подземных и надземных вод на скважины и потерям рабочих характеристик взрывчатых веществ.

Для обеспечения условий увеличения объема взрывных блоков, а также упрощения планирования горных работ целесообразно увеличение ширины рабочих площадок вдоль направления угольного пласта. Для увеличения ширины рабочих площадок могут быть рассмотрены несколько вариантов реконструкции существующей рабочей зоны. На рисунке 6.7 представлен участок рабочей зоны разреза «Буреинский» с выделенными взрывными блоками. Из рисунка видно, что ограничивающим фактором в увеличении взрывных блоков является не только характеристика применяемых взрывчатых веществ и конструкция заряда, но и ширина рабочей площадки вдоль простирания пластов. Существующее положение

рабочей зоны разреза характеризуется большим количеством уступов (13) с рабочей площадкой вдоль простираения шириной от 70 до 223 м. В среднем ширина рабочей площадки в продольном разрезе составляет 144 м. Высота рабочей зоны составляет 108 м. Общая длина фронта работ разреза составляет около 4 км, однако длина фронта рабочей зоны составляет до 1,9 км. Это вызвано горно-геологическими условиями месторождения и характеристикой пород верхних горизонтов разреза, разработка которых в летний период характеризуется непроизводительным использованием горнотранспортного оборудования.

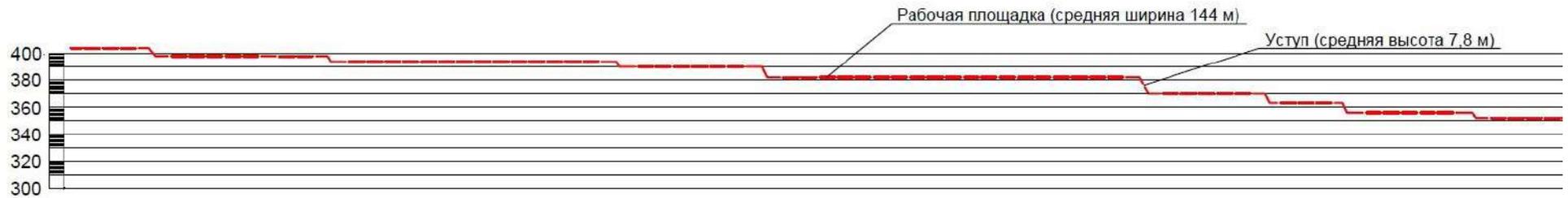
Отдельно взятые угольные пласты по высоте рабочей зоны имеют практически одинаковые качественные показатели. Таким образом, усреднение угля, добываемого с разных уступов по всей высоте рабочей зоны, не требуется. Учитывая, что на Буреинском разрезе в настоящее время в работе используется до 5 экскаваторов с емкостью ковша от 7 до 22 м³, можно предположить что для нормальной работы достаточно иметь до 4-5 рабочих площадок. Соответственно, необходимо соответствующее изменение конструкции рабочего борта карьера.

В ряде работ изучены вопросы изменения конструкции борта с использованием участков временно нерабочих бортов (ВНБ). При таком способе ведения горных работ часть рабочей зоны (по высоте) в карьере консервируется, и так производится перераспределение объемов вскрыши по годам. Так разработка глубоких карьеров этапами с использованием ВНБ позволяет регулировать средние коэффициенты вскрыши в календарном графике вскрышных работ [19, 33, 104, 243, 251]. При этом формирование участков ВНБ на Буреинском месторождении также позволит оптимизировать параметры рабочей зоны. Так, подход с использованием ВНБ на угольных месторождениях, подобных Буреинскому, отчасти может являться инновационным.

В целом реконструкция рабочей зоны Буреинского разреза возможна по следующим вариантам:

- сдваивание ряда уступов и увеличение высоты уступа до 15 м;
- формирование на рабочем борту зон временно нерабочих уступов (ВНБ).

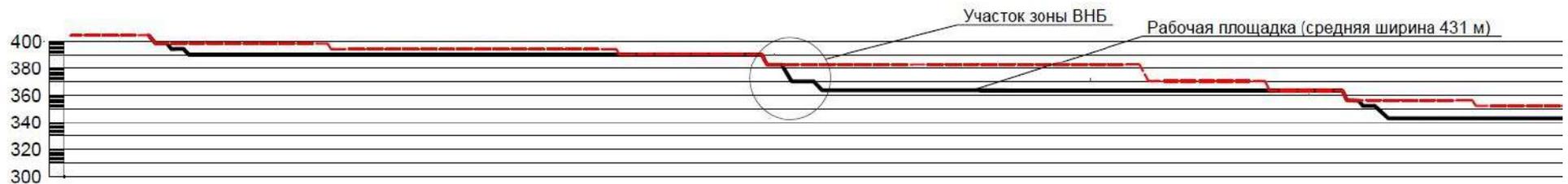
Варианты конструкции рабочего борта представлены на рисунке 6.9. Основные параметры и показатели разреза «Буреинский» при различных вариантах конструкции рабочего борта представлены в таблице 6.8.



а



б



в

Рисунок 6.9 – Участок рабочего борта карьера вдоль простирания пласта:

а – современное положение рабочего борта; б – вариант изменения конструкции борта за счет увеличения высоты уступа, в - вариант изменения конструкции борта за счет формирования зон ВНБ;

— современная конструкция борта карьера; — варианты реконструкции рабочего борта карьера

Таблица 6.8 – Основные параметры и показатели разреза Буреинский при различных вариантах конструкции рабочего борта

Параметры	Обозначение	Существующее положение	Вариант 1 (увеличение высоты уступа)	Вариант 2 (зоны ВНБ)
Средний объем взрывного блока, тыс. м ³	V _{вб}	226	450	450
Ширина рабочей площадки средняя (вдоль фронта), м	Ш _{рп}	144	226	431
Количество уступов в рабочей зоне	N	13	8	13
Средняя высота уступа, м	h	7,8	13,3	7,8
Угол откоса борта карьера (вдоль угольного пласта), град		3,3	3,4	3,3
Длина рабочей зоны (рассматриваемой)	м	1868	1868	1868
Глубина рабочей зоны, м	L	108	108	108

В процессе адаптации параметров системы разработки под повышение производительности оборудования и разреза для условий Ургальского месторождения целесообразно изменить конструкцию рабочего борта, что даст возможность увеличить параметры рабочей площадки, увеличить объем взрывного блока, повысить эффективность работы экскаваторов и предприятия в целом. С увеличением ширины рабочей площадки вдоль простирания пласта и объема взрывного блока уменьшается количество перегонов буровых станков и экскаваторов, увеличивается общая скорость бурения, уменьшаются потери времени при производстве буровзрывных работ и упрощается планирование горных работ.

Таким образом, обоснование рациональных технологических параметров рабочей зоны разреза в условиях высокой динамики и трудоемкости технического и организационного обеспечения интенсификации производства позволяет наладить более производительную работу горнотранспортного оборудования и повысить эффективность разработки в целом.

6.2 Обоснование параметров горнотехнической системы на примере горнодобывающих предприятий с открытой геотехнологией Уральского региона

Обоснование последовательности доработки Круторожинского карьера габбро-диабазов со складированием, попутно добываемых яшмоидов, в выработанном пространстве

Часто при разработке месторождений строительных горных пород вмещающими породами являются редко встречающиеся декоративные и поделочные камни. Добыча таких камней отдельными карьерами значительно увеличивает их себестоимость и делает обработку и реализацию изделий из этого камня экономически нецелесообразными. Однако и при попутной добыче поделочных камней они не находят своего применения. Так, например, на карьере Круторожинского месторождения (рисунок 6.10) габбро-диабазов вмещающими породами являются яшмоиды, применение которых возможно для изготовления сувениров и других ценных изделий. Однако в настоящее время большая часть яшмоидов вывозится в отвал.

Одной из задач, решаемых на Круторожинском месторождении, является задача сохранения яшмоидов как ценного поделочного камня, реализация которого в настоящее время на предприятии экономически нецелесообразна. Решение этой задачи предлагается путем выбора дальнейшего формирования рабочей зоны карьера с возможностью размещения максимального объема яшмоидов в выработанном пространстве карьера. Складирование вмещающих пород (яшмоидов) в карьере позволит снизить затраты на транспортирование, уменьшить выплаты за счет сокращения занимаемых внешними отвалами площадей, а также снизить экологические платежи.

Круторожинское месторождение габбро-диабазов находится на территории Октябрьского района г. Орска Оренбургской области, в 1,5 км к северо-востоку от ст. Круторожино Южно-Уральской железной дороги. В разведанной части массив габбро-диабазов тянется полосой 0,8 км на расстояние 2 км и прослеживается дальше далеко на север до северной антиклинальной структуры.

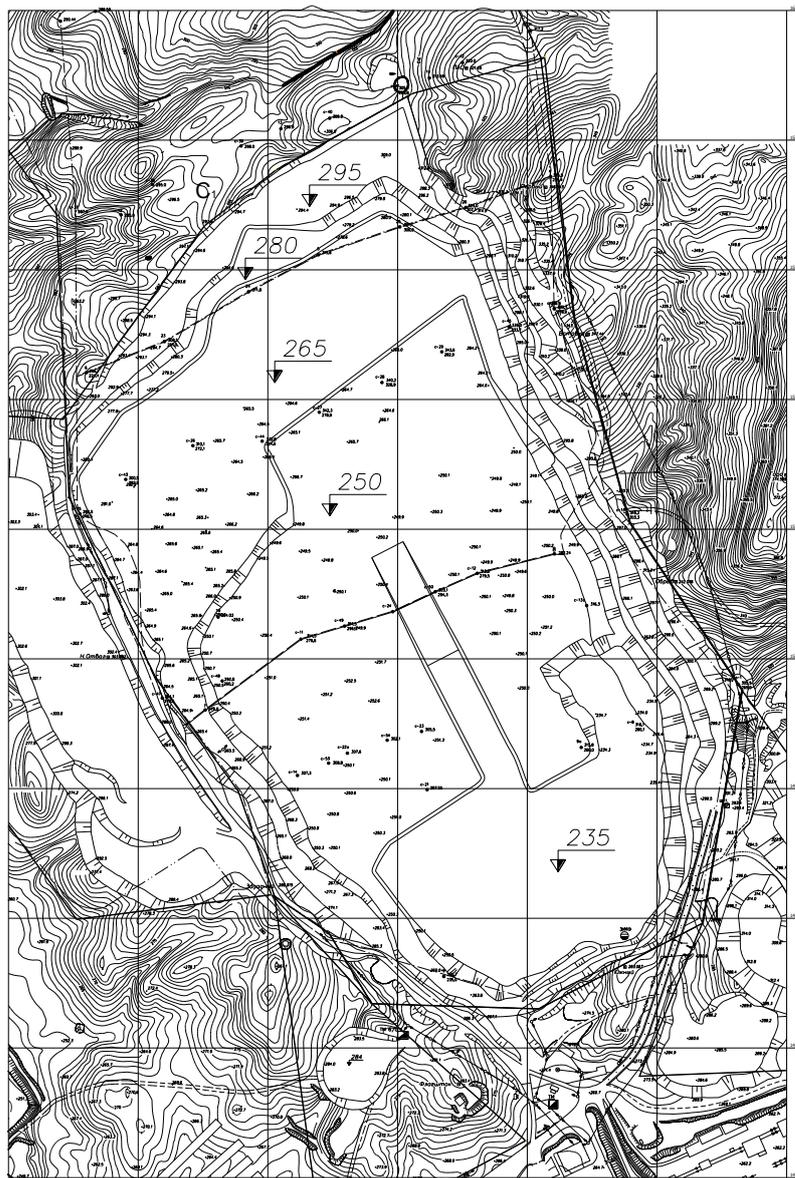


Рисунок 6.10 – Современное состояние Круторожинского карьера

В строении месторождения участвуют интрузивные габбро-диабазы и диабазы, эффузивные диабазы, а также маломощные прослои и линзы яшм [22].

Практика эксплуатации месторождения показывает, что фактический объём яшмоидов, имеющих на предприятии ограниченное применение, составляет около 6%. В настоящее время реализация яшмоидов в добываемых ежегодно объемах экономически нецелесообразна.

С целью сохранения и возможностью дальнейшей реализации поделочного камня (яшмы) и снижения текущих затрат на транспортирование горной массы предложено его накопление и складирование в выработанном пространстве карьера.

Для этого были рассмотрены два варианта дальнейшего формирования рабочей зоны карьера: 1) формирование рабочей зоны с кольцевым фронтом работ (рисунок 6.11); 2) формирование рабочей зоны с продольно-поперечным фронтом работ (рисунок 6.12) [22].



Рисунок 6.11 – Промежуточный план горных работ с кольцевым фронтом работ

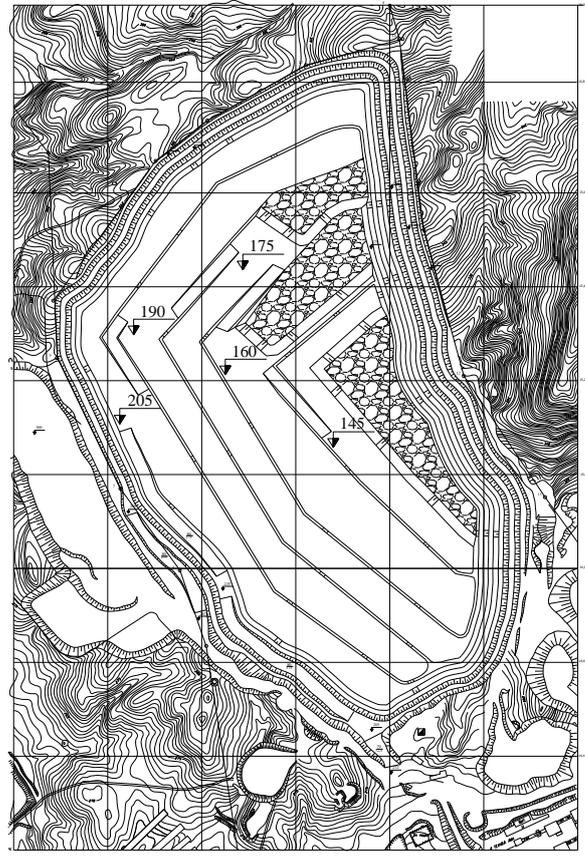


Рисунок 6.12 – Промежуточный план горных работ продольно-поперечным фронтом работ (4 этап)

В таблице 6.9 представлены расчетные расстояния транспортирования пород из карьера до дробильного комплекса на поверхности земли по этапам разработки (каждый этап разработки составляет 5 лет). Из таблицы видно, что длина транспортирования при продольно-поперечном фронте работ значительно уменьшается, чем при кольцевом фронте работ.

Вариант формирования рабочей зоны с продольно-поперечным фронтом работ позволяет расположить склад яшмоидов в выработанном пространстве с 11 года доработки карьера (до этого периода яшма вывозится во внешний отвал).

Таблица 6.9 – Расстояния транспортирования пород из карьера до дробильного комплекса на поверхности земли по этапам разработки, км

Варианты развития фронта работ	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап	5-й этап
С кольцевым	1,91	1,49	1,86	2,14	-
С продольно-поперечным	1,85	1,59	1,64	1,78	2,04

Таким образом, расстояние транспортирования пород в отвал по этапам сокращается на 3,7, 3,3, 0,3 км соответственно с 3-й по 5-й этапы разработки карьера.

Объём внутреннего склада на 3-м и 4-м этапах соответственно составит 720 и 1620 тыс. м³. На 5-м этапе общий объём склада составит 2520 тыс. м³.

На 3-м этапе разработки карьера на горизонтах 190 и 175 м, остаточный объём яшмоидов составит соответственно 240 и 480 тыс. м³.

На 4-м этапе разработки за счет подвигания фронта работ и смещения уступов в продольно-поперечном направлении производится перевалка пород внутреннего склада с горизонтов 190 и 175 м в объёме 720 тыс. м³ на горизонт 145 м, а вновь добываемая яшма размещается на горизонтах 175 и 160 м в объёме соответственно 300 и 600 тыс. м³.

На 5-м этапе разработки карьера с горизонтов 175 и 160 м породы внутреннего склада объёмом 900 тыс. м³ перемещаются на горизонт 145 м, и в дальнейшем вся добываемая яшма размещается во внутреннем складе этого горизонта.

Основные технико-экономические показатели, получаемые при размещении вмещающих пород во внутреннем складе, сведены в таблицу 6.10.

Таким образом, для сохранения яшмоидов с целью обеспечения возможности их дальнейшей переработки и реализации предложено их складирование в выработанном пространстве карьера. При этом экономически целесообразным является формирование рабочей зоны карьера с продольно-поперечным фронтом. Экономический эффект от организации внутреннего склада, без учета дальнейшей реализации яшмы, составит 564,5 млн руб.

Таблица 6.10 – Экономический эффект от размещения пород во внутреннем складе (без учета дальнейшей реализации пород)

Показатели		Ед. изм.	3-й этап	4-й этап	5-й этап
Производительность	Q	млн т	1,94	2,43	2,43
Расстояние до внешнего отвала	$L_{вн}$	км	5,32	5,26	5,43
Расстояние до внутреннего отвала	$L_{вт}$	км	2,74	3,06	5,12
Вместимость отвала	V	млн м ³	0,72	1,62	2,52
Снижение S внешнего отвала	ΔS	га	5,60	12,50	19,50
Снижение транспортных расходов	$\Delta Z_{тр}$	млн руб.	129,5	247,9	53,04
Снижение платы за площадь	$\Delta Z_{зем}$	млн руб.	0,03	0,06	0,10
Снижение экологических платежей	$\Delta Z_{эк}$	млн руб.	19,83	44,61	69,40
Экономический эффект	Э	млн руб.	149,3	292,5	122,5
Общий экономический эффект	Э	млн руб.	564,5		

*Обоснование увеличения параметров карьера при отработке пологих залежей
полезного ископаемого на примере месторождения известняков
«Хусаинова Гора»*

Мировое потребление минерального сырья непрерывно возрастает на 5–20% в год при одновременном усложнении горно-геологических и горнотехнических условий разработки открытым способом. Тем не менее направление открытой добычи полезных ископаемых остается перспективным. Кроме того, само выработанное пространство карьеров имеет высокий ресурсный потенциал и может использоваться в качестве емкости для складирования промышленных отходов. Это доказано имеющимися в настоящее время научными работами [68, 133, 167] и фактическим использованием ранее отработанных карьеров в качестве полигонов для складирования отходов.

Зачастую при проектировании и разработке месторождений открытым способом часть запасов полезного ископаемого остается за пределами контура карьера из-за сложности или экономической нецелесообразности их добычи. Однако получаемый ежегодно экономический эффект от реализации емкости карьера как техногенного георесурса, используемого для складирования промышленных отходов, компенсировал бы затраты на добычу оставшихся запасов за контурами карьера.

Возможное увеличение параметров открытой разработки при дальнейшем использовании карьера в качестве техногенного георесурса рассмотрено на примере пологопадающего месторождения известняков «Хусаинова Гора».

Лицензионный участок недр «Хусаинова Гора» расположен в 14 км севернее г. Оренбурга и представляет собой небольшую возвышенность с абсолютной высотной отметкой 135 м. Месторождение представлено пластообразной залежью полезного ископаемого мощностью 12-16 м, длиной 800 м и шириной 400 м. Залежь вытянута с юго-запада на северо-восток. Угол падения залежи составляет в среднем 7° (рисунок 6.13) [128].

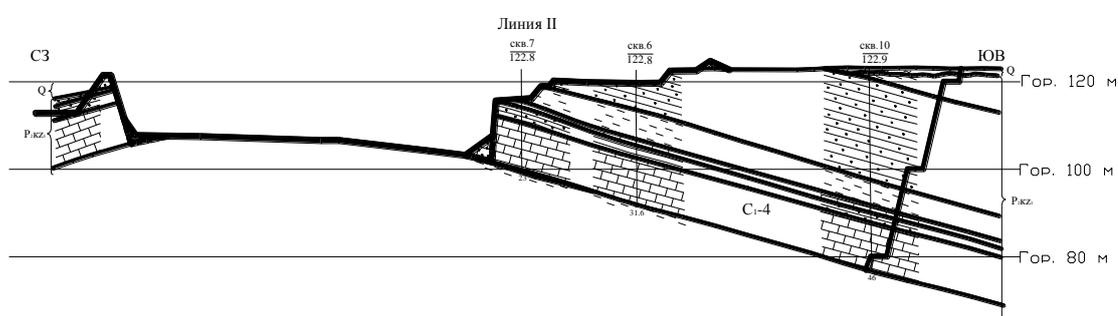


Рисунок 6.13 – Геологический разрез месторождения известняков «Хусаинова Гора»

Мощность вскрышных пород (песчаников, глин, суглинков) колеблется от 3 до 22 м. Месторождение ранее отрабатывалось. Существующий карьер участка недр в длину составляет 765 м, в ширину 200 м. Глубина карьера составляет 17–34 м с абсолютными отметки дна карьера 96,0 м – 112,0 м.

Границы всего лицензионного участка ограничены точками 1, 2, 3, 4, 5 (рисунок 6.14). Точками 1, 1', 4', 5 выделяется месторождение строительного камня, с утверждёнными запасами полезного ископаемого в объёме, равном 1063 тыс. м³.

Прирост запасов возможен за счёт разведки восточного крыла месторождения по падению т. 1', 2, 3, 4, 4'. Однако в связи с пологим падением залежи, одновременно с увеличением запасов строительного камня будет значительно увеличиваться объём вскрышных пород. Следовательно, возникают вопросы обоснованности разведки и последующей добычи камня на данном

участке. А также возникает задача определения экономически целесообразной глубины отработки месторождения.

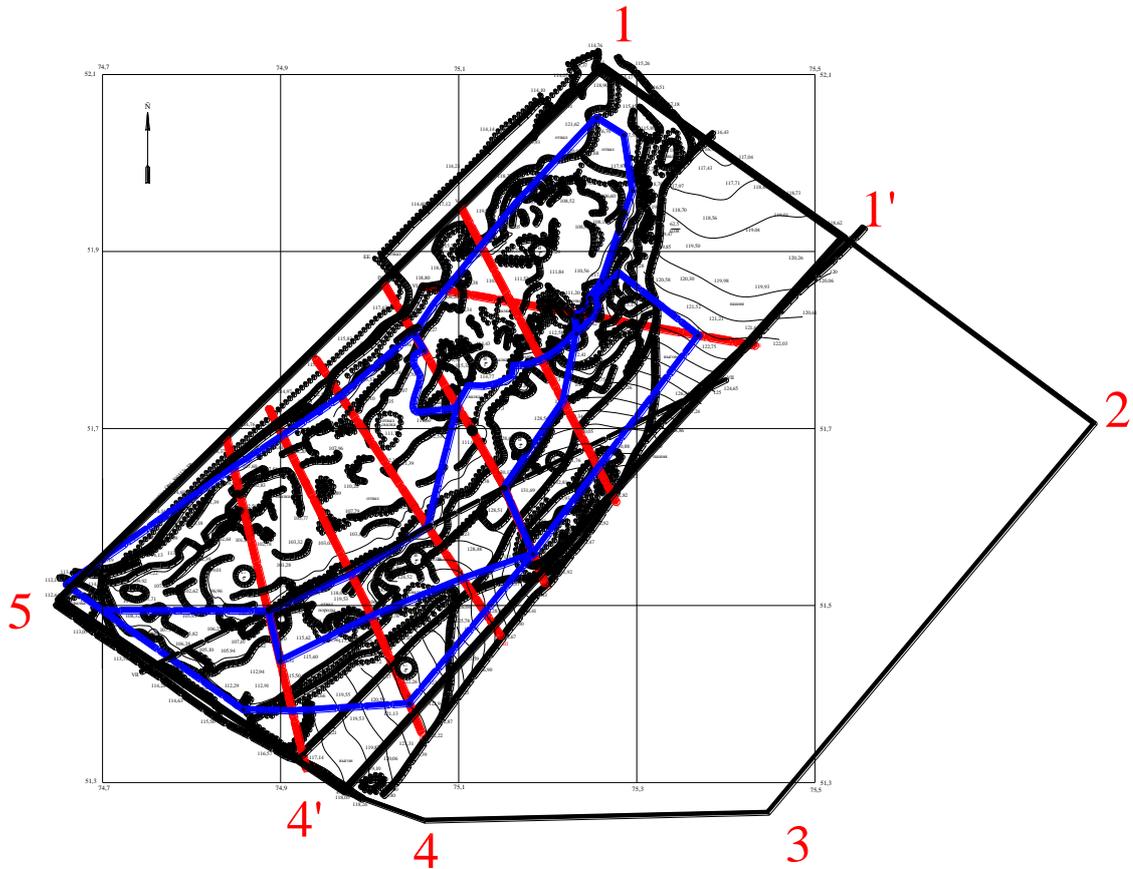


Рисунок 6.14 – Границы лицензионного участка

Расчет предельной глубины карьера произведен по трём методикам (таблица 6.11) с разной величиной допустимой себестоимости добычи C_p . Во втором столбце допустимая себестоимость взята без учета получения прибыли предприятием и рассматривается как теоретически возможная. Таким образом, согласно расчетам, экономически целесообразная глубина отработки составляет от 7 до 40 м.

Таким образом, отработка месторождения экономически целесообразна в границах точек 1, 1', 4', 5. План карьера в границах этого участка представлен на рисунке 6.15.

Увеличение глубины карьера и площади разработки возможно при использовании выработанного карьерного пространства в качестве емкости для складирования промышленных отходов, что позволит компенсировать затраты на ведение вскрышных работ и увеличить объем извлекаемых из недр запасов полезного ископаемого, так как складирование отходов на земной поверхности

влечёт к необходимости выплат за размещение отходов, а также за занимаемый участок земли и включает в себя значительный перечень необходимых норм и условий складирования отходов в зависимости от класса опасности отходов и от геологических условий данного участка земли.

Таблица 6.11 – Определение предельной глубины карьера по существующим методикам

Используемая формула	Глубина разработки месторождения	
	Допустимая себестоимость добычи полезного ископаемого $C_{п} = 160 \text{ руб./м}^3$	Допустимая себестоимость добычи полезного ископаемого $C_{п} = 240 \text{ руб./м}^3$
$H_{гр} = \frac{E_{из} \cdot M \cdot K_{гр}}{ctg\alpha_{л} + ctg\alpha_{в}}$	От 6,9 до 7,8 м	От 17,7 до 19,8 м
$H_{гр} = \frac{2 \cdot M \cdot K_{гр}}{ctg\alpha_{л} + ctg\alpha_{в}}$	От 13,3 до 16,1 м	От 36,6 до 40,9 м
$H_{max} = \frac{1}{2} \cdot M \cdot tg\beta_{max}$	От 32,9 до 36,9 м	От 83,7 до 93,6 м

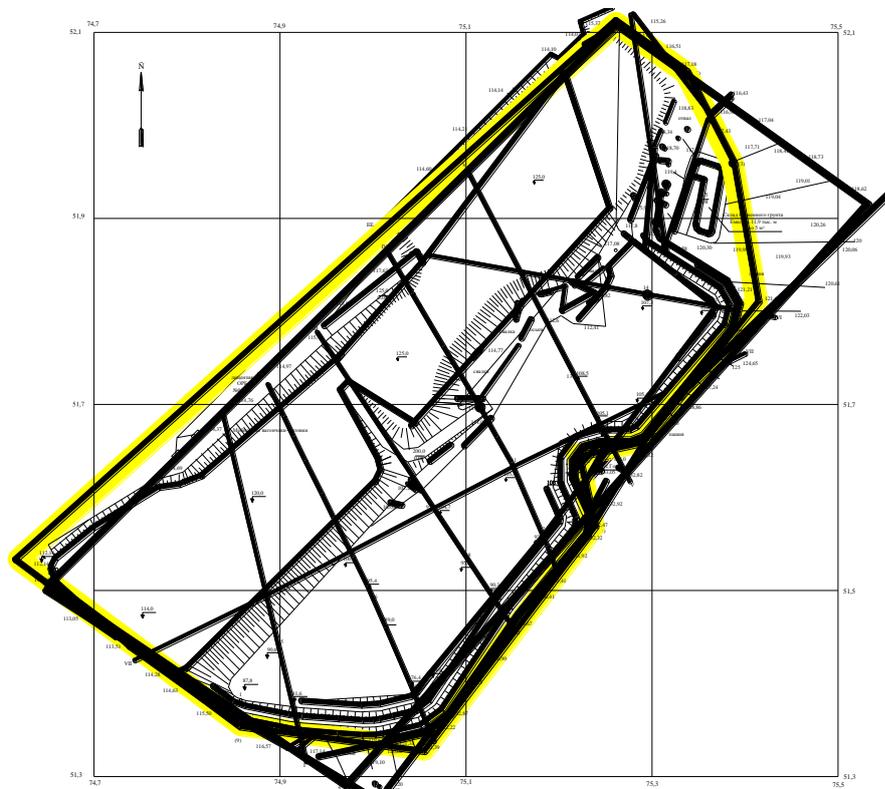


Рисунок 6.15 – План карьера на конец обработки в границах точек 1, 1', 4', 5 с внутренними отвалами

Таким образом, карьер как техногенный георесурс имеет определённую ценность. Расчёт ценности выработанного карьерного пространства представлен в таблице 6.12. Представленные в таблице данные доказывают экономическую целесообразность отработки залежи месторождения «Хусаинова Гора» в границах всего лицензионного участка. Кроме того, решается вопрос с размещением промышленных отходов близрасположенных промышленных предприятий.

Таблица 6.12 – Расчёт ценности выработанного карьерного пространства

Класс опасности отходов	Параметры				Общая ценность выработанного пространства, млн руб.				
	Глубина карьера, м.	Объём карьера, тыс. м ³	Коэффициент вместимости	Стоимость транспортировки, руб./км	Расстояние от источника образования отходов, км				
					0,1	14	45	88	134
Карьер при отработке месторождения в границах точек 1, 1', 4', 5									
III	40	2700	0,7	12	3513	2961	1711	0,0	---
II	40	2700	0,7	12	5321	4769	3519	1808	0,0
Карьер образованный при дальнейшей отработке восточного крыла месторождения									
III	60	6300	0,7	12	8198	6911	4163	0,0	----
II	60	6300	0,7	12	12416	11129	8211	4219	0,0

По существующим методикам определена граничная глубина карьера для месторождения с пологим залеганием полезного ископаемого. При этом часть перспективных к отработке запасов остается за граничными контурами. Доказано, что наиболее полное и экономически целесообразное извлечение запасов возможно при дальнейшем использовании выработанного пространства карьера в качестве емкости для складирования промышленных отходов.

Разработка Лысогорского месторождения кровельных сланцев с применением буровзрывной технологии и алмазно-канатного оборудования

Лысогорское месторождение кровельных сланцев расположено в Белорецком районе Республики Башкортостан, в 15 км на юг от г. Белорецка. Ближайшими населенными пунктами являются пос. Сланцы, расположенный в непосредственной близости от месторождения (0,4–0,6 км) и пос. Сосновка (2,5 км). Верхне-Ятвинский участок Лысогорского месторождения расположен на правом берегу в среднем течении реки Ятвы в полосе филлитовых сланцев.

Лысогорское месторождение расположено среди полосы филлитов на водораздельном увале, вытянутом в юго-западном направлении, между реками Белой и Ятвой. По рельефу месторождение можно отнести к нагорному типу, расположенному на склоне горы Лысая. Наиболее высокая абсолютная отметка горы Лысой – 622 м. Относительное превышение увала над уровнем ближайших рек – от 40 до 120 м.

Район месторождения сложен в основном осадочными и метаморфическими породами. Верхне-Ятвинский участок Лысогорского месторождения находится на правом берегу реки Ятвы в полосе филлитов. В пределах разведанной площади вся полоса филлитов характеризуется большой однородностью. При этом выделяется несколько разновидностей пород, составляющих толщу филлитов:

1. Филлиты (филлитовые сланцы) хлоритовые, хлорито-серицитовые, углекисло-хлорито-серицитовые и кварцево-хлоритовые.
2. Песчаники.
3. Кварцево-карбонатные и кварцевые включения и жилы.

Все филлиты обладают тонкой плейчатостью, придающей им волокнистую текстуру. По степени плейчатости выделяются три разновидности филлитов: грубоволокнистые, средневолокнистые и тонковолокнистые. Филлиты разные по волокнистости могут иметь одинаковый петрографический состав и, наоборот, разные по составу одну и ту же степень гофрированности.

Основной продукцией карьера является сланцевая крошка, которая используется для посыпки при изготовлении рубероидов (гибких кровельных материалов). На Лысогорском месторождении был проведен комплекс экспериментальных работ по добыче блоков с применением алмазно-канатного оборудования и производству кровельного сланца в виде плитки. В ходе испытаний выявлено, что получение продукции для кровельной плитки возможно.

Диверсификация деятельности предприятия, разрабатывающего Лысогорское месторождение с дополнительным производством сланцевой плитки из блоков тонко- и средневолокнистого сланца расширяет номенклатуру

продукции предприятия. В связи с чем разработка сланца предлагается с помощью двух технологий – с применением буровзрывных работ и с применением алмазно-канатного оборудования, которые будут работать параллельно (практически одновременно). С целью применения двух технологий требуются соответствующее обоснование параметров разработки.

Во избежание разрушения пластов сланца, разрабатываемых на плитку, вследствие производства буровзрывных работ предусмотрены следующие мероприятия (рисунок 6.16):

- на расстоянии 10 м в восточном направлении и на расстоянии 5 м в западном направлении от пластов тонко- и средневолокнистых сланцев, предусмотренных к отработке блоками, необходимо формирование сейсмоэкранов (отрезной щели) с помощью специальных зарядов;
- участок массива грубоволокнистых сланцев между отрезной щелью и пластами тонко- и средневолокнистых сланцев необходимо обрабатывать с помощью камнерезного оборудования.

Реализация технологии буровзрывных работ предусматривается с помощью следующего оборудования. Бурение скважин производится буровыми станками УРБ-2А-2Б (диаметр скважины 110 мм), КН-5d (диаметр скважины 110 мм), SANDVIK DP-1500 (диаметр скважины 115 мм). Выемка и погрузка производится экскаватором HYUNDAI L300L с емкостью ковша 1,5 м³ в автосамосвалы грузоподъемностью 20 т. Модели используемых самосвалов: DongFeng, САМС, УРАЛ 63685, МАЗ 6501, КамАЗ 6520.

Параметры системы разработки представлены в таблице 6.13

С целью снижения сейсмического воздействия при рыхлении буровзрывным способом выветрелых сланцев и скальной вскрыши над пластами тонко- и средневолокнистых сланцев предусматривается: применение конструкции скважинного заряда ВВ с нижней частью, демпфирующей распространение сейсмических волн в направлении охраняемого массива сланцев; применение предварительного щелеобразования по контуру взрываемого участка, являющегося сейсмоэкраном; применение неэлектрической системы инициирования, позволяющей снизить массу единовременно взрываемого сосредоточенного заряда

до массы одного скважинного заряда за счет последовательного поскважинного замедления взрывания.

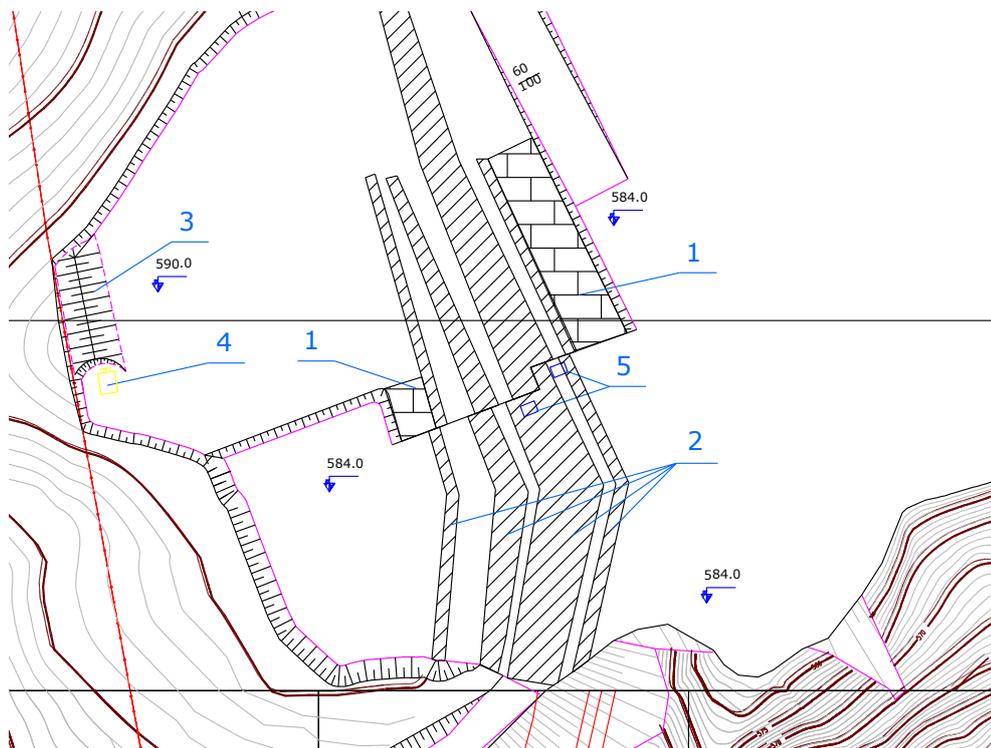


Рисунок 6.16 – Участок месторождения, на котором разработка сланца предполагается двумя способами буровзрывным и с применением алмазно-канатного оборудования: 1 – участок массива грубоволокнистых сланцев, предполагаемый к отработке алмазно-канатным оборудованием; 2 – пласты тонко- и средневолоконистого сланца, разрабатываемые на кровельную плитку; 3 – развал горной массы; 4 – экскаватор

Таблица 6.13 – Технологические параметры рабочей площадки

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	Высота подступа H_y , м	6
2	Длина блока $L_{бл}$, м	80
3	Ширина буровой заходки A_3 , м	12,8
4	Ширина развала взорванной горной массы M	12,6
5	Ширина обочины с нагорной стороны Π_0 , м	1,5
6	Ширина проезжей части $\Pi_{п}$, м	5,0
7	Ширина обочины с низовой стороны с учетом устройства породного вала Π'_0 , м	3,65
8	Ширина полосы безопасности между первым рядом скважин и бровкой уступа Π'_6 , м	2,5
9	Ширина рабочей площадки, м: $\Pi_{рп} = A_3 + M + \Pi_0 + \Pi_{п} + \Pi'_0 + \Pi'_6$	35,05

Заряд для контурного взрывания выполняется в виде гирлянды из рассредоточенных зарядов (патронированное ВВ – аммонит 6ЖВ диаметром 32 мм, патроны ЗКВГ, ЗКВК). Гирлянда привязывается шпагатом к составной рейке; рейка должна вводиться в скважину таким образом, чтобы патроны располагались по оси скважины, не касаясь ее стенок. Расчет основных параметров БВР при создании сейсмоэкранов приведен в таблице 6.14.

Таблица 6.14 – Расчет параметров буровзрывных работ при создании сейсмоэкранов

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Значение
1	Высота экрана	H	м	7,0
2	Диаметр скважины	$d_{\text{скв}}$	м	0,11
3	Диаметр контурного заряда	$d_{\text{зар}}$	м	0,032
4	Расстояние между скважинами в ряду	a	м	0,7
5	Длина забойки в скважине	$L_{\text{заб}}$	м	2,0
6	Длина демпфера	$L_{\text{дем}}$	м	0,5
7	Линейная плотность заряда ВВ, принятая в расчет	$K_{\text{лин}}$	кг/п.м	0,5
8	Интервал замедления	τ	мс	100
9	Число одновременно взрываемых скважин	N_0	ед.	15
10	Длина патрона ВВ	$L_{\text{п}}$	м	0,22
11	Масса патрона ВВ	$q_{\text{п}}$	кг	0,2
12	Насыпная плотность ВВ	γ	кг/м ³	950
13	Длина экрана по верху	$L_{\text{э}}$	м	100
14	Число патронов в заряде	$N_{\text{п}}$	шт.	5
15	Длина рассредоточки между патронами	$L_{\text{расср}}$	м	0,58
16	Длина демпфера	$L_{\text{дем}}$	м	0,5
17	Глубина скважины с учетом демпфера	$L_{\text{скв}}$	м	7,0
18	Длина заряда в скважине	$L_{\text{зар}}$	м	2,1
19	Масса заряда в скважине	q	кг	1,0
20	Плотность заряжения взрывной выработки линейная	P	кг/м	0,76
21	Количество скважин во взрываемом экране	$N_{\text{бл}}$	шт.	142

Расчет параметров буровзрывных работ при рыхлении скального массива сланца выполнен на основе «НТП предприятий промышленности нерудных строительных материалов», «Нормативный справочник по буровзрывным работам».

В проекте принята шахматная сетка расположения скважин. Расчет основных параметров БВР при рыхлении скального массива сланца приведен в таблице 6.15.

Таблица 6.15 – Расчет параметров буровзрывных работ

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Значение
1	Масса заряда в одной скважине	q	м	26,3
2	Высота уступа	$H_{уст}$	м	6
3	Длина скважины	$L_{скв}$	м	7
4	Длина заряда, в том числе:	$L_{зар}$	м	3,1
	– нижней части	$L_{зар1}$	м	2,0
	– верхней части	$L_{зар2}$	м	1,1
5	Длина забойки	$L_{заб}$	м	2,2
6	Длина перебура	$L_{пер}$	м	1
7	Длина рассредоточки	$L_{рас}$	м	1,7
7	Расстояние между скважинами	a	м	2,5
8	Расстояние между рядами скважин	b	м	2,5
9	Расчетный удельный расход ВВ	g	кг/м ³	0,6
10	Масса заряда ВВ на блоке	$Q_{блок}$	кг	3366,4
11	Вместимость 1 п.м. скважины	K	кг/п.м	8,6
12	Плотность заряжения	Δ	кг/м ³	900
13	Диаметр скважины	d	м	0,11
14	Число скважин в ряду	$N_{скв}$		32
15	Число рядов скважин	$N_{ряд}$		4
16	Число скважин в блоке	$N_{бл}^{скв}$		128
17	Длина блока	$L_{бл}$	м	80
18	Число одновременно взрывааемых скважин	$N_{взр}^{скв}$		1

Добыча сланца с применением алмазно-канатных пил будет производиться по следующей схеме:

- 1) бурение технологических скважин, в которые пропускают алмазный контур;
- 2) выполнение пропилов алмазно-канатной пилой, отделяющих монолит от массива;
- 3) опрокидывание отпиленных монолитов на рабочую площадку;
- 4) разделка опрокинутых монолитов на товарные блоки.

Наиболее трудоемкой операцией является бурение технологических скважин вследствие того, что необходимо достичь пересечения вертикальных и горизонтальных скважин, для чего ось бурения станка выставляют по геодезическим приборам. Бурение предусматривается буровой установкой марки

SD-76 с диаметром режущей коронки 87 мм. После пробуривания скважин осуществляется пропускание алмазного контура в скважины и сцепление концов контура с помощью обжимной медной втулки для получения замкнутого контура.

Выполнение пропилов производится алмазно-канатной пилой марки TDI-45 фирмы «Pellegrini».

Опрокидывание отпиленных монолитов на рабочую площадку производится с помощью гидравлических подушек.

Для предотвращения разрушения блока не по естественным трещинам, в месте падения монолита отсыпается амортизационная подушка из штыба и буровой мелочи.

После опрокидывания монолита его необходимо разделить на товарные блоки для чего используется пассировочная установка. После пассировки производится погрузка блоков и некондиционной массы погрузчиком L-534 в автосамосвал КамАЗ 55111 параметры рабочей площадки представлены в таблице 6.16.

Ожидаемый выход кровельной плитки 5%, оставшийся объем предполагается использовать на крошку для посыпки рубероидов, бикростов и др.

Основным требованием к кровельной плитке является толщина.

Таблица 6.16 – Технологические параметры рабочей площадки

№ п/п	Наименование	Значение
1	Высота подступа H_y , м	6
2	Длина добычного блока $L_{бл}$, м	10
3	Ширина блока $Ш$, м	6
4	Радиус черпания на горизонте установки $R_{чу}$, м	10
5	Радиус хвостовой части поворотной платформы R_p , м	3,4
6	Ширина обочины $П_6$, м	1,5
7	Ширина проезжей части $П_п$, м	5,0
8	Площадка для вспомогательного оборудования $П_в$, м	3
9	Ширина предохранительной бермы $П_{пб}$, м	3,7
10	Площадка безопасности	1
11	Ширина рабочей площадки: $Ш_{рп} = Ш + П_р + П_п + 2П_6 + П_т + П_в + П_{пб}$, м	28,6

Наиболее популярной толщиной кровельной плитки, в странах зарубежья является 2,5–3,5 мм, плитка с показателями 10–30 мм может применяться на облицовку фасадов зданий.

Следует учитывать, что в отличие от гибкой кровли (рубероид, бикрост и др.) производство кровельной плитки не связано с добавлением различных химических веществ и реагентов, то есть кровельная плитка является естественным природным материалом, что придает этой продукции более высокую ценность.

*Разработка организационных и технологических рекомендаций для карьера
Лысогорского месторождения*

На основе разработанной в диссертации методики определения потерь полезных ископаемых для месторождений строительного сырья, с учетом горно-геологических условий Лысогорского месторождения, а так же современных рыночных требований относительно качества продукции, обоснованы параметры выемочных блоков и показатели потерь на контактах с кварцевыми включениями. Методика расчета величины потерь учитывает реальные инженерно-геологические условия эксплуатации Лысогорского месторождения, существующую нормативно-методическую базу и требования, предъявляемые к товарной продукции предприятия.

В соответствии с разработанной методикой на вертикальных и наклонных контактах кровельных сланцев с породами (кварцево-карбонатные и кварцевые включения и жилы) величина потерь по блокам определяется как произведение длины по линии контакта на ширину зоны смешивания, с учетом взрывных работ (линейная величина потерь), и на высоту блока (уступа). Элементы показателей потерь кровельных сланцев установлены на основании технико-экономических расчетов.

Расчетные значения линейных величин потерь кровельных сланцев в зависимости от угла наклона контакта при «согласном» и «несогласном» направлении развития горных работ приведены в таблицах 6.17, 6.18.

Таблица 6.17 – Значения линейной величины потерь кровельных сланцев вскрытой части карьера для отдельных участков, на которых выявлены кварцевые жилы (для уступов $h = 6$ м в слое гор. 584 – поверхность)

Номер участка (условный номер одиночной жилы или зоны частых кварцевых жил)	Характеристика включений вскрышных пород, направление отработки относительно падения жилы	Мощность жил, (мощность зоны кварцевых жил), м	Азимут падения, град	Угол падения жилы, град	Азимут простирания, град	Длина простирания, м	Значение линейной величины потерь, м
1	Кварцевая жила, несогласное	0,1-0,15	280	40	-	-	11,6
2	Маломощная жила кварца, несогласное	0,05	-	60	-	-	6,6
3	Кварцевая жила, согласное	0,3-0,4	270	50	180	-	5,4
4	Кварцевая жила, согласное	0,1-0,6	270	50	180	-	5,4
5	Кварцевая жила, согласное	0,1-0,15	-	60	-	-	5,4
6	Зона маломощных частых кварцевых жил, согласное	0,01-0,4 (мощность зоны 4 м)	-	60	200	-	6,6
7	Зона маломощных частых кварцевых жил, согласное	$\leq 0,1$ (мощность зоны 15 м)	-	50	190	-	19,1

* Суммарная линейная величина потерь на один метр простирания залежи на уступе гор. 584 – поверхность, составит не менее 60,1 м от средней ширины контура подсчета запасов (283 м для рассматриваемого участка), величина потерь составит 21,2%.

Таблица 6.18 – Значения линейной величины потерь кровельных сланцев вскрытой части карьера для отдельных участков, на которых выявлены кварцевые жилы (в слое гор. 578-584)

Номер участка (условный номер одиночной жилы или зоны частых кварцевых жил)	Характеристика включений вскрышных пород, направление отработки	Мощность жил, м	Азимут падения, град	Угол падения жилы, град	Азимут простирания, град	Длина простирания, м	Значение линейной величины потерь, м
3	Кварцевая жила	0,3-0,4	270	50	180	150	5,4
4	Кварцевая жила	0,1-0,6	270	50	180	150	5,4
6	Зона маломощных частых кварцевых жил	0,1-0,4 (мощность зоны 12,5 м)	270	58	200	70-80	11,6
7	Зона маломощных частых кварцевых жил	0,15-0,5 (мощность зоны 15 м)	275-295	56-60	190	70-80	19,1

*Суммарная линейная величина потерь на один метр простирания залежи на уступе гор. 578-584, составит не менее 41,5 м от средней ширины контура подсчета запасов (262 м для рассматриваемого участка), величина потерь составит 15,8%.

На основе технико-экономического анализа линейных показателей потерь вскрытой части карьерного поля, а также статистических данных, полученных за период отработки Лысогорского карьера, рекомендуется соблюдение нормативов потерь, представленных в таблице 6.19.

Таблица 6.19 – Нормативы эксплуатационных потерь, образуемые на контактах кровельных сланцев с кварцевыми включениями и жилами по вскрытым горизонтам карьера

Горизонт, м	Потери, %
584-поверхность	21,2
578-584	15,8

На основании выполненных расчетов были даны рекомендации – при планировании годовых объемов горных работ для вскрытых участков месторождения следует учитывать нормативы потерь, которые составляют 21,2% для горизонта 584 м и 15,8% для горизонта 578 м. Для обоснования потерь нижележащих горизонтов необходимы расчеты ширины выемочных блоков и определения потерь на основании дополнительного изучения массива.

Таким образом, учитывая специфику разработки Лысогорского месторождения, требования к качеству сырья, а также недостаточные изученность залегания и точность подсчета объемов кварцево-карбонатных включений, представленные нормативы следует считать временными. При расхождении отчетных статистических данных (то есть фактических потерь на участках с кварцевыми включениями) в последующие годы разработки с принятыми нормативами последние должны быть пересмотрены и утверждены в установленном порядке.

6.3 Оценка экономической эффективности разработанных рекомендаций для горнодобывающих предприятий Урала, Хакасии и Хабаровского края

Разработанные технологические рекомендации внедрены в ряде рудных и угольных месторождений и на карьерах строительных материалов.

На Светлинском карьере компании АО «Южуралзолото Группа Компаний» предложенные рекомендации по параметрам разноса борта карьера с дополнительным вовлечением прибортовых запасов позволили продлить срок отработки карьера на 1-2 года и получить экономический эффект в размере не менее 37 млн руб.

На Буреинском разрезе предприятия АО «Ургалуголь» предложены конструктивные параметры рабочего борта, предусматривающие увеличение ширины рабочих площадок и уменьшение количества рабочих уступов, а также формирование зон временно нерабочих бортов, которые позволили увеличить объем взрывного блока и уменьшить количество перегонов буровых станков и экскаваторов в 2 раза. Кроме того, предложенные решения обеспечили повышение производительности экскаваторов и упрощение планирования горных работ. Экономический эффект от предложенных рекомендаций составил 20 млн руб.

Изменение параметров системы разработки на «Черногорском» разрезе АО «СУЭК с уменьшением высоты вскрышного уступа, отрабатываемого по бестранспортной системе разработки, а также разработка и освоение технологических схем с установкой драглайна на поверхности развала взорванной горной массы, с исключением верхнего черпания, позволили повысить эффективность вскрышного комплекса оборудования, обеспечить выход на заданную производительность по полезному ископаемому и за счет повышения доходности вовлечь в разработку пласты малой мощности, разработка которых до этого была нерентабельной. Полученный экономический эффект составил 30,0 млн руб.

Изменения параметров основных технологических процессов в карьере Агаповского месторождения известняков ПАО «ММК», предусматривающие дополнительное привлечение гидравлических экскаваторов с малой емкостью ковша, а также обоснованная дополнительная переработки известняка на специальных установках обеспечили повышение качества сырья, поставляемого на переработку и получение экономического эффекта в размере 55,0 млн руб.

Совершенствование инфраструктуры предприятия ПАО «Ураласбест», разрабатывающего Баженовское месторождение, в части выполнения основных и вспомогательных технологических процессов оборудованием и персоналом сторонним организациям за счет увеличения качества и количества оказываемых услуг предприятиям по взрыванию горной массы, дроблению негабарита, отбойке штучного камня и спецработам позволило получить экономический эффект в размере 28,0 млн руб.

Обоснование параметров разработки Лысогорского месторождения с учетом технологических решений, обеспечивающих производство дополнительного вида продукции предприятия в виде сланцевой кровельной плитки, позволило получить ежегодный экономический эффект в размере 19 млн руб.

Выполненными исследованиями доказано, что открытая геотехнология должна быть направлена не только на реализацию функции добычи полезных ископаемых, но и на технологическое обеспечение длительного и устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия за счет развития горнотехнической системы комплексного освоения участка недр земли, включающей освоение новых для предприятия видов производственно-хозяйственной деятельности.

Выводы по главе 6

1. Анализ показателей вскрышных комплексов оборудования, организации труда, технологических параметров применяемых систем разработки и горнотехнических условий Черногорского разреза, а также разработка и реализация организационных и технологических рекомендаций по повышению эффективности бестранспортного комплекса позволили повысить среднюю месячную производительность экскаваторов ЭШ-20/90 в пределах от 2 до 20%.

2. Для технологического комплекса на поверхности участка недр Черногорского угольного разреза разработана технология формирования штабеля рядового угля на разгрузочно-перегрузочном пункте из угольных пластов с различными качественными характеристиками, обеспечивающая в

последующем отгрузку угольной горной массы требуемого качества для переработки на обогатительной фабрике и исключая её переизмельчение.

3. Для автомобильно-экскаваторного комплекса разреза «Буреинский» обосновано применение технологической схемы с последовательной отработкой двумя подступами исключительно нижним черпанием, что обеспечивает снижение среднего времени цикла до 6 секунд и увеличение производительности экскаватора Komatsu PC2000 с 8730 до 9570 тыс. м³/смену и 10600 тыс. м³/смену соответственно при отработке верхнего и нижнего подступа. Снижение времени цикла и аварийных ремонтов экскаватора позволяет значительно снизить удельные затраты на выемочно-погрузочные работы. Применение рекомендуемой схемы с нижним черпанием обеспечивает снижение удельных затрат для гидравлического экскаватора типа «обратная лопата» на 12,6%.

4. Для Буреинского угольного разреза в условиях необходимости повышения его производственной мощности обосновано изменение параметров системы разработки, предусматривающее увеличение средней ширины рабочей площадки со 144 до 431 м, уменьшение их количества и увеличение объема взрывного блока с существующего среднего значения 226 тыс. м³ до 450 тыс. м³, что обеспечивает снижение времени, затрачиваемого на перегоны экскаватора Komatsu PC 2000, с 52 до 26 ч в год и повышение производительности всего комплекса горнотранспортного оборудования до 10%.

5. Для условий Лысогорского месторождения, характеризующегося наличием большого количества включений пустых пород и необходимостью полного их исключения из объемов, поставляемых на переработку, обоснованы параметры разработки с нормативом эксплуатационных потерь до 21,2%, обеспечивающем устойчивое функционирование предприятия в условиях рынка.

6. Представленные в диссертации исследования реализованы в проекте разработки Лысогорского месторождения кровельных сланцев, в котором предусмотрено расширение ассортимента продукции и получение сланцевой крошки и сланцевой плитки. Таким образом, параметры горнотехнической системы Лысогорского карьера предусматривают использование двух технологий с применением БВР и с применением алмазно-канатного оборудования.

7. Для Круторожинского месторождения габбро-диабазов, характеризующегося наличием яшмоидов в основном массиве, с целью их сохранения как ценного поделочного камня и обеспечения возможности дальнейшей переработки предложено их складирование в выработанном пространстве карьера с изменением порядка формирования рабочей зоны карьера. Доказано, что продольно-поперечный фронт работ обеспечивает получение наибольшего экономического эффекта от организации внутреннего склада и составит до 564,5 млн руб. на конец отработки.

8. Для условий разработки месторождения известняков «Хусаинова гора» по существующим методикам определена граничная глубина карьера для месторождения с пологим залеганием полезного ископаемого. При этом часть перспективных к отработке запасов остается за граничными контурами. Доказано, что наиболее полное и экономически целесообразное извлечение запасов возможно при дальнейшем использовании выработанного пространства карьера в качестве емкости для складирования рекультиванта в виде промышленных отходов.

9. Выполнена технико-экономическая оценка эффективности комплексного освоения участка недр при обосновании параметров открытой геотехнологии обеспечивающих устойчивость горнодобывающих предприятий, осваивающих месторождения «Светлинское», «Ургальское», «Черногорское», «Баженовское», «Агаповское». Суммарный подтвержденный экономический эффект составил 78,0 млн руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, являющейся законченной научно-квалификационной работой, на основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработана совокупность технологических решений по управлению параметрами устойчивого функционирования горнотехнической системы и комплексного техногенного преобразования и освоения участка недр при открытой геотехнологии в изменяющихся горно-геологических, горнотехнических и рыночных условиях путем оптимизации значений данных параметров по предложенному критерию эффективности, определяемого интегральным показателем всего комплекса производственной деятельности горнодобывающего предприятия, что имеет важное социально-экономическое значение для развития горной промышленности России.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. В результате анализа динамики параметров горнотехнических систем открытой геотехнологии установлено, что при разработке месторождений полезных ископаемых, характеризующейся постоянным усложнением горно-геологических и горнотехнических условий на фоне динамично меняющейся конъюнктуры рынка, необходимо периодическое изменение организационно-технологических решений и параметров техногенного преобразования и освоения участка недр для сохранения эффективности деятельности предприятия. Для компенсации негативных факторов обеспечение эффективности горнодобывающего предприятия достигается развитием различных направлений освоения имеющейся и формируемой ресурсной базы участка недр, включающих повышение объема вовлекаемых в разработку георесурсов, производительности, качества и расширение номенклатуры выпускаемой товарной продукции.

2. Дано развитие научно-методических основ устойчивости функционирования горнодобывающих предприятий с открытой геотехнологией,

базирующееся на повышении комплексности техногенного преобразования и освоения участка недр, которая зависит от структуры и динамики изменения параметров горнотехнической системы в быстроменяющихся условиях недропользования. Доказано, что эффективность и устойчивость функционирования современного горнодобывающего предприятия достигается формированием оптимального и сбалансированного в соответствии с уровнем доходности и затрат комплекса направлений производственной деятельности, учитывающей выпуск расширенной номенклатуры продукции и оказание горнотехнических услуг при использовании природных и техногенных георесурсов, с возможностью гибко изменять объемы их производства за счет заблаговременного формирования горных возможностей.

3. Предложено осуществлять оптимизацию параметров горнотехнической системы на основе разработанной экономико-математической модели выбора параметров комплексного техногенного преобразования и освоения участка недр, учитывающей минимизацию среднеквадратичного отклонения доходности от заданного уровня в диапазоне 5-20% с достижением максимальной эффективности.

4. Произведена систематизация параметров горнотехнической системы по ее основным элементам с выделением показателей и общетехнических характеристик, использованная при разработке методики оперативного управления параметрами горнотехнической системы, учитывающая динамику развития открытых горных работ, что обеспечивает устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях минерально-сырьевого рынка.

5. Доказано, что параметры горнотехнической системы связаны с применяемыми способами организации и управления производственными ресурсами предприятия. Выделены и исследованы следующие способы организации деятельности с использованием: 1 – собственных ресурсов без расширения видов деятельности (базовый); 2 – ресурсов сторонних организаций; 3 – собственных и ресурсов сторонних организаций; 4 – собственных ресурсов и

расширением видов деятельности с оказанием горнотехнических услуг сторонним предприятиям.

6. Исследованиями доказано, что с увеличением линейных параметров и единичной производственной мощности гидравлических экскаваторов возрастает их абсолютная производительность при снижении удельной производительности на 1 м^3 емкости ковша. Таким образом, удельная производительность современных карьерных гидравлических экскаваторов с объемом ковша E_k до $5-6 \text{ м}^3$ превышает в 1,5-2 раза значение этого же показателя у экскаваторов с ковшами вместимостью E_k свыше $20-22 \text{ м}^3$. Соответственно, интенсивность отработки участка активной рабочей зоны карьера гидравлическими экскаваторами с меньшей емкостью ковша на 40-50% выше, чем при использовании экскаваторов с большой емкостью ковша при условии равного суммарного объема емкости ковшей сравниваемых экскаваторов.

7. Доказано, что на ограниченном участке активной рабочей зоны карьера при снижении высоты уступа и уменьшением угла откоса рабочего борта при максимальной концентрации выемочного оборудования достигается увеличение интенсивности отработки в 1,4-1,5 раза с одновременным повышением селективности вынимаемой из массива горной массы до 20%.

8. Установлено, что область эффективного использования гидравлических экскаваторов с емкостью ковша $15-22 \text{ м}^3$ в активной части добычной рабочей зоны ограничена углом откоса рабочего борта в пределах $18-24^\circ$ и высотой уступа до 20-30 м, обрабатываемых подступами. Интенсивность отработки участка при этом в условиях максимальной концентрации оборудования может достигать 15-20 м/месяц на 100 тыс. м^2 . Сопоставимая по значению интенсивность достигается в активной части добычной рабочей зоны с уступами высотой до 5-10 м и результирующим углом его откоса $8-14^\circ$ при максимальной концентрации оборудования с емкостью ковша $2,5-6 \text{ м}^3$. Достижение такой интенсивности при использовании экскаваторов с малой емкостью ковша целесообразно в условиях положительной конъюнктуры рынка полезных ископаемых высокой ценности. При этом обеспечивается возможность снижения

потерь и разубоживания, повышения товарной стоимости продукции за счет селективной выемки или увеличения ее ассортимента и в целом повышение доходности предприятия и полнота освоения запасов.

9. Доказано, что для повышения производительности карьера в условиях разработки пластовых месторождений с пологим залеганием, отрабатываемых автомобильным и экскаваторно-отвальным комплексами оборудования, необходимо повышение интенсивности отработки вскрышных горизонтов путем уменьшения доли объема работ бестранспортной системы, которая ограничивает скорость подвигания вскрышных уступов, в пользу повышения объема работ транспортной системы в доле, прямо пропорциональной повышению объема добычи, с соответствующим изменением конструктивных и геотехнологических параметров горнотехнической системы. Установлено, что при сплошной системе разработки пологопадающих пластов угля средней мощности целесообразно понижение общей высоты вскрышного уступа при бестранспортной системе на 1 м на каждые 200 тыс. т увеличения годовой добычи для условий: производительность по полезному ископаемому более 6 млн т/год, длина фронта работ 3-4 км, удельная годовая производительность комплекса бестранспортной системы 116 тыс. $\text{м}^3/\text{м}^3$ в пересчете на кубометр суммарной емкости ковшей драглайнов.

10. Установлено, что при изменении условий рынка и снижении кондиции на добываемые полезные ископаемые, при реконструкции карьера целесообразно вовлечение прибортовых запасов с уменьшением угла наклона борта карьера на конец отработки относительно значения устойчивого положения откоса, что обеспечивает повышение доходности и продление срока службы горного предприятия. Разработана номограмма определения объема вовлекаемых запасов, учитывающая зависимость между изменением объема прирезаемой горной массы, различных значений углов откоса и их отклонениях в пределах $1-5^\circ$, а также прирост дополнительно вовлекаемых объемов полезных ископаемых рудных месторождений при значениях коэффициента вскрыши в диапазоне от 5 до $10 \text{ м}^3/\text{т}$.

11. Обоснованы технологические решения повышения эффективности комплексного освоения участка недр в условиях необходимости ликвидации деформационных явлений участков верхних горизонтов глубоких карьеров за счет выполаживания угла откоса борта и вовлечения в первоочередную отработку прибортовых запасов данных зон в рамках новых кондиций и соответствующих им параметров открытой разработки. Установлено, что при необходимости повышения устойчивости откоса отдельных участков приоткосного массива целесообразно дополнительное уменьшение результирующего угла верхней части борта карьера на $4-5^\circ$ для условий: высота борта – до 115 м; усредненные физико-механические свойства пород, слагающих массив – $C=0,06$ Мпа, $\varphi=25^\circ$, $\gamma=1,87$ т/м³; коэффициент вскрыши на участке выполаживания до $5,0$ м³/т.

12. Впервые предложен интегральный показатель горных возможностей, учитывающий получение дополнительных доходов от изменения вовлекаемых в разработку запасов, производительности карьера, качества добываемого сырья и номенклатуры товарной продукции, включая объем услуг сторонним предприятиям, рассчитываемый на основе приведения доходности предприятия, в том числе получаемой от развития обозначенных направлений и видов деятельности, к сопоставимому по ценности объему добываемого полезного ископаемого. Отношение этого объема к производственной мощности предприятия определяет значение показателя. Эффективность комплексного освоения участка недр обеспечивается при значении показателя ≥ 1 .

13. Полученные результаты исследований использованы при подготовке рекомендаций и проектных решений по корректировке параметров горнотехнической системы с учетом комплексного освоения участка недр на карьерах «Светлинское», «Ургальское», «Черногорское», «Баженовское», «Агаповское». Подтвержденный экономический эффект при освоении месторождений составил: Черногорское и Ургальское – 50,0 млн. руб. за один год, Баженовское – 28 млн. руб. за период 2021-2023 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдохин, В.М. Обогащение углей. Т. 1. Процессы и машины / В.М. Авдохин. – М.: «Издательство горная книга», 2012. – 424 с.
2. Автоматизированный расчет устойчивости откосов бортов карьеров / И.Т. Мельников, В.Ю. Заляднов, Н.С. Шевцов, Е.В. Павлова, А.Ю. Погорелов, А.Н. Смяткин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2013. – № 2 (42). – С. 8-12.
3. Агошков, М.И. Развитие идей и практики комплексного освоения недр / М.И. Агошков. – М.: ИПКОН АН СССР, – 1982. – 25 с.
4. Айгистов, М.Р. Современные технологии при добыче и переработке алмазосодержащего сырья / М.Р. Айгистов, Е.Н. Герасимов, И.Ф. Бондаренко, И.В. Зырянов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 5-2. – С. 6-21.
5. Арсентьев, А.И. Производительность карьеров / А.И. Арсентьев. – СПб.: Санкт-Петербургский горный ин-т, 2002. – 85 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 / А.И. Арсентьев. Л.: ЛГИ, 1982. – 60 с.
8. Арсентьев, А.И. Развитие методов определения границ карьеров / А.И. Арсентьев, А.К. Полищук Л.: Наука, 1967. – 95 с.
9. Анализ мирового рынка глинозема в 2018-2022 гг, прогноз на 2023-2027 гг. BusinesStat. [https// dusinesStat.ru](https://dusinesStat.ru).
10. Анализ технологии и организации производства, поиск резервов повышения производительности горнотранспортного оборудования в условиях ОГР АО «Ургалуголь»: отчет о НИР: Договор №УРГАЛ-19/148У от 04.03.2019 г. / Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова; рук. В.Ю. Заляднов Магнитогорск, – 2019. – 45 с.

11. Анализ технологических параметров и организации работы вскрышных комплексов разреза «Черногорский» / В.В. Агафонов, Г.Н. Шаповаленко, С.Н. Радионов, В.Ю. Заляднов, Н.С. Биктеева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № S64. – С. 22-35.

12. Архипова, Ю.А. Диверсификация бизнеса интегрированных горно-металлургических компаний как способ снижения рисков в минеральном секторе экономики / Ю.А. Архипова // Финансы и кредит. – 2018. – №30 (318). – С. 35-40.

13. Арынов, А.А. Повышение роли низшей теплоты сгорания как интегрированного показателя качества энергетических углей / А.А. Арынов // Горная промышленность Энергетика. Вестник КарГУ. 2007. – С. 3—34.

14. Бабаев, В.Ю. Диверсификация как инструмент управления развитием предприятия / В.Ю. Бабаев, А.А. Чернорук // Экономика и управление. – 2010. – №4(24). – С. 29-34.

15. Бабкин, А.В. Методы оценки экономического потенциала промышленного предприятия / А.В. Бабкин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2013. – № 1-2 (163). – С. 138-148.

16. Басаргин, А.А. Создание цифровых моделей месторождений полезных ископаемых с применением современных технологий / А.А. Басаргин // Вестник СГГА. – 2014. – № 1 (25). – С. 34-39.

17. Благодатин, А.А. Финансовый словарь / А.А. Благодатин, Л.Ш. Лозовский, Б.А. Райзберг. Москва: ИНФРА-М, 2002. 377 с.; 17 см. (Библиотека малых словарей «ИНФРА-М»).

18. Буйницкий, А.И. Повышение эффективности функционирования бурогоугольного предприятия в условиях изменчивости рыночного спроса: дис. ... канд. техн. наук 05.02.22 / А.И. Буйницкий; ИГД УрО РАН. – Екатеринбург, 2020. – 146 с.

19. Бурмистров, К.В. Выбор комплексов оборудования для производства выемочно-погрузочных работ в стесненных условиях нижних горизонтов

карьер / Бурмистров К.В., Колонюк А.А., Аргимбаев К.Р. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2010. – №1. – С. 22-25.

20. Бурмистров, К.В. Выбор комплексов оборудования для производства выемочно-погрузочных работ в стесненных условиях нижних горизонтов карьеров / К.В. Бурмистров, А.А. Колонюк, К.Р. Аргимбаев // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2010. – №1 (29). – С. 22-25.

21. Бурмистров, К.В. Методология проектирования системы вскрытия в переходные периоды разработки месторождений / К.В. Бурмистров // Труды Международной научно-технической конференции «Комбинированная геотехнология: ресурсосбережение и энергоэффективность», г. Магнитогорск, 2017. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – С. 57-58.

22. Бурмистров, К.В. Обоснование последовательности доработки Круторожинского карьера габбро-диабазов со складированием попутно-добываемых яшмоидов в выработанном пространстве / Бурмистров К.В., Колонюк А.А., Заляднов В.Ю. // Добыча, обработка и применение природного камня: Межвуз. сб. науч. тр. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. Вып. 10. – С. 115-119.

23. Бурмистров, К.В. Обоснование системы вскрытия в переходные периоды разработки месторождений / К.В. Бурмистров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 12 (специальный выпуск 38). Т. 2. – С. 84–94.

24. Бурмистров, К.В. Разработка геотехнологических решений по сохранению устойчивости функционирования горнорудных предприятий путем поэтапного вскрытия запасов глубоких горизонтов при открытой и комбинированной отработке крутопадающих месторождений: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.22 / К.В. Бурмистров; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2022. – 340 с.

25. Валуев, А.М. Об одном подходе к интеграции информации из независимых баз данных в системах автоматизированного управления / А.М. Валуев, А.С. Панкратов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 12. Т. 5. – С. 52-62.

26. Влияние ширины транспортной бермы на технико-экономические показатели карьера / К.В. Бурмистров, И.С. Бурмистрова, А.Н. Шакшакпаев, Н.А. Осинцев // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2014. – №5. – С. 42-45.

27. 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.

28. Выбор стратегии развития горного предприятия с учетом экологических ограничений (на примере месторождения известняка) / А.В. Соколовский, М.А. Терешина, В.А. Пикалов, В.Ю. Заляднов // Горная промышленность. – 2022. – № 4. – С. 75-81.

29. Выбор стратегии развития и параметров системы разработки Мокулаевского месторождения известняков / А. В. Соколовский, В.Ю. Заляднов, Н.Г. Томилина, В.В. Егоров // Горный журнал. – 2021. – № 9. – С. 28-33.

30. Выбор стратегии устойчивого развития горнотехнической системы методом МАВАС / К.В. Бурмистров, С.Е. Гавришев, Н.А. Осинцев, И.А. Пыталев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 4. – С. 268-283.

31. Габитов, Р.М. Управление параметрами и технология формирования отвалов на ограниченных площадях: учеб. пособие / Р.М. Габитов. Магнитогорск: МГМА, 1995. – 100 с.

32. Гавришев, С.Е. Выбор схемы вскрытия глубоких горизонтов карьеров на этапе перехода от открытого к подземному способу доработки месторождений / С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, Н.Г. Томилина // Стратегия развития горно-металлургического комплекса Казахстана: труды

Международной научно-практической конференции. Алматы: КазНТУ им. К.И. Саптаева, 2013. – С. 25–32.

33. Гавришев, С.Е. Интенсивность формирования рабочей зоны глубоких карьеров / С.Е., Гавришев К.В. Бурмистров, А.А. Колонюк Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 187 с.

34. Гавришев, С.Е. Комплексное освоение участка недр земли на основе диверсификации горнодобывающего предприятия / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов // Комбинированная геотехнология: ресурсосбережение и энергоэффективность: материалы IX междунар. научно-практ. конференции. Магнитогорск, 2017. – С. 23-25.

35. Гавришев, С.Е. Методы обеспечения надежности карьеров / С.Е. Гавришев, М.В. Грязнов, А.Н. Рахмангулов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2003. – № 4 (4). – С. 11-16.

36. Гавришев, С.Е. Направления диверсификации деятельности горнодобывающего предприятия / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, Н.С. Биктеева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №7. – С. 5-15.

37. Гавришев, С.Е. Обоснование параметров откосов бортов с учетом реконструкции карьера Светлинского золоторудного месторождения / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 3. – С. 141-152.

38. Гавришев, С.Е. Расширение границ открытой разработки при комплексном освоении участка недр земли / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов // Актуальные проблемы горного дела. – 2016. – № 1. – С. 11-15.

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

40. Галимьянов, А.А. Обоснование параметров открытой технологии разработки сближенных пологих и наклонных угольных пластов: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / А.А. Галимьянов; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Хабаровск, 2016. – 162 с.

41. Галкин, А.М. Исследование некоторых вопросов отстройки бортов и профилактики деформаций уступов рудных карьеров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: / А.М. Галкин. Магнитогорск, 1970. – 24 с.

42. Геотехнические и экологические основы формирования отвалов: учеб. пособие / А.П. Красавин, И.П. Маляров, Р.М. Габитов, З.М. Кашапов. Магнитогорск: МГМА, 1997. – 71 с.

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

44. Глебов, А.В. Методология адаптации параметров горнотехнической системы глубоких карьеров с автомобильно-конвейерным транспортом: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.22 / А.В. Глебов; ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет». – Екатеринбург, 2022. – 322 с.

45. Голик, В.И. Резерв повышения эффективности разработки маломощных рудных месторождений / В.И. Голик, Ю.В. Дмитрак, О.З. Габараев, Д.А. Стадник // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. Т. 331. – № 9. – С. 63-69.

46. Голик, В.И. Тенденции развития минерально-сырьевой базы цветной металлургии России / В.И. Голик, Ю.И. Разоренов, Ю.В. Дмитрак, О.З. Габараев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2019. – № 2. – С. 117-128.

47. Гордеев, В.А. Оценка устойчивости карьерных откосов по методу предельного равновесия. Криволинейные поверхности скольжения / В.А. Гордеев // Известия вузов. Горный журнал. – 2008. – № 2. – С. 54–64.

48. Гордеев, В.А. Сравнительный анализ расчётных поверхностей скольжения в однородных откосах / В.А. Гордеев // Маркшейдерское дело и геодезия: межвуз. сб. науч. трудов. СПб.: СПбГГИ, 1999. – С. 17-21.

49. Горная энциклопедия / гл. ред. Е.А. Козловский; ред. кол.: М.И. Агошков, Л.К. Антоненко, К.К. Арбиев и др. – М.: Сов. Энциклопедия, 1991. Т.4. – 541 с.

50. Горное дело и охрана окружающей среды: учебник для вузов / М.Е. Певзнер, А.А. Малышев, А.Д. Мельков, В.П. Ушань 3-е изд., стер. – М.: Изд-во МГГУ, 2001. – 300 с.

51. Горное дело: Терминологический словарь / под науч. ред. акад. РАН К.Н. Трубецкого, чл.-корр. РАН Д.Р. Каплунова. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Горная книга, 2016. – 635 с. ISB 978-5-98672-435-5 (в пер.).

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

53. ГОСТ 21153.1-75*. Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протоdjяконову.

54. 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>.

55. Грандиозные сооружения человечества. Режим доступа: <https://grandstroy.blogspot.com/2015/05/taum-sauk-hydroelectric-power-station.html>

56. Гуменик, И.Л. Классификация техногенных формирований / И.Л. Гуменик, А.С. Матвеев, А.И. Панасенко // Горный журнал. – 1988. – №12. – С. 53–54.

57. Дабиев, Д.Ф. Оценка инвестиционного потенциала региона с преимущественно минерально-сырьевой ориентацией при различных сценариях освоения минеральных ресурсов / Д.Ф. Дабиев, А.Ф. Чульдум // Фундаментальные исследования. – 2020. – № 12. – С. 57-62.

58. Дадалова, М.В. Управление производственной мощностью на промышленных предприятиях / М.В. Дадалова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 4 (99). – С. 242-247.

59. Демин, А.М. Напряженное состояние и устойчивость отвалов в карьерах / А.М. Демин, О.И. Шулкин – М.: Недра, 1978. – 159 с.

60. Добровольский, А.И. Развитие ОАО «Ургалуголь»: основные направления и результаты / А.И. Добровольский, Г.Л. Феофанов, О.С. Шивырялкина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №10. Специальный выпуск №45– 2. – С. 240-252.

61. Дороненко, Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками / Е.П. Дороненко. – М.: Недра, 1979. – 263 с.

62. Ермошкин, В.В. Рекультивация нарушенных земель и решение экологических проблем в Кемеровской области / В.В. Ермошкин, Т.В. Галанина // Горный журнал. – 2006. – №11. – С.88 – 89.

63. Жариков, С.Н. Совершенствование расчета производительности карьерного экскаватора / С.Н. Жариков // Записки Горного института. – 2018. Т. 229. – С. 56-61.

64. Жмурова, Т.М. Оценка состояния и перспективы развития промышленности нерудных строительных материалов в России и Иркутской области / Т.М. Жмурова, С.А. Медведева // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2016. – № 1 (16). – С 96-105.

65. Жуков, А.Л. Оптимизация параметров рабочих площадок разрезов при подготовке запасов угля к выемке: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / А.Л. Жуков; ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет». – Екатеринбург, 2008. – 140 с.

66. Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 (ред. от 29.12.2022) «О недрах».

67. Заляднов, В.Ю. Внутрипроизводственные резервы по повышению эффективности открытого способа добычи угля в АО «Ургалуголь» /

В.Ю. Заляднов, Н.Г. Караулов // Маркшейдерия и недропользование. – 2022. – № 5 (121). – С. 24-33.

68. Заляднов, В.Ю. Обоснование способов формирования техногенных георесурсов при открытой разработке железорудных месторождений: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / В.Ю. Заляднов; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск. 2005. – 130 с.

69. Заляднов, В.Ю. 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.

70. Заляднов В.Ю. Оценка устойчивости функционирования горнотехнической системы открытой геотехнологии на основе интегрального показателя горных возможностей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2024. Т. 22. – №2. – С. 5-13.

71. Заляднов В.Ю. Стратегии повышения эффективности комплексного освоения участка недр при открытой геотехнологии / В.Ю. Заляднов, К.В. Бурмистров, С.Е. Гавришев, Г.В. Михайлова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 4. – С. 400-412.

72. Заляднов, В.Ю. Управление «отходами» горного производства с целью снижения ресурсоемкости процессов открытой геотехнологии / В.Ю. Заляднов, Н.А. Осинцев, А.В. Цыганов // Материалы 63 НТК по итогам НИР за 2003-2004 гг. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. – С. 184-187.

73. Заляднов, В.Ю. 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.

74. Зельберг А.С. Современные и перспективные технологии при разработке месторождений алмазов / А.С. Зельберг, И.В. Зырянов, И.Ф. Бондаренко // Горная промышленность. – 2019. – № 3 (145). – С. 26-31.

75. Изменение способа вскрытия карьера на различных этапах отработки крутопадающих месторождений / С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, А.А. Колонюк, В.А. Кидяев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №8. – С. 225–228.

76. Изменение схемы вскрытия глубоких горизонтов карьеров при открыто-подземной разработке железорудных месторождений / С.Е. Гавришев, В.Н. Калмыков, К.В. Бурмистров, В.А. Кидяев // Сталь. – 2014. – №4. – С. 4–8.

77. Изыскание эффективных вариантов отработки железорудных месторождений Бакальского рудного поля / С.Н. Корнилов, С.Е. Гавришев, В.Н. Калмыков, А.А. Гоготин, О.В. Петрова, И.А. Пыталев // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 1 (37). – С. 5-10.

78. Интенсификация разноса северного борта карьера «Малый Куйбас» для увеличения объемов добычи руды до 2,4 млн т в год: отчет о НИР (заключ.): Тема № 2008-16 / Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова; рук. С.Е. Гавришев; исполн.: В.Ю. Заляднов [и др.]. Магнитогорск, 2009. – 61 с.

79. Исайченков, А.Б. Новые достижения ОАО «Разрез Тугнуйский» / А.Б. Исайченков // Уголь. – 2011. – №11. – С. 20-22.

80. Исследование устойчивости бортов Главного карьера Высокогорского рудоуправления: отчет о НИР / ИГД МЧМ СССР; рук. Зотеев В.Г. Свердловск, 1978. – 97 с.

81. Истомин, В.В. Ресурсопроизводящие функции открытых горных работ / В.В. Истомин // Экологические проблемы горного производства, переработка и размещение отходов. – М.: 1995. – С.115-120.

82. Кайнов, А.И. Обоснование способов и показателей концентрации горных работ на угольных разрезах с большегрузным автомобильным транспортом: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / А.И. Кайнов; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2015. – 162 с.

83. Кандубко, А.П. Особенности и классификация систематических и несистематических рисков инвестирования / А.П. Кандубко, А.М. Колесников //

Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2013. – №4(175). – С. 105-112.

84. Канзычаков, С.В. Обоснование режима и направлений развития горных работ на угольных разрезах в условиях изменчивости внешней среды: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / С.В. Канзычаков; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2013. – 187 с.

85. Кантемиров, В.Д. Основные тенденции производства железорудного сырья в России / В.Д. Кантемиров, Р.С. Титов, А.М. Яковлев // Горная промышленность. – №1 (137). – 2018. – С. 72–74.

86. Каплунов, Д.Р. Комбинированная геотехнология / Д.Р. Каплунов, В.Н. Калмыков, М.В. Рыльникова. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 560 с.

87. Каплунов, Д.Р. Комбинированная разработка рудных месторождений / Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова – М.: Горная книга, 2012. – 344 с.

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

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

90. Качурин, Н.М. Обоснование параметров экскаваторно-автомобильных комплексов на угольных разрезах с учетом фактора надежности / Н.М. Качурин, Е.В. Курехин, В.В. Мельник // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 1-1. – С. 239-250.

91. Качурин, Н.М. Технология селективной выемки маломощных угольных пластов сложного строения гидравлическими экскаваторами / Н.М. Качурин, Е.В. Курехин, В.В. Мельник // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 1-1. – С. 224-238.

92. Кашапов, З.М. Разработка технологии управляемого формирования отвальных массивов в выработанном пространстве глубоких карьеров: автореф. дис. ... канд. тех. наук 05.15.03 / З.М. Кашапов; Казахский политехн. ин-т. – Магнитогорск, 1992. – 151 с.

93. Ковалевский, В.А. Разработка технологии отвалообразования при засыпке глубоких карьеров: дис. ... канд. тех. наук: 05.15.08 / В.А. Ковалевский; Криворож. горноруд. ин-т. – Кривой рог, 1990. – 145 с.

94. Комплексное использование сырья и отходов / Б.М. Равич, В.П. Окладников, В.Н. Лыгач. – М.: Химия, 1988. – С. 59-61.

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

96. Кондратьев, В.Б. Глобальный рынок меди / В.Б. Кондратьев, В.В. Попов, Г.В. Кедрова // Горная Промышленность. – 2019. – №3 (145). – С. 80-87. DOI: <http://dx.doi.org/10.30686/1609-9192-2019-3-145-80-87>

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

98. Косолапов, А.И. К вопросу управления качеством угля при разработке бурого угольных месторождений Красноярского края / А.И. Косолапов, Д.С. Снетков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 8. – С. 110-116.

99. Кузнецова, В.Н. Анализ эффективности работы одноковшового экскаватора / В.Н. Кузнецова, В.В. Савинкин // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2014. – № 6 (40). – С. 26-33.

100. Кузнецова, Т.С. Обоснование параметров карьеров при комбинированной разработке крутопадающих месторождений: дис. ... канд. тех. наук: 25.00.22, 25.00.20 / Т.С. Кузнецова; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2003. – 178 с.

101. Кулецкий, В.Н. Разработка комплекса решений по формированию угольного разреза нового технико-технологического уровня: дис. ... канд. техн.

наук: 25.00.22 / В.Н. Кулецкий; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2013. – 159 с.

102. Котлер, Ф. Основы маркетинга. Краткий курс: пер. с англ. / Ф. Котлер. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 656 с.

103. Кулецкий, В.Н. Совершенствование планирования горных работ с использованием критериев и показателей эффективности и безопасности производства / В.Н. Кулецкий, А.И. Каинов, А.М. Макаров // Уголь. – 2014. – №3. – С. 73-75.

104. Колонюк, А.А. Метод конструирования и схемы расконсервации временно нерабочих бортов / А.А. Колонюк, Н.А. Осинцев, К.В. Бурмистров // Материалы 63-й науч.-техн. конференции по итогам НИР за 2003-2004 гг. Магнитогорск: МГТУ, 2004. – С. 188-192.

105. Лазич, Ю.В. Тенденции и проблемы развития металлургической отрасли России / Ю.В. Лазич, И.Н. Попова // BENEFICIUM. 2020. 2(35). С 16-24.

106. Максаковский, В.П. Географическая картина мира. Кн. I. Общая характеристика мира / В.П. Максаковский. М, 2008. – 495 с.

107. Маляров, И.П. Разработка техногенных месторождений: монография / И.П. Маляров, А.В. Сизиков, Л.З. Биишев. Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 147 с.

108. Мельников, Н.Н. Аспекты устойчивости горнопромышленного комплекса страны / Н.Н. Мельников // 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.

109. Мельников, И.Т. Аналитико-машинный метод оценки устойчивости бортов карьеров / И.Т. Мельников // Горный журнал. Известия вузов. – 1977. – №5. – С. 41-44.

110. Мельников, Т.И. Нахождение критических центров поверхностей скольжения с минимальными коэффициентами устойчивости откосов / Т.И. Мельников, И.Т. Мельников // Гидротехническое строительство. – 1977. – № 7. – С. 37-39.

111. Методика определения производительности выемочно-погрузочных машин на карьерах с автомобильным транспортом. Ч. II. Метод расчета технической производительности / С.Г. Молотилов, В.И. Ческидов, В.К. Норри, А.А. Ботвинник // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2009. – № 1. – С. 54-72.

112. Методика расчета резерва рабочего времени персонала угледобывающего предприятия для его развития / В.А. Галкин, А.М. Макаров, С.И. Захаров, М.Н. Полещук // Известия Уральского горного университета. – 2019. Вып. 2 (54). – С. 134-145.

113. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра). Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году.

114. Наговицын, О.В. Автоматизированные инструменты инженерного обеспечения горных работ в системе MINEFRAME / О.В. Наговицын, С.В. Лукичев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 7. – С. 184-192.

115. Национальная идея России. В 6 т. Т. 5. / В.И. Якунин и др. – М.: Научный эксперт, 2012. – 696 с.

116. ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». ГОП. Рудник. Капремонт. Рекультивация Западного карьера г. Магнитной : рабочий проект. Магнитогорск: ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ», 2003.

117. Обеспечение необходимой производительности карьера «Малый Куйбас по руде при расконсервации его бортов: отчет о НИР (заключ.): Тема № 2003-7 / Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова; рук. Гавришев С.Е.; исполн.: Заляднов В.Ю. [и др.]. Магнитогорск, 2003. – 104 с.

118. Обоснование варианта вскрытия и направления транспортирования горной массы на Северо-Круторожинском месторождении диабазов / К.В. Бурмистров, В.Ю. Заляднов, Г.В. Михайлова, З.Р. Даутбаев, А.В. Крутикова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2017. Т.1. – С. 15-18.

119. Обоснование дополнительных финансовых инвестиций в изучение свойств горных пород / И.Т. Мельников, В.Ю. Заляднов, Е.В. Павлова, Д.П.

Плотников // Материалы XII Национальной конференции с международным участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых / Editorial board: Prof. DSc. Stoyan Hristov (Chairman), Prof. Dr. Petar Daskalov, Dr. Eng. Kremena Dedelyanova, Dr. Eng. Konstantin Georgiev. 2013. – С. 419-425.

120. Обоснование параметров и технологии формирования внутренних отвалов для сокращения работы автомобильного транспорта в период реконструкции карьера «Малый Куйбас»: отчет о НИР (заключ.): Тема № 2006-50 / Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова; рук. Гавришев С.Е.; исполн.: Заляднов В.Ю. [и др.]. Магнитогорск, 2006. – 59 с.

121. Обоснование параметров карьерных транспортных коммуникаций на различных этапах разработки месторождения / К.В. Бурмистров, И.С. Бурмистрова, А.Д. Кольга, А.Н. Шакшакпаев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №4 (специальный выпуск 15). – С. 140–146.

122. Обоснование параметров разработки Лысогорского месторождения кровельных сланцев / С.Е. Гавришев, А.Н. Рахмангулов, К.В. Бурмистров, В.Ю. Заляднов // Горный журнал. – 2018. – №12. – С. 42-46.

123. Обоснование развития логистической системы Светлинского карьера с учетом перспектив перехода на комбинированную геотехнологию / М.В. Рыльникова, К.И. Струков, Р.В. Бергер, Е.Н. Есина // Горная промышленность. – 2019. – № 6 (148). – С. 106-111.

124. Обоснование рациональных параметров рабочей зоны при отработке разреза «Буреинский» / А.Б. Исайченков, Е.И. Леонов, А.В. Кутовой, А.А. Галимьянов, В.Ю. Заляднов, Н.Г. Караулов // Уголь. – 2020. – №11. – С. 22-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2020-11-22-28>.

125. Обоснование способов комплексного использования мраморного сырья / Г.Д. Першин, Г.А. Караулов, Н.Г. Караулов, А.Г. Караулов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2007. – № 1. – С. 31-35.

126. Обоснование стратегии развития горнодобывающих предприятий на основе анализа доходности и риска при аутсорсинге и диверсификации /

В.Ю. Заляднов, С.Е. Гавришев, Г.В. Михайлова, С.С. Кадеров, Н.В. Коваленко // Горная промышленность. – 2021. – № 4. – С. 134-139.

127. Обоснование схемы вскрытия и направления развития горных работ при реконструкции карьеров по добыче строительного камня / С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, В.Ю. Заляднов, Г.В. Михайлова // Горный журнал. – 2018. – №1 (2246). – С. 27-32.

128. Обоснование увеличения параметров карьера при отработке пологих залежей полезного ископаемого на примере месторождения «Хусаинова гора» / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, Е.В. Павлова, А.Ю. Погорелов //Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 71-й межрегиональной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, – 2013. Т.1. – С. 31-34.

129. Обоснование эффективных параметров комбинированного открыто-подземного способа разработки угольных месторождений / В.А. Пикалов, А.В. Соколовский, В.Н. Василец, К.В. Бурмистров, В.Ю. Заляднов // Горный журнал. – 2016. – № 1. – С. 67-72.

130. Определение параметров безопасного производства взрывных работ на нагорных карьерах вблизи коммуникаций / В.Х. Пергамент, К.В. Бурмистров, М.П. Овсянников, З.Р. Даутбаев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. – №3. – С. 45–50.

131. 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.

132. Определение, учет и нормирование потерь кровельных сланцев при их добыче в Лысогорском карьере: отчет о НИР: Тема № 2015-08 / Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова; рук. Гавришев С.Е.; исполн.: Заляднов В.Ю. [и др.]. Магнитогорск, 2015. – 24 с.

133. 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. 5–7.

134. Опыт создания организационно-технологических условий для установления мирового рекорда производительности экскаватора в АО «Ургалуголь» / А.И. Добровольский, Е.И. Леонов, А.В. Кутовой, В.Ю. Заляднов // Уголь. – 2019. – № 9 (1122). – С. 12-16.

135. Опыт создания организационно-технических условий для эффективной эксплуатации оборудования большой единичной мощности / А.Б. Килин, В.А. Азев, Г.Н. Шаповаленко, С.Н. Радионов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №S62. – С. 146-152.

136. Опыт создания усреднительного склада на разрезе «Черногорский» для эффективной работы обогатительной фабрики / Г.Н. Шаповаленко, С.Н. Радионов, В.В. Горбунов, В.Ю. Заляднов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №S39. – С. 76-82.

137. Организационно-технологические решения повышения качества поставляемого на переработку сырья и снижения ресурсоемкости горного производства / В.В. Агафонов, В.Ю. Заляднов, М.Э. Юсупов, Н.С. Биктеева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №12 (специальный выпуск 64). – С. 56-68.

138. Организационные и технологические решения по повышению эффективности вскрышного комплекса разреза «Черногорский» / Г.Н. Шаповаленко, С.Н. Радионов, В.В. Горбунов, В.А. Хажиев, В.Ю. Заляднов, М.Э. Юсупов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № S64. – С. 36-48.

139. Осинцев, Н.А. Безопасность транспортно-технологических процессов открытых горных работ: монография / Н.А. Осинцев Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 115 с

140. Осинцев, Н.А. Факторы устойчивого развития транспортно-логистических систем / Н.А. Осинцев, Е.В. Казармщикова // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2017. – №1. – С. 13-21.

141. Особенности и перспективы реализации проекта федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов» / М.В. Рыльникова, А.И. Перепелицын, О.В. Зотеев, И.Л. Никифорова // Горная промышленность. – 2020. – № 1. – С. 132-139.

142. О системе непрерывных улучшений производственных процессов в ООО «СУЭК-Хакасия» / А.Б. Килин, В.А. Азев, А.Н. Кузнецов, Д.С. Сенаторов, В.А. Хажиев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №10 (специальный выпуск 29). – 12 с.

143. Открытые горные работы: справочник / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Веницкий, Н.Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

144. Отчет по научно-исследовательской работе «Технико-экономическое обоснование варианта развития горных работ и направления транспортирования горной массы на Северо-Круторожинском месторождении габбро-диабазов и диабазов» / ФГБОУ ВО «МГТУ». Магнитогорск, 2017.

145. 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: материалы 69-й научно-технической конференции. – 2011. – № 69. – С. 3-6.

146. Оценка общей устойчивости бортов Сибайского карьера при отработке законтурных запасов руды подземным способом / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, Т.С. Кравчук, Е.В. Павлова, А.Ю. Погорелов // Маркшейдерское и геологическое обеспечение горных работ: сб. науч. трудов по материалам международной научно-практической конференции / под ред. С.Е. Гавришева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – С. 155-162.

147. Оценка устойчивости бортов Сибайского карьера при отработке законтурных запасов руды: отчет о НИР: Договор №б/н от 28.05.2012 г. / Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова; рук. Гавришев С.Е.,; исполн.: Заляднов В.Ю. [и др.]. Магнитогорск, 2012. – 47 с.

148. Оценка устойчивости откосов бортов и отвалов с учетом реконструкции карьера Светлинского золоторудного месторождения: отчет о НИР: Договор №б/н от 08.04.2019 г. / Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова; рук. Гавришев С.Е.; исполн.: Заляднов В.Ю. [и др.]. Магнитогорск, 2019. – 45 с.

149. Павлова, Е.В. Обоснование параметров карьеров при комплексном освоении природных и техногенных георесурсов: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22, 25.00.21 / Е.В. Павлова; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2013. – 157 с.

150. Пергамент В.Х. Критические скорости и параметры буровзрывных работ / В.Х. Пергамент //Сборник научных трудов «Инженерные методы управления действием взрыва». Вып. 89. Магнитогорск, 1971. – С. 40-47.

151. Першин, Г.Д. Выбор способа подготовки высокопрочного камня к выемке с учетом условий залегания природных трещин в массиве / Г.Д. Першин, Н.Г. Караулов, М.С. Уляков // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 1. – С. 111-121.

152. Пески Прикамья – потенциальные техногенные месторождения / В.А. Наумов, Б.С. Лунев, О.Б. Наумова, О.А. Мишанов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2010. Т. 15. – № 2. – С. 636-639.

153. Петренко, И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за 2021 год / И.Е. Петренко // Уголь. – 2022. – № 3. – С. 9-23. doi: 10.18796/0041-5790-2022-3-9-23.

154. Петренко, И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь – июнь 2022 года / И.Е. Петренко // Уголь. – 2022. – № 9. – С. 7-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-7-22>.

155. Петренко, И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь – март 2022 года / И.Е. Петренко, В.К. Шинкин // Уголь. – 2022. – № 6. – С. 6-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-6-16>.

156. Пешков, А.А. Управление развитием горных работ на глубоких карьерах / А.А. Пешков; под ред. акад. К.Н. Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН, 1999. 321 с.

157. Пешков, А.М. Обоснование требований к качеству руд и техногенного сырья при комплексном освоении медноколчеданных месторождений Урала: дис.... канд. техн. наук: 25.00.21 / А.М. Пешков; ИПКОН РАН. Москва, 2014. – 160 с.

158. Плакиткин, Ю.А. Угольная промышленность России в условиях низкоуглеродной энергетики и санкционных ограничений / Ю.А. Плакиткин, Л.С. Плакиткина, К.И. Дьяченко // Индустрия Евразии. – 2022. – № 1-2(2). – С. 56-62.

159. Повышение эффективности разработки угольного разреза за счет оптимизации технологических параметров в сложных горно-геологических условиях / А.И. Добровольский, Е.И. Леонов, А.В. Кутовой, В.Ю. Заляднов, Н.Г. Караулов, М.Э. Юсупов // Уголь. – 2019. – №10 (1123). – С. 72-78. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-72-78>.

160. Помельников, И.И. Состояние и перспективы развития железорудной промышленности в условиях «медвежьего рынка» / И.И. Помельников // Горная промышленность. – 2015. – №5 (123). – С 18.

161. Пономаренко, Т.В. Анализ проблем реализации горных стратегических инвестиционных проектов в современных российских условиях / Т.В. Пономаренко, Е.А. Хан-Цай // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2016. – № 6 (88). – С. 12.

162. Попов, Д.В. Обоснование технологических параметров разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / Д.В. Попов; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2020. – 154 с.

163. Попов, С.И. Устойчивость бортов рудных карьеров: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.00.00 / С.И. Попов. – М.: МГИ, 1960. – 46 с.

164. Потапов, В.П. Геоинформационная база данных по угольной промышленности Кузбасса / В.П. Потапов, С.Е. Попов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. Отд. вып. – № 7. – С. 29-43.

165. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах: утв. Госгортехнадзором РФ 16.03.98. СПб.: ГосНИИ горной механики и маркшейдерского дела, 1998. – 208 с.

166. Просекин, Б.А. Цифровые технологии трехмерного моделирования горных работ на Приаргунском горно-химическом объединении / Б.А. Просекин // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2009. – № 3 (34). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.credo-dialogue.com/journal/all_numbers/%E2%84%96-3\(34\).aspx](http://www.credo-dialogue.com/journal/all_numbers/%E2%84%96-3(34).aspx).

167. Пыталев, И.А. Обоснование параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.22, 25.00.21 / И.А. Пыталев; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2019. – 349 с.

168. Развитие системы информирования персонала о причинах и последствиях отказов оборудования / В.А. Азев, И.Н. Сухарьков, В.И. Арикулов, В.Ю. Заляднов, В.А. Хажиев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №S64. – С. 49-55.

169. Развитие технологии и организации производства в условиях кризиса / Г.Н. Шаповаленко, С.В. Тесемников, Э.А. Косьяненко, А.С. Довженок // Уголь. – 2015. – №2. – С. 36-38.

170. Райзберг, Б.А. Современный экономический словарь / Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. 2-е изд., испр. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 479 с.

171. Разработка группы угольных пластов с валовым рыхлением вскрышных пород / А.И. Добровольский, А.А. Галимьянов, Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №10. Специальный выпуск №45-1. – С. 424-432.

172. Ракишев, Б.Р. Вскрытие карьерных полей и системы открытой разработки: учебник / Б.Р. Ракишев. – Алматы, 2012. – 319 с.

173. Распоряжение Правительства РФ от 29.07.2014 № 1398-р (ред. от 24.11.2015) «Об утверждении перечня моногородов».

174. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 года № 1523-р «Об утверждении энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года». Глава IV, п.1.

175. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 июня 2020 года №1582-р «Об утверждении Программы развития угольной промышленности России на период до 2035 года». Глава III, п.1.

176. Рахмангулов, А.Н. Железнодорожные транспортно-технологические системы: организация функционирования: монография / А.Н. Рахмангулов, П.Н. Мишкурин, О.А. Копылова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – 300 с.

177. Ревазов, М.А. Горная энциклопедия / М.А. Ревазов; под ред. Е.А. Козловского. – М.: Советская энциклопедия, 1984—1991.

178. Реконструкция участка открытых работ шахты «Ургал» (разрез «Буреинский») на Ургальском каменноугольном месторождении с увеличением мощности до 3,0 млн тонн угля в год / ОАО «УРГАЛУГОЛЬ». Проектная документация. ГИПРОШАХТ. Санкт-Петербург, 2014.

179. Репин, Н.Я. Подготовка горных пород к выемке. Ч. 1: учеб. Пособие / Н.Я. Репин, Л.Н. Репин – М.: Мир горной книги; Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2009. – 188 с.

180. Ржевский, В.В. Открытые горные работы. Ч. I. Производственные процессы: учебник для вузов / В.В. Ржевский. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 509 с.

181. Ржевский, В.В. Открытые горные работы. Ч. II / В.В. Ржевский. – М.: Недра, 1985. – 549 с.

182. Роль организации производства при техническом перевооружении / А.И. Кукаренко, В.В. Ломовцев, А.В. Дьяконов, И.Г. Шестаков, В.А. Хажиев и др. // Уголь. – 2011. – № 6. – С. 70-72.

183. Рыжов, С.В. Обоснование структуры производственной мощности золотодобывающего предприятия на различных этапах развития открытых горных работ / С.В. Рыжов, М.В. Рыльникова // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2020. Вып. 1. – С. 458-470.

184. Рыльникова, М.В. Развитие нормативной базы в области обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов / М.В. Рыльникова, О.В. Зотеев, И.Л. Никифорова // Горная промышленность. – 2018. – № 3 (139). – С. 95.

185. Рыльникова, М.В. Условия и принципы устойчивого развития горнодобывающих предприятий в период повышенных рисков и глобальных вызовов / М.В. Рыльникова // Горная промышленность. – 2022. – №3. – С. 69–73.

186. Сады Бутчартов. Режим доступа: <http://www.tourist-area.com/botanicheskie-sadi/cadi-butchartov>.

187. Саканцев, Г.Г. Внутреннее отвалообразование на глубоких рудных карьерах / Г.Г. Саканцев. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 225 с.

188. Салиенко, Е.К. Статистический анализ развития угольной промышленности в Российской Федерации: автореферат дис. ... канд. эконом. наук 08.00.12 / Е.К. Салиенко; Мос. гос. ун-т экономики, статистики и информатики. – М., 2012. – 22 с.

189. Свид. 2011613970. Автоматизированный расчёт параметров устойчивости откосов горнотехнических сооружений / И.Т. Мельников, С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, И.А. Пыталев; правообладатель ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2011. – №1. – С. 17.

190. 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.

191. Снетков, Д.С. Обоснование технологии и направления развития горных работ для управления качеством угля на разрезах : автореф. дис. ... канд. техн. наук 25.00.22 / Д. С. Снетков; Ин-т горного дела, геологии и геотехнологии. – Красноярск, 2010. – 18 с.

192. Совершенствование организации производства – ключевой фактор повышения эффективности работы карьеров / В.И. Ганицкий, А.М. Макаров, В.А. Пикалов, В.Н. Лапаев, А.В. Соколовский // Горный журнал. 2009. № 11. С. 34-36.

193. Советский энциклопедический словарь. 3-е изд. – М.: Сов. Энциклопедия, 1985. 1600 с.

194. Современные тенденции разработки угольных месторождений / К.В. Бурмистров, В.Ю. Заляднов, В.В. Якшина, З.Р. Даутбаев, И.С. Бурмистрова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2015. Т. 1. – С. 3-6.

195. Совершенствование конструкции заряда в условиях разреза «Буреинский» / Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский, А.И. Добровольский, А.А. Галимьянов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 4. – С. 337–340.

196. Справочник взрывника / под общ. ред. Б.Н. Кутузова. – М.: Недра, 1988.

197. Стимулирование персонала к повышению эксплуатационной надежности горного оборудования / А.И. Кукаренко, С.Т. Грибанов, И.И. Емец, И.В. Марьясов, В.А. Хажиев // Комплексное освоение месторождений полезных ископаемых: сборник научных трудов. Магнитогорск, 2012. – С. 165.

198. Струков, К.И. Концепция стратегии освоения золоторудных месторождений Южного Урала инновационными геотехнологиями / К.И. Струков, Р.В. Бергер, М.В. Рыльникова // Горная промышленность. – 2019. – № 3 (145). – С. 21-24.

199. Сытаева, Э.М. Проблемы развития минерально-сырьевой базы общераспространенных полезных ископаемых республики Башкортостан / Э.М. Сытаева, Н.Р. Галимов, Г.А. Данукалова // Геология. Известия отделения наук о Земле и природных ресурсов. – 2016. – №22 – С. 61-69.

200. Татаринцева, О.С. Переработка природного камня в теплоизоляционные материалы / О.С. Татаринцева, Б.И. Ворожцов // Горный журнал. – 2000. – №4 – С. 62-63.

201. Техничко-экономическое обоснование варианта развития горных работ и направления транспортирования горной массы на Северо-Круторожинском месторождении габбро-диабазов и диабазов: отчет о НИР (заключ.): Тема № 2016-34 / ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»; рук. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В.; исполн.: Заляднов В.Ю. [и др.]. Магнитогорск, 2017. 172 с. № АААА-А16-116112810038-2.

202. Техничко-экономические показатели горных предприятий за 1990-2006 гг. / сост. А.И. Павлов и др. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2007. – 389 с.

203. Титова, А.В. К диверсификации рудодобывающего комплекса как направления развития экономической системы депрессивного типа / А.В. Титова, В.И. Голик // Горная промышленность. – 2020. – № 6. – С. 112–117. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-6-112-117.

204. 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.

205. Токмурзин, О.Т. Определение предельной высоты плоских откосов в однородной среде / О.Т. Токмурзин // Известия вузов. Горный журнал. – 1978. – № 5. – С. 18–21.

206. 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.

207. Томаков, П.И. Рациональное землепользование при открытых горных работах / П.И. Томаков, В.С. Коваленко. – М.: Недра, 1984. 213 с.

208. 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.

209. Трубецкой, К.Н. Геоэкология освоения недр и экогеотехнологии разработки месторождений / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко – М.: ООО «Научтехлитиздат»; 2015. – 360 с.

210. Трубецкой, К.Н. Определение области применения способов разработки крутопадающих залежей с использованием заранее сформированного выработанного пространства карьера / К.Н. Трубецкой, А.А. Пешков // Горный журнал. – 1994. – №1 – С. 51-52.

211. Трубецкой, К.Н. Проектирование карьеров: учебник для вузов. В 2 т. / К.Н. Трубецкой, Г.Л. Краснянский, В.В. Хронин 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. Т. I. 519 с.: ил.

212. Трубецкой, К.Н. Развитие новых направлений в комплексном освоении недр / К.Н. Трубецкой. – М.: ИПКОН АН СССР, 1990. 11 с.

213. Трубецкой, К.Н. Состояние и перспективы развития открытых горных работ в XXI веке / К.Н. Трубецкой, М.В. Рыльникова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S45-1. – С. 21-32.

214. Труфанов, Д.В. Комплексное использование пород вскрыши / Д.В. Труфанов, В.Ф. Щупановский, В.А. Смирнов // Горный журнал. – 1997. – №5-6 – С. 62-64.

215. Уймин, А.Г. Облачные технологии в организации базы данных горногеологической информационной системы / А.Г. Уймин, В.И. Суханов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 5. – С. 340-343.

216. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов», утвержденные Приказом Ростехнадзора от 13.11.2020, № 439.

217. Федеральная программа переработки техногенных образований свердловской области // Известия вузов. Горный журнал. – 1997. – №11/12 (спец. вып.).

218. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Динамика промышленного производства в январе 2022 года.

219. Федотенко, В.С. Обоснование параметров и разработка технологии эффективного перехода к отработке мощных угольных месторождений высокими вскрышными уступами: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.22, 25.00.21 / В.С. Федотенко; Москва. Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук. Москва, 2018. – 300 с.

220. Федотов, К.В. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов / К.В. Федотов, Н.И. Никольская – М.: Горная книга, 2012. – 536 с.: ил. (Обогащение полезных ископаемых).

221. Фелениус, В. Статика грунта / В. Фелениус. – М.: Госстройиздат, 1933.
222. Фисенко, Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов / Г.Л. Фисенко. – М.: Недра, 1965. – 378 с.
223. 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.
224. Формирование технологических схем безопасной работы карьеров / А.В. Цыганов, Н.А. Осинцев, С.Е. Гавришев, А.Н. Рахмангулов Магнитогорск, 2014. С. 134.
225. Холодняков, Г.А. Границы открытой разработки комплексных месторождений / Г.А. Холодняков. Л.: ЛГИ, 1986. – 82 с.
226. Хоютанов, Е.А. Цифровое моделирование сложноструктурного месторождения / Е.А. Хоютанов // Проблемы горной науки: взгляд молодых ученых: материалы научной конференции молодых ученых и специалистов ИГДС СО РАН, посвящ. памяти академика РАН Н. В. Черского, г. Якутск, 7 февр. 2012 г. Якутск : Изд-во ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2013. С. 118-123.
227. Хуан, Я.Х. Устойчивость земляных откосов / Я.Х. Хуан; пер. с англ. В.С. Забавин; под ред. В.Г. Мельника. – М.: Стройиздат, 1988. 2– 40 с.
228. Цена хромовой руды на мировом рынке – график [Электронный ресурс]. URL: <https://metallplace.ru/price-index/ruda/khromovaya/> (дата обращения 5.07.2021).
229. Шкурат, Н.П. Применение геоинформационных систем для геологического моделирования / Н.П. Шкурат, Е.В. Мельникова // Геология, география и глобальная энергия. – 2010. – № 4 (39). – С. 40-44.
230. Шуляков, А.Д. О производстве высококачественного кубовидного щебня / А.Д. Шуляков // Строительные материалы. – 2017. – № 7. – С. 56–59.
231. Эрикссон, М. Обзор мирового рынка железной руды за 2019–2020 годы / М. Эрикссон, А. Лёф, О. Лёф // Горная промышленность. – 2021. – №1. – С. 74–82. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-74-82.

232. Юн, А.Б. Разработка и обоснование параметров горнотехнической системы комплексного освоения Жезказганского месторождения в условиях восполнения выбыющих мощностей рудников: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.22, 25.00.21 / А.Б. Юн; Национальный исследовательский технологический университет МИСиС. Москва, 2016. – 333 с.

233. Яковлев, В.Л. Горная наука экологическим проблемам / В.Л. Яковлев, Г.М. Чайкина, М.М. Конорев // Урал: наука, экология. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 426 с.

234. Ярошук, О.Н. Развитие метода выбора рационального направления рекультивации земель, нарушенных горными работами / О.Н. Ярошук, Е.И. Хабарова, В.А. Светлосанов // Безопасность жизнедеятельности. – 2006. – №12. – С. 24-29.

235. Andrea Bedottia. Modelling and energy comparison of system layouts for a hydraulic excavator / Andrea Bedottia, Mirko Pastoria, Paolo Casolia // 73rd Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association (ATI 2018), 12–14 September 2018, Pisa, Italy. Pp. 26 -33. DOI.org/10.1016/j.egypro.2018.08.015.

236. Argimbaev K.R., Ivanova M.A. Calculation Coefficient of Strength Decrease of the Rock Mass Fragments in the Shotpile. Research journal of applied sciences. 2016. №11. Pp. 245-250.

237. Argimbaev K. R., Matveyevich Yakubovskiy M. Economic substantiation of a quarry usage and an overburden dumps, considering the disposal of industrial waste in them // World Applied Sciences Journal. 2014. T. 29. № 12. С. 1621-1625.

238. Argimbaev, K.R. Simulation of rock mass stress-strain behavior using the method of equivalent materials during ore deposit open-pit mining / K.R. Argimbaev // Research Journal of Applied Sciences. – 2016. Т. 11. – № 9. – P. 894-899.

239. Assessment and prediction of slope stability in the kentobe open pit mine / Besimbaeva O.G., Khmyrova E.N., Nizametdinov F.K., Oleinikova E.A. // Journal of Mining Science. – 2018. Т. 54. – № 6. – P. 988-994.

240. Aurelia Rybak. Analysis of work efficiency in hard coal mining in Poland. / Aurelia Rybak, Ewelina Włodarczyk // CBU international conference on innovations in science and education march 21-23, 2018, Prague, Czech Republic Pp. 417-423. DOI:10.12955/cbup.v6.1192.

241. Benchmarking of mining companies extracting hard coal in the Upper Silesian Coal Basin / Michal Vaněk, Petr Bora, Ewa Wanda Maruszewska, Alena Kašparková // *Resources Policy*, Volume 53, September 2017, Pages 378-383. DOI: 10.1016/j.resourpol.2017.07.010.

242. Burmistrov, K.V. Selection of Open-Pit Dump Trucks during Quarry Reconstruction / Burmistrov K.V., Osintsev N.A., Shakshakpaev A.N. // *Procedia Engineering*, – 2017. – Vol. 206. – P. 1696-1702.

243. Burmistrov, K.V., Osintsev, N.A., Shakshakpaev, A.N. Selection of Open-Pit Dump Trucks during Quarry Reconstruction (2017) *Procedia Engineering*, 206, pp. 1696-1702.

244. Cheskidov, V.V. Integrated monitoring of engineering structures in mining / Cheskidov V.V., Lipina A.V., Melnichenko I.A. // *Eurasian Mining*. – 2018. – № 2. – P. 18-21.

245. *Coal Production and Processing Technology*, edited M.R. Riazi, Rajender Gupta // Taylor&Francis Group, LLC, – 2016, – P. 535.

246. Cost analysis of material handling systems in open pit mining: Case study on an iron ore pre-feasibility study // *The Engineering Economist* · October 2016.

247. Diversification for sustainable development in rural and regional Australia: How local community leaders conceptualise the impacts and opportunities from agriculture, tourism and mining / Evonne Miller, Kimberley Van Megen & Laurie Buys // *Rural Society*. – 2012. V. 22, – P. 2-16.

248. Effective control and performance measurement of solid waste backfill in coal mining / J. X. Zhang, X. J. Deng, X. Zhao, F. Ju & B. Y. Li // *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, Volume 31, Issue 2, 09 Feb 2016, Pages 91-104. DOI.org/10.1080/17480930.2015.1120384.

249. End-wall Slope Stability Analysis of Surface Coal Mine under the Combined Open-pit Mining with Underground Mining / H. Peng, Qingxiang Cai, Li Ma, Wenliang Tang // *EJGE*. – 2014. Vol. 19. Bund. A. – P. 185–194.

250. Felipe, Arteaga. The equipment utilisation versus mining rate trade-off in open pit mining / Felipe Arteaga, Micah Nehring & Peter Knights // *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, Volume 32, Issue 7. 27 Mar 2017. Pages 495-518. DOI.org/10.1080/17480930.2017.1306674.

251. Fourie G.A., Dohm G.C. Open pit planning and design // Surface Mining 2nd ed. / Bruce A. Kennedy. Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc., – 1990. – P. 1274-1301.

252. Golik, V.I. Economical efficiency of utilization of allied mining enterprises waste / Golik V.I., Khasheva Z.M., Shulgatyi L.P. // The Social Sciences (Pakistan). – 2015. T. 10. – № 6. – C. 750-754.

253. Hindistan, M.A. Geostatistical coal quality control in longwall mining / M.A. Hindistan, A.E. Tercan, B. Unver // International journal of coal geology. 2010. № 81. Pp. 139-150.

254. <https://ru.tradingeconomics.com/commodity/copper>

255. <http://www.slanets.ru/articles/shale-mining-in-russia>

256. Ingham J. Geomaterials Under the Microscope: A Colour Guide - Manson Publishing Ltd., 2010. 192 p. ISBN: 978-1-84076-132-0.

257. Justification of Logistical System Development at Svetlinskiy Open-Pit Mine with Account for Potential Transition to Combined Open Cast and Underground Mining Methods / Rylnikova M.V., Strukov K.I., Berger R.V., Esina E.N. // Mining Industry Journal (Gornay Promishlennost). – 2019. Vol. 148. – No.6. – C. 106-111.

258. Kaerbek Rafkatovich Argimbaev, Matvey Matveevich Yakubovskiy, Marina Arkadyevna Ivanova, 2015. Design justification of drainage and anti filter facilities of the tailings at various methods of their constructions. International Journal of Ecology and Development, 30 (2), 76-85.

259. Life cycle inventory analysis of granite production from cradle to gate // The International Journal of Life Cycle Assessment 19(1):156-165 · January 2014.

260. Matvey Matveevich Yakubovskiy, Kaerbek Rafkatovich Argimbaev, Marina Arkadyevna Ivanova, 2015. Constructions investigation of ore transfer points within mining limits while developing the deep pit. International Journal of Ecology and Development, 30 (1), 76-85.

261. Mining entities and their values from semi-structured documents in business process outsourcing / Chinnappa Guggilla, Ankit G. Pandey, Krishna Kummamuru, Madhura Shivaram // CoDS-COMAD '18: Proceedings of the ACM India Joint International Conference on Data Science and Management. – 2018. – P. 282-288.

262. Oliver, M.A. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modeling variograms and kriging / M.A. Oliver, R. Webster // *Catena*. 2014. № 113. Pp. 56-69.

263. Ozhigin, S. Method of computing open pit slopes stability of complicated-structure deposits / Ozhigin S., Ozhigina S., Ozhigin D. // *Inzynieria Mineralna*. – 2018. T. 2018. – № 1 (41). – C. 203-208.

264. Palka, D., Stecuła, K. Concept of technology assessment in coal mining. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, 261, 012038, Pp. 1-8. DOI:10.1088/1755-1315/261/1/012038.

265. Patterson, S.R. An integrated model of an open-pit coal mine: improving energy efficiency decisions / Patterson S.R., Kozan E., Hyland P. // *International Journal of Production Research*, 54(14), 2015. Pp. 4213–4227. DOI: 10.1080/00207543.2015.1117150

266. Patterson, S.R. Energy efficient scheduling of open-pit coal mine trucks / Patterson S.R., Kozan E., Hyland P. // *European Journal of Operational Research* Volume 262, Issue 2, 16 October 2017, Pages 759-770. DOI.org/10.1016/j.ejor.2017.03.081.

267. Performance evaluation of outsourcing decision using a BSC and Fuzzy AHP approach: A case of the Indian coal mining organization / Mousumi Modaka, Khanindra Pathakb, Kunal Kanti Ghosh // *Resources Policy*. – 2017. V.52. – P. 181-191.

268. Philip Kotler. *Marketing Essentials*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1984. 356 p.

269. Pershin, G.D. Selection of high-strength dimension stone cutting method, considering natural jointing / Pershin G.D., Karaulov N.G., Ulyakov M.S. // *Journal of Mining Science*, 2015, Vol. 51, No. 1, pp. 129–137.

270. Prusek, Stanisław. Increasing Productivity– a Way to Improve Efficiency of Operational Management in Hard Coal Mines / Prusek Stanisław, Turek Marian, Dubiński Józef, Jonek-Kowalska Izabela // *Archives of Mining Sciences* 63 2018, 3, Pp. 567-581. DOI 10.24425/123675.

271. Rakhmangulov, A. Selection of open-pit mining and technical system's sustainable development strategies based on mcdm Sustainability // Rakhmangulov A., Burmistrov K., Osintsev N. // *Sustainability*. – 2022. T. 14. – № 13. – C. 8003.

272. Robotic transport complex of automotive vehicles for handling of rock mass at the process of open cast mining / Kolga A., Rakhmangulov A., Osintsev N., Śladkowski A., Stolpovskikh I. // *Transport Problems*. – 2015. – №2. – C. 109-116.

273. Slope stability assessment, considering underground mining of ore reserves in open pit walls and floor at Sibay deposit / Gavrishev, S.E., Zoteev, O.V., Zalyadnov, V.Yu. // *Gornyi Zhurnal*, – 2016, (5), – P. 53–58.

274. The state of outsourcing in the Canadian mining industry / Baljir Baatartogtokh W. Scott Dunbar, Dirkvan Zyl // *Resources Policy*. – 2018. V. 59. – P. 184-191.

275. Vann, J. Turning geological data into reliable mineral resource estimates. In: Davies, T., and Vann J., *The Estimation and Reporting of Resources and JORC: The Role of Structural Geology* // *AIG Bulletin 42m The Australian Institute of Geoscientists (Perth)*. 2005. Pp. 9-16.

276. Webber, T. Using borehole geophysical data as soft information in indicator kriging for coal quality estimation / T. Webber, J.F. Leite Costa, P. Salvadoretti // *International journal of coal geology*. 2013. № 112. Pp. 67-75.

277. Yakubovskiy, M.M. Investigation of the Quarry Transfer Points Influence on Reduction of Mining Operations / Yakubovskiy M.M., Argimbaev K.R., Ivanova M.A. // *World Applied Sciences Journal*. – 2014. T.30. – №10. – C. 1401-1403.

278. Yousef, Ghorbani. A review of sustainable development in the Chilean mining sector: past, present and future / Yousef Ghorbani, Seng How Kuan// *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, Volume 31, Issue 2, 28 Jan 2016, Pages 137-165. DOI.org/10.1080/17480930.2015.1128799.

Приложение А



2024 г. № 0/4.38

УТВЕРЖДАЮ:

Директор по производственным операциям



Г.Л. Феофанов

2024 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования Заляднова В.Ю.
«Разработка методики учета влияния внутренних и внешних факторов
развития горнотехнических систем на динамику параметров открытой
геотехнологии»
на разрезах АО «УРГАЛУГОЛЬ»

1. Перечень внедренных решений

Обоснование параметров горнотехнической системы разреза, обеспечивающих повышение эффективности комплекса горнотранспортного оборудования за счет освоения внутрипроизводственных резервов предприятия.

2. Новизна организационно-технологических решений

Выявлены значительные внутрипроизводственные резервы предприятия, освоение которых позволяют, при повышении качества организации и технологии процессов повысить производительное время работы экскаваторов и автосамосвалов в 1,3-1,5 раза. Для освоения выявленных внутрипроизводственных резервов разработан план организационно-технологических мероприятий по повышению эффективности открытого способа добычи на АО «Ургалуголь».

Для разреза «Буреинский» обоснована необходимость изменения применяемой на предприятии технологической схемы разработки развала взорванной горной массы, предусматривающей установку экскаватора на промежуточной площадке. Установлено, что применение технологической схемы отработки развала с постоянной установкой экскаватора на верхней площадке обрабатываемого подступа открывает ряд преимуществ. Одним из преимуществ является исключение верхнего черпания, которое

сопровождается повышенными нагрузками на рабочий орган экскаватора, что приводит к аварийным ремонтам и простоям. Кроме того, как показал хронометраж, при работе только с нижним черпанием снижается время цикла экскаватора, повышается производительное время и в целом эффективность его работы не смотря на значительное увеличение объема вспомогательных бульдозерных работ.

Применение рекомендуемой технологической схемы с последовательной отработкой двумя подступами исключительно нижним черпанием обеспечивает снижение среднего времени цикла и увеличение производительности экскаватора (Komatsu PC2000) с 8730 тыс.м³/смену до 10600 тыс.м³/смену, соответственно при отработке верхнего и нижнего подступа. Снижение времени цикла и аварийных ремонтов экскаватора позволяет значительно снизить удельные затраты на выемочно-погрузочные работы. Применение рекомендуемой схемы с нижним черпанием обеспечивает снижение удельных затрат, связанных с экскавацией горной массы на 12,6 %.

В условиях изменения внешних факторов и сопутствующих внутренних технических и организационных преобразований предприятия, обоснована целесообразность технологических изменений в части адаптации параметров системы разработки под новые условия. Предложены новые конструктивные параметры рабочего борта позволяющие: увеличить параметры рабочей площадки, увеличить объем взрывного блока, повысить эффективность работы экскаваторов и предприятия в целом.

Предложенные изменения конструктивных параметров борта карьера предусматривают увеличение ширины рабочих площадок вдоль простирания пласта со 144 м до 400 м и уменьшение количества рабочих уступов с 13 до 8, а также формирование зон временно нерабочих бортов. Предложенные параметры позволяют увеличить объем взрывного блока с 226 тыс. м³ до 450 тыс. м³ и уменьшить количество перегонов буровых станков и экскаваторов в 2 раза. Кроме того, предложенные решения обеспечивают увеличение общей скорости бурения, уменьшение вероятности отказов взрывной сети и упрощение планирования горных работ.

3. Место внедрения

Буреинский и Правобережный угольные разрезы АО «Ургалуголь».

4. Время работы после внедрения

Начало внедрения предложенных организационно-технологических решений по повышению производительности разреза 2018 г.

Окончание работ по использованию предложенных решений зависит от конъюнктуры рынка и дальнейшей необходимости повышения эффективности производства.

5. Экономическая эффективность

Суммарный экономический эффект от применения предложенных решений составил не менее 20,0 млн. руб.

Приложение Б



ОБЩЕСТВО
С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«СУЭК-ХАКАСИЯ»

РОССИЯ, 655162, РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ,
Г. ЧЕРНОГОРСК, УЛ. СОВЕТСКАЯ, Д. 40
ТЕЛ. (39031) 5-58-70, 5-58-71
ФАКС (39031) 5-58-76, 5-58-77
E-MAIL: SmirnovaOA@suek.ru

WWW.SUEK.RU

№ _____

на № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. генерального директора
ООО «СУЭК-Хакасия», д.т.н.

В.А. Азев

05 2024 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования Заляднова В.Ю.
«Разработка методики учета влияния внутренних и внешних факторов развития
горнотехнических систем на динамику параметров открытой геотехнологии»
на разрезе «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия»

Комиссия в составе:

Председатель: директор разреза Черногорский, ООО «СУЭК-Хакасия», к.т.н.
Шаповаленко Г.Н.

Члены комиссии:

Заместитель технического директора по перспективному планированию

ООО «СУЭК-Хакасия» Арикулов В.И.;

Заместитель технического директора по операционным улучшениям

ООО «СУЭК-Хакасия» Руденко Я.С.

1. Перечень внедренных решений

Обоснование параметров горнотехнической системы разреза для увеличения его производительности с планомерным уменьшением доли бестранспортной системы разработки. Разработка и освоение технологических схем с установкой драглайна на поверхности развала взорванной горной массы, с исключением верхнего черпания.

2. Новизна организационно-технологических решений

Для горно-геологических и горнотехнических условий освоения Черногорского угольного месторождения, обрабатываемого различными комплексами оборудования с комбинированной системой разработки, при повышении его производственной мощности и интенсивности обработки вскрышных горизонтов, доказана целесообразность уменьшения доли объема работ с использованием менее затратной бестранспортной системы, при которой не обеспечивается требуемая скорость подвигания уступов, в пользу повышения доли объема транспортной системы, с соответствующим изменением параметров горнотехнической системы.

На момент проведения исследований было установлено, что увеличение годового объема добычи разреза сдерживается интенсивностью подвигания фронта, обрабатываемого по бестранспортной системе. В ходе исследований было доказано, что повышение скорости возможно за счет уменьшения высоты вскрышного уступа, обрабатываемого драглайнами. При этом доля вскрыши, обрабатываемая по

бестранспортной системе, уменьшается. Так с увеличением фактического годового объема добычи на разрезе в 1,4 раза за пять лет доля вскрыши, отрабатываемая комплексом драглайнов, уменьшилась в 2,2 раза, с 42% до 19 % от всего объема вскрыши. Таким образом, с одной стороны использование драглайнов снижает стоимость вскрышных работ, а с другой стороны является ограничивающим звеном в повышении производственной мощности разреза.

В результате моделирования повышения годовой производительности разреза установлено, что не смотря на увеличение стоимости производства вскрышных работ, связанное с уменьшением доли работ бестранспортного комплекса, за счет повышения объемов добычи доходность предприятия увеличивается.

Так установлено, что для повышения производственной мощности разреза, при вскрытии пластов средней мощности, целесообразно понижение общей высоты вскрышного уступа, отрабатываемого по бестранспортной системе, на 1 м на каждые 200 тыс. т увеличения годовой добычи для условий: производительность по полезному ископаемому более 6 млн.т/год, длина фронта работ 3-4 км.

Уменьшение среднего по фронту значения высоты уступа, отрабатываемого по бестранспортной системе разработке, позволяет уменьшить время цикла работы шагающих экскаваторов и повысить их удельную производительность. Так же, для повышения эффективности бестранспортного комплекса разработаны следующие мероприятия:

- применение на вскрышных уступах пласта Великан-1 экскаваторов ЭШ-20/90 вместо ЭШ-10/70, что позволяет снизить параметры по глубине черпания и высоте разгрузки, и соответственно снизить время цикла и повысить производительность экскаваторов;

- освоение технологических схем с установкой экскаватора на поверхности развала взорванной горной массы, с исключением верхнего черпания, что так же позволяет повысить его эффективность;

- использование на развале взорванной горной массы мощного бульдозера (100 т) для снижения объема верхнего черпания экскаватора и для подготовки «полки» и трассы для дальнейшего использования экскаватора.

3. Место внедрения

Черногорский угольный разрез ООО «СУЭК-Хакасия».

4. Время работы после внедрения

Начало внедрения предложенных организационно-технологических решений по повышению производительности разреза 2017 г.

Окончание работ по использованию предложенных решений зависит от конъюнктуры рынка и дальнейшей необходимости наращивания годовой производительности.

5. Экономическая эффективность

Суммарный экономический эффект от применения предложенных решений за один год составил не менее 30,0 млн. руб.

Директор разреза Черногорский



Г.Н. Шаповаленко

Приложение В



ПРОМТЕХВЗРЫВ

624261, Свердловская область,
г. Асбест, ул. Промышленная, 4/3
тел./факс: (34366) 44-433

17.04.2024 № 06.04/2-19

На № _____ от _____



Промышленное производство с 1889 года

УТВЕРЖДАЮ:

Директор предприятия

«Промтехвзрыв»

ПАО «Ураласбест», к.т.н.

В.Б. Алексеенко

2024 г.



АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования Заляднова В.Ю.
«Разработка методики учета влияния внутренних и внешних факторов развития
горнотехнических систем на динамику параметров открытой геотехнологии»
на комбинате ПАО «Ураласбест»

1. Перечень внедренных решений

Совершенствование инфраструктуры предприятий ПАО «Ураласбест» в части выполнения основных и вспомогательных технологических процессов оборудованием и персоналом сторонним организациям для повышения устойчивости функционирования горнотехнической системы комбината.

2. Новизна организационно-технологических решений

Определена общая цель предприятий «Промтехвзрыв» (ПТВ) и «Рудоуправление» (РУ), которая не ограничивается потребностями ПАО «Ураласбест» в повышении времени производительной работы экскаваторов и сокращении себестоимости процессов экскавации на производственных площадках комбината, но и заключается в том числе в обеспечении требуемого качества и объемов производства взрывчатых веществ и взрывания горной массы как для собственного использования, так и для внешних клиентов (сторонних предприятий).

Изменение параметров и целевых показателей горнотехнической системы с формированием инфраструктуры предприятий ПАО «Ураласбест» на основе обеспечения заинтересованности структурных подразделений в повышении качества и количества оказываемых услуг для комбината и внешних клиентов позволило сформировать у персонала интерес в непрерывном поиске и освоении резервов повышения качества производственных процессов. Совершенствование инфраструктуры и технологических процессов предприятия стало возможным за счет реализации следующих мероприятий:

- Создана постоянно действующая рабочая группа в составе 30 человек из руководителей и специалистов ПТВ и РУ, занимающаяся повышением вовлеченности работников и улучшением производственных процессов:

- Организована систематическая деятельность рабочей группы: еженедельно – не менее двух раз в неделю результаты рабочей группы по совершенствованию организационной структуры ПТВ и РУ рассматриваются и корректируются на совещаниях с директором и главным инженером предприятия;

- Совместно с дирекцией по управлению персоналом комбината разработаны показатели, увязывающие величину прибыли, приносимой участком взрывания горной массы и участком транспортирования взрывчатых веществ с величиной заработной платы работников этих участков;

- Разработаны и освоены чек-листы оценки качества приемо-передачи смены между машинистами буровых станков;

- Опробованы изменения в технологии бурения, позволяющие снизить потери производительного времени буровых станков из-за обводненности скважин;

- Разработаны и освоены системы учета списания запасных частей для буровых станков, позволяющие с приемлемой точностью прогнозировать требуемый объем их неснижаемого запаса для исключения простоев станков в ожидании поставки запасных частей;

- Обоснованы и осваиваются показатели качества услуг, оказываемых подразделениями по эксплуатации и ремонту оборудования ПТВ и РУ, обеспечивающие деятельность этих подразделений на условиях рыночных взаимодействий.

Оценка технико-экономических показателей работы предприятия ПТВ в 2023г. после освоения мероприятий, направленных на вовлечение персонала в процесс повышения уровня организации буровзрывных работ, и их сравнение с аналогичными показателями за 2020 г. показали, что произошло увеличение объема взрывания горной массы для внешних клиентов предприятия на 83% и увеличение объема производства взрывчатого вещества – на 28%. Среднемесячная производительность среднесписочного бурового станка ПТВ была увеличена на 10%.

3. Место внедрения

Предприятия «Промтехвзрыв» и «Рудоуправление» на базе Баженовского месторождения хризотил - асбеста ПАО «Ураласбест»

4. Время работы после внедрения

Начало внедрения предложенных организационно-технологических решений по повышению доходности предприятия за счет развития производственной инфраструктуры с выполнением основных и вспомогательных технологических процессов оборудованием и персоналом для сторонних организаций 2021 г. Срок использования не ограничен.

5. Экономическая эффективность

Суммарный экономический эффект от практического применения результатов исследований и разработанной методики за счет увеличения качества и количества оказываемых услуг сторонним предприятиям по взрыванию горной массы, дроблению негабарита, отбойке штучного камня и спецработам в период с 2021 по 2023 гг. составил 28,0 млн. руб.