

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

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Магнитогорск 2024

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 вскрываемых 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.

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.

Задачи исследования:

- 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.

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 предприятием 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.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 38 научных работах, из них: 22 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ; 10 – в прочих изданиях; 2 учебных пособия и 2 монографии, а также зарегистрировано 2 программы для ЭВМ.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения, изложенных на 356 страницах машинописного текста, содержит 143 рисунка, 62 таблицы, библиографический список из 278 наименований и 3 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе выполнен анализ динамики параметров горнотехнических систем при разработке твердых полезных ископаемых в условиях современного рынка и опыта обеспечения устойчивого функционирования предприятий с открытой геотехнологией, определены перспективные направления открытой геотехнологии в изменяющихся условиях недропользования.

Открытые горные работы характеризуются постоянно усложняющимися горно-геологическими и горнотехническими условиями. Для компенсации негативных факторов внедряются передовые технологические решения в сфере проектирования, планирования и непосредственного ведения горных работ с периодическим преобразованием организации деятельности и изменением параметров разработки месторождений.

Разработка месторождений осуществляется на фоне высокой волатильности цен и спроса на производимое сырье и роста удельных затрат на разработку месторождений. Обеспечение эффективной работы горнодобывающего предприятия в современных условиях достигается 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 различных 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 не являются для отрасли общепринятыми.

Динамика рыночных условий приводит к необходимости постоянного пересмотра проектных и организационно-технологических решений, обусловленных технико-экономическим обоснованием новых кондиций, изменением объемов запасов, производительности, качества продукции, а также типом и моделями применяемых горных машин. При этом анализ деятельности предприятий за последние десятилетия показал, что в некоторых случаях изменение параметров горнотехнической системы производилось с повышением издержек в краткосрочном периоде. Эти 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 происходила передача выполнения отдельных технологических процессов подрядным организациям.

Оперативное обоснование и изменение параметров горнотехнической системы, обеспечивающих реализацию организационно-технических решений с учетом использования природных и техногенных георесурсов при расширении сферы деятельности горных производств, позволило ряду российских предприятий пережить несколько экономических кризисов и продолжить безубыточную деятельность. Однако сегодня решения по изменению параметров горнотехнической системы принимаются руководством горнодобывающих предприятий отчасти на основе интуиции, а их эффективность или нерациональность подтверждаются практикой.

Эффективное функционирование горнотехнической системы с открытой геотехнологией при комплексном освоении участка недр в современных условиях определяется не только минерально-сырьевой базой месторождения, но и зависит от его территориального расположения относительно других промышленных и развитых районов нашей страны, уровня развития транспортной и социальной инфраструктуры, рынков сбыта и других влияющих внешних факторов, а также связанных с ними способами организации производства. 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 горнотехнические услуги для сторонних предприятий.

Главной причиной, сдерживающей реализацию стратегии расширения комплекса направлений производственной деятельности, является несовершенство существующего подхода к обоснованию параметров горнотехнической системы, который не учитывает их переоценку с учетом изменения внешних и внутренних факторов, а также принятия нетрадиционных решений, сопровождающихся увеличением затрат. Поскольку эффективность освоения участка недр традиционно связана с производственной мощностью, выбор параметров производится в основном именно с целью её развития, при этом срок отработки месторождения будет зависеть от объема балансовых запасов.

Сегодня к продукции горнодобывающего предприятия следует относить не только природные полезные ископаемые, но и техногенные георесурсы, а также производственную инфраструктуру с возможностью выполнения горнотехнических услуг оборудованием и персоналом для сторонних организаций.

Таким образом, требуется систематизация параметров горнотехнической системы и обоснование модели выбора оптимального сочетания их значений, обеспечивающих одновременное развитие нескольких перспективных направлений освоения участка недр.

Изучению вопроса обоснования параметров открытых горных работ при комплексном освоении месторождений посвящены исследования многих 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. Корнилова, 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. Хромина и других, которые внесли значительный вклад в развитие науки и производства. В настоящее время в научно-методической базе проектирования не предусмотрена возможность создания условий для расширения направлений комплекса производственной деятельности и номенклатуры продукции предприятий с открытой геотехнологией, отсутствуют требования к необходимости управления параметрами горнотехнической системы в динамике внешних и внутренних факторов развития системы.

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 изменения параметров открытой геотехнологии определяет устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия.

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

Во второй главе диссертации получили развитие научно-методические основы устойчивости функционирования горнотехнической системы при открытой геотехнологии. Введено понятие устойчивости функционирования горнотехнической системы, определены факторы, влияющие на ее формирование и развитие. Разработан научно-методический подход по формированию горнотехнических возможностей для обеспечения устойчивого функционирования горнотехнической системы.

В работе 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.

Главным условием расширения комплекса направлений производственной деятельности горнодобывающего предприятия является возможность организации структуры с различными источниками доходности, обеспечивающая устойчивое функционирование 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 полезного ископаемого; ко

2 - й группе – техногенные георесурсы; к 3-й группе – услуги в виде выполнения основных и вспомогательных технологических процессов (рисунок 1).

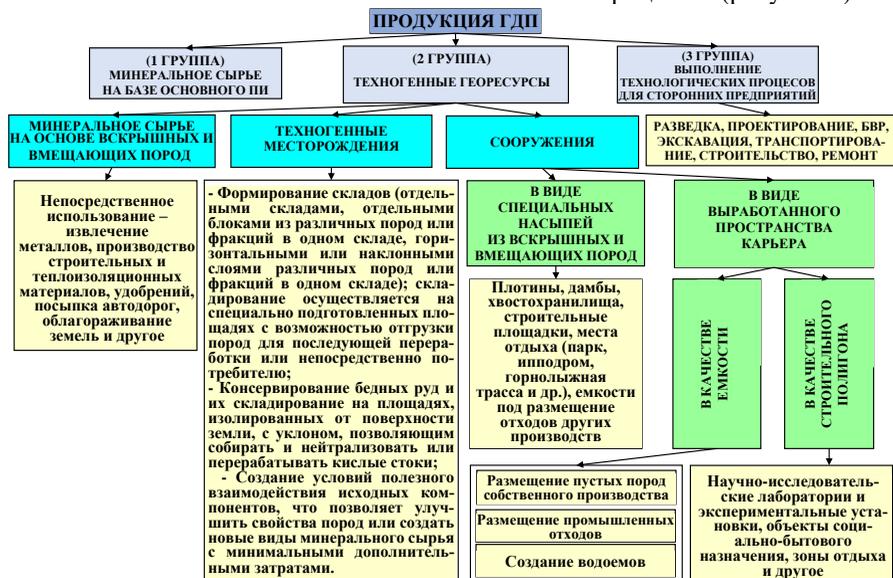


Рисунок 1 – Продукция горнодобывающего предприятия в результате расширения производственной деятельности

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.

В рамках предлагаемого подхода определения структуры и значений параметров горнотехнической системы открытых горных работ предусмотрена поэтапная переоценка параметров и состояний горнотехнической системы: исходного и планируемого на определенный момент времени. Безубыточные преобразования между стадиями развития горнотехнической системы обеспечивают устойчивое состояние предприятия, не ограничивающееся только извлечением балансовых запасов. Исходное состояние на каждой стадии освоения месторождения характеризуется количественными и качественными характеристиками всех доступных для применения человеком в обозримом будущем природных ресурсов на данном участке с учетом его географического местоположения.

Переходное состояние 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

$$J^t = f(J^H; V_{\text{ни}}; V_{\text{зп}}; \Delta Q_{\text{ни}}; \Delta V_{\text{кач}}; V_{\text{Ac}}; V_{\text{Tг}}; V_y) \rightarrow \max, \quad (1)$$

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.; $V_{\text{ни}}$ – объем балансовых запасов месторождения, м³; $V_{\text{зп}}$ – объем дополнительно вовлекаемых в разработку запасов, м³; $\Delta Q_{\text{ни}}$ – объем увеличения производительности по основному добываемому полезному ископаемому, м³; $\Delta V_{\text{кач}}$ – дополнительный объем продукции с повышенными качественными показателями и ценностью, м³; V_{Ac} – объем продукции из расширенного ассортимента, образуемого на основе добываемого и попутно вовлекаемого в разработку минерального сырья, м³; $V_{\text{Tг}}$ – объем продукции в виде техногенных георесурсов, м³; V_y – объем услуг для сторонних предприятий, м³, т (количество).

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 соблюдении 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.

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

$$J = \frac{(B_i - Z_i)}{Z_i}, \quad (2)$$

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. Таким образом, уравнение доходности при определенном сочетании параметров горнотехнической системы, обеспечивающих выпуск различных видов продукции и услуг, записывается в виде

$$J_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(B_i - Z_{in})}{Z_{in}}}{n} = \frac{(J_1 \cdot x_1 + J_2 \cdot x_2 + \dots + J_i \cdot x_i)}{n}, \quad (3)$$

где J_{cp} – средне ожидаемая 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:

$$J_{cp} = \sum_{i=1}^n s_i \cdot J_i, \quad (4)$$

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. Прогнозный 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:

$$R_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n s_i^2 \cdot R_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n s_i \cdot s_j \cdot k_{ij} \cdot R_i \cdot R_j}, \quad (5)$$

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

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} :

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n s_i^2 \cdot R_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n s_i \cdot s_j \cdot k_{ij} \cdot R_i \cdot R_j} \rightarrow \min \quad (6)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n s_i \cdot J_i > J_{cp} \\ \sum_{i=1}^n s_i = 1 \\ s_i \geq 0 \end{cases} \quad (7)$$

- достижение максимальной эффективности функционирования горнодобывающего предприятия при заданном уровне среднеквадратичного отклонения R_p :

$$\sum_{i=1}^n s_i \cdot J_i \rightarrow \max \quad (8)$$

$$\begin{cases} \sqrt{\sum_{i=1}^n s_i^2 \cdot R_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n s_i \cdot s_j \cdot k_{ij} \cdot R_i \cdot R_j} < R_p \\ \sum_{i=1}^n s_i = 1 \\ s_i \geq 0 \\ \dots \end{cases} \quad (9)$$

В работе предложена графическая информационная модель, показывающая область вариантов при различных сочетаниях значений основных показателей и параметров горнотехнической системы с учетом среднеквадратичного отклонения от доходности рассматриваемых комплексов направлений деятельности предприятия, представленная на рисунке 2.



Рисунок 2 - Графическая информационная модель, показывающая область вариантов при различных сочетаниях значений основных показателей и параметров горнотехнической системы

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 повышением комплексности освоения участка недр, которая зависит от структуры и динамики изменения параметров горнотехнической системы в быстроменяющихся условиях недропользования.

В третьей главе представлена предлагаемая стратегия устойчивого функционирования горнотехнической системы на различных этапах освоения участка недр на основе систематизации параметров горнотехнической системы и предложенных геотехнологических решений по управлению параметрами.

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 основных показателей системы. Систематизация параметров горнотехнической системы, определяющая развитие деятельности и устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия, представлена в таблице 1.

Таблица 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	Устойчивость горнотехнических сооружений;	Объем вовлекаемых в разработку запасов с требуемым качеством;
	Конструктивные	Главные параметры карьера; параметры вскрытия и системы разработки		
Технологические процессы	Режимные	Режим горных работ; режим работы предприятия и горнотранспортного оборудования	коэффициент вскрыши;	
	Геотехнологические	Параметры процессов подготовки, выемки, погрузки, транспортирования, складирования и отвалообразования; параметры цикличной, поточной и циклично-поточной технологии; параметры транспортной и бестранспортной технологии; параметры технологии отвалообразования		
Оборудование			Горнотехнические	концентрация горных работ и оборудования;
	Параметры горнотранспортных комплексов оборудования	грузооборот		номенклатура товарной продукции

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.

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.

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, номенклатуры выпускаемой продукции, функционала сотрудников предприятия позволят на основе формируемого производственного потенциала, кроме основной деятельности, предоставлять на рынке услуги для внешних потребителей.

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).* Данный способ предусматривает 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.

Для различных направлений развития производственной деятельности горнодобывающего предприятия разработаны конкретные геотехнологические решения по управлению параметрами горнотехнической системы.

Установлено, что при благоприятной конъюнктуре рынка и целесообразности повышения объема разрабатываемых запасов, кроме отдельно прирезаемых участков недр, возможно вовлечение прибортовых запасов в зависимости от этапа освоения месторождения. На стадии доработки карьера, при невозможности изменения его верхнего контура, значительное влияние на прирезаемый объем прибортовых запасов будут оказывать конструктивные параметры борта с ограничением угла его откоса по нормативному минимально возможному значению коэффициента запаса устойчивости. В условиях, когда разнос верхнего контура карьера возможен и практически не ограничен, при вовлечении прибортовых запасов на значение угла откоса борта будет влиять ограничение по объему прирезаемой горной массы и образуемой емкости выработанного пространства, которая, в свою очередь, может являться ценным техногенным георесурсом.

С целью оценки целесообразности вовлечения прибортовых запасов в работе произведено исследование изменения прирезаемой горной массы от угла наклона борта карьера. Предложена принципиальная схема для определения конструктивных параметров борта карьера, на основе которой производилось моделирование для глубины отработки H от 100 до 500 м с первоначальным углом откоса борта α от 20 до 50°. Установлены значения изменения объема горной массы ΔV при изменении угла наклона откоса $\Delta\alpha$ от 1 до 5° и значения прирезаемого объема полезного ископаемого с учетом различных значений коэффициента вскрыши K_v .

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

$$\Delta V = \frac{H^2}{2} \cdot (ctg\alpha_1 - ctg\alpha_2) \cdot L, \quad (10)$$

где H – глубина карьера, м; L – протяженность борта карьера, м; α_1 – угол борта, характеризующийся завышенным, по сравнению с нормативным, значением коэффициента запаса устойчивости, град; α_2 – угол откоса борта, обеспечивающий нормативное значение запаса устойчивости, град.

Установлена зависимость изменения дополнительно отработываемого объема горной массы от глубины карьера при отклонении угла откоса борта 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 м³/т (рисунок 3).

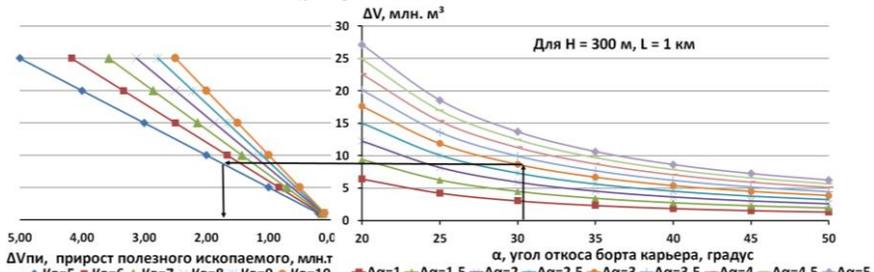


Рисунок 3 - Номограмма изменения объема горной массы ΔV и дополнительно прирезаемого объема полезного ископаемого $\Delta V_{\text{пи}}$ для различных значений углов откоса α и $\Delta\alpha$ и коэффициента вскрыши $K_{\text{в}}$.

В работе установлено, что обеспечение требуемого повышения производительности карьера, обусловленное конъюнктурой рынка, осуществляется на основе вовлечения дополнительного выемочно-погрузочного и транспортного оборудования, изменения параметров рабочей зоны, а также концентрацией и интенсивностью горных работ на основе сбалансированности их значений в зависимости от полноты и комплексности освоения участка недр.

Установлено, что принятый способ организации деятельности и общая стратегия развития горнотехнической системы связаны с параметрами системы разработки, которые зависят от параметров применяемого выемочного оборудования. Экскаваторы в зависимости от своих линейных параметров имеют ограничения использования по высоте и глубине черпания, а также по ширине рабочей площадки, определяющие их производительность. Для серийно выпускаемых гидравлических экскаваторов установлена зависимость усредненных значений высоты рабочего уступа и ширины рабочей площадки от емкости ковша (рисунок 4). В работе доказано, что с увеличением линейных параметров и единичной производственной мощности гидравлических экскаваторов возрастает их абсолютная производительность и снижается удельная производительность на 1 м³ емкости ковша. На рисунке 5 представлен теоретический расчет абсолютной и удельной производительности, а также фактические значения удельной производительности гидравлических экскаваторов, применяемых на различных российских горнодобывающих предприятиях.

Таким образом, установлено, что удельная производительность современных карьерных гидравлических экскаваторов с объемом ковша $E_{\text{к}}$ до 5-6 м³ превышает в 1,5-2 раза значение этого же показателя у экскаваторов с ковшами вместимостью $E_{\text{к}}$ свыше 20-22 м³.

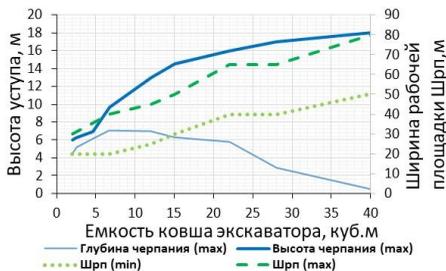
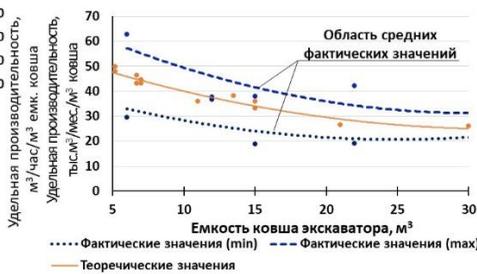
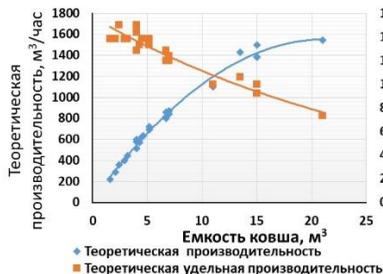


Рисунок 4 - Зависимость усредненных значений высоты рабочего уступа и ширины рабочей площадки от емкости ковша гидравлических экскаваторов



а

б

Рисунок 5 – Теоретическая и удельная производительность гидравлических экскаваторов:

а – расчетные теоретические значения, б – фактические значения

Соответственно, интенсивность обработки участка экскаваторами с меньшей емкостью ковша будет выше, чем при использовании экскаваторов с большей емкостью ковша при условии равного суммарного объема емкости ковшей всех сравниваемых экскаваторов.

Исследованиями 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 обработки с одновременным повышением селективности вынимаемой из массива горной массы (рисунки 6, 7).

Технологически одно и то же значение угла откоса рабочего борта возможно получить путем различного сочетания высоты уступа и ширины рабочей площадки.

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 (см. рисунок 7).

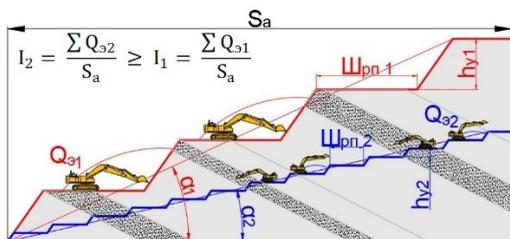


Рисунок 6 – Участок активной рабочей зоны S_a с вариантами угла наклона рабочего борта α_1 и α_2 с соответствующими им высотой уступа h_{v1} и h_{v2} и шириной рабочей площадки $\text{Ш}_{рп1}$ и $\text{Ш}_{рп2}$; $Q_{э}$ -производительность экскаваторов

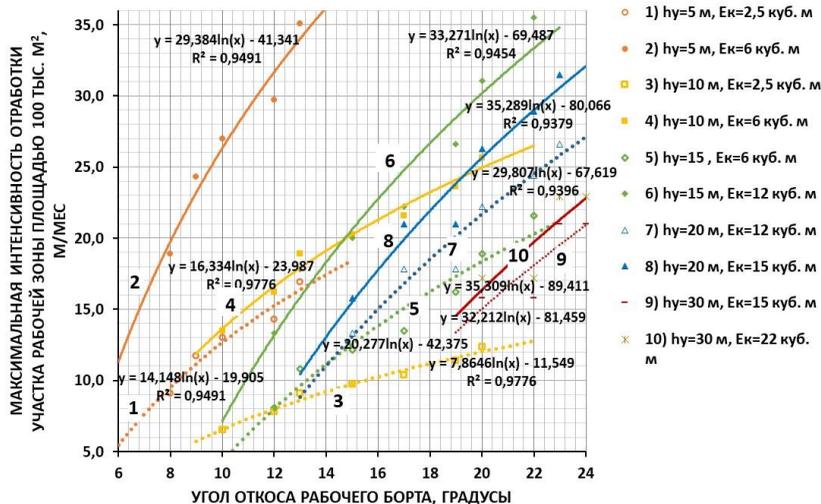


Рисунок 7 – Зависимость интенсивности отработки участка активной рабочей зоны от высоты уступа, угла откоса рабочего борта и емкости ковша применяемых экскаваторов при максимальной их концентрации

Установлено, что область эффективного использования гидравлических экскаваторов с емкостью ковша 15-22 м³ в активной части добычной рабочей зоны ограничена углом откоса рабочего борта в пределах 18-24° и высотой уступа до 20-30 м, обрабатываемых подступами. Интенсивность углубки при этом в условиях максимальной концентрации оборудования может достигать 15-20 м/месяц на 100 тыс. м². 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° при максимальной концентрации оборудования с емкостью ковша 2,5-6 м³.

Следует учитывать, что уменьшение высоты уступа и угла откоса рабочего борта и использование экскаваторов с малой емкостью ковша сопровождается увеличением текущего коэффициента вскрыши, а также повышением затрат на разработку месторождения. Таким образом, доказано, что

достижение высокой 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.

В работе установлено, что в отличие от разработки полезного ископаемого высокой ценности разработка малоценных пород с высокими требованиями к качеству извлекаемого из массива сырья, предусматривающая полное исключение примешивания различных включений и жильных образований других пород, сопровождается значительными потерями. Переход на обработку 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.

С целью повышения качества добываемого сырья, обуславливающего его товарную стоимость, предложены принципиальные схемы отработки блока добычной рабочей зоны с участками образования потерь при различных вариантах углов падения контактов одиночных включений или жил других пород в массиве полезного ископаемого относительно направления развития горных работ.

Определение ширины выемочных блоков, предложено осуществлять путем приравнивания их к условной ширине зоны смешивания. Условную ширину зоны смешивания, m , при отработке одиночных жил следует определять по формуле

$$B = B_{\Pi} + \frac{m}{\sin\beta}, \quad (11)$$

где m – мощность жилы, m ; β - угол падения жилы, град; B_{Π} – условная ширина зоны смешивания без учета мощности жилы, m .

Условную ширину зоны смешивания, m , при отработке блока с частыми включениями и жилами следует определять по формуле

$$V' = V_n + \sum_{i=1}^n V_{\text{к.ж. } n} + \left(\frac{\sum_{i=1}^n m}{\sin \beta} \right), \quad (12)$$

где $V_{\text{к.ж.}}$ – среднее расстояние между близрасположенными включениями и жилами, m ; n – число жил обрабатываемого блока.

Условная ширина зоны смешивания при обработке блока с частыми включениями и жилами зависит от числа жил n , угла их падения β и расстояния $V_{\text{к.ж.}}$. Ширина данной зоны будет определяться из условия

$$V_{\text{к.ж. } 1, 2 \dots n} < V_{(\min)}, \quad (13)$$

где $V_{(\min)}$ – расстояние между жилами, допускающее выделение минимального блока, который можно взорвать и отработать без перемешивания пустых пород с полезным ископаемым, m ,

$$V_{\min} = \text{Ш}_{\text{вб } (\min)} + V, \quad (14)$$

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

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

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

- при обработке одиночных включений или жил пустых пород сравнивать с величиной « V » и принимать из условия: $\text{Ш}_{\text{вб}} \geq V$;
- в зоне частых включений жильных образований сравнивать с величиной « V' » и принимать из условия $\text{Ш}_{\text{вб}} \geq V'$.

Установлено, что разработка месторождений с малоценными полезными ископаемыми, содержащими 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. Разработанная методика дает возможность применять единый подход к ключевым аспектам освоения месторождений, включая обоснование параметров разработки и определение потерь полезных ископаемых, что способствует повышению эффективности разработки аналогичных месторождений.

В четвертой главе диссертации представлены результаты исследований влияния параметров горнотехнической системы и способов организации деятельности на эффективность открытой геотехнологии и устойчивость функционирования горнодобывающих предприятий в зависимости от принятого комплекса развиваемых показателей горнотехнической системы.

Доказано, что ключевыми направлениями для развития производственной деятельности горнодобывающих предприятий, которые могут быть успешно реализованы для улучшения их эффективности и устойчивости, являются: увеличение вовлекаемых в разработку запасов; повышение производительности; качества продукции; расширение ассортимента и номенклатуры выпускаемой продукции, в том числе на основе техногенных георесурсов.

При дополнительном вовлечении в разработку прибортовых 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.

Установлено, что в условиях изменения рыночных условий и снижения кондиций на добываемое полезное ископаемое при реконструкции карьера целесообразно вовлечение прибортовых запасов при уменьшении угла наклона борта карьера на конец отработки относительно значения устойчивого положения откоса, что обеспечивает 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 выполаживания угла откоса борта и вовлечения в отработку прибортовых запасов данных зон в рамках новых кондиций и соответствующих им параметров открытой разработки. При реализации данных технологических решений следует учитывать следующую систему целевых функций:

$$\begin{cases} \Delta V = f(H, \alpha_1, \alpha_2, L) \rightarrow \max \\ J_{\text{ср}} = f(\Delta V_{\text{ни}}, K_{\text{в}}) \rightarrow \max \\ R_p \rightarrow \min \end{cases} \quad (15)$$

Данная система целевых функций предусматривает ограничение $K_{\text{з}} \geq 1,3$.

Предложенный подход по обеспечению устойчивости функционирования предприятий апробирован для условий Светлинского золоторудного карьера, являющегося типичным примером крутопадающих рудных месторождений, разрабатываемых в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях, для которого выявлена необходимость изменения параметров откосов бортов карьера, обусловленная внутренними факторами в виде проявляющихся на одном из участков деформационных явлений.

Рассмотрены различные варианты геомеханических и конструктивных параметров карьера. Варианты различаются значениями коэффициента запаса устойчивости, объемом разноса горной массы, расположением и параметрами вскрывающих выработок (рисунок 8). Первый вариант с приведением откосов бортов карьера к параметрам, соответствующим нормативному коэффициенту запаса устойчивости $K_{\text{з}} = 1,3$, предусматривает выемку горной массы в объеме 9,4 млн м³, уклон автодороги составит до 90-100 % (рисунок 8, б). Последним граничным вариантом предусмотрен разнос в объеме 17,0 млн м³ с уклоном основной автодороги 80 %, коэффициент запаса устойчивости при этом больше $K_{\text{з}} > 1,5$ (рисунок 8, в). На основе представленного в работе методического подхода к обоснованию параметров горнотехнической системы для условий Светлинского карьера из рассматриваемых вариантов предложена конструкция борта карьера, предусматривающая наибольший объем выемки горной массы из приоткосного массива. Доказано, что предложенный вариант

позволяет вовлечь в разработку дополнительный объем запасов руды из при- бортовой зоны при условии пересмотра кондиций, целесообразность измене- ния которых обусловлена длительной отработкой месторождения и изменения конъюнктуры рынка.

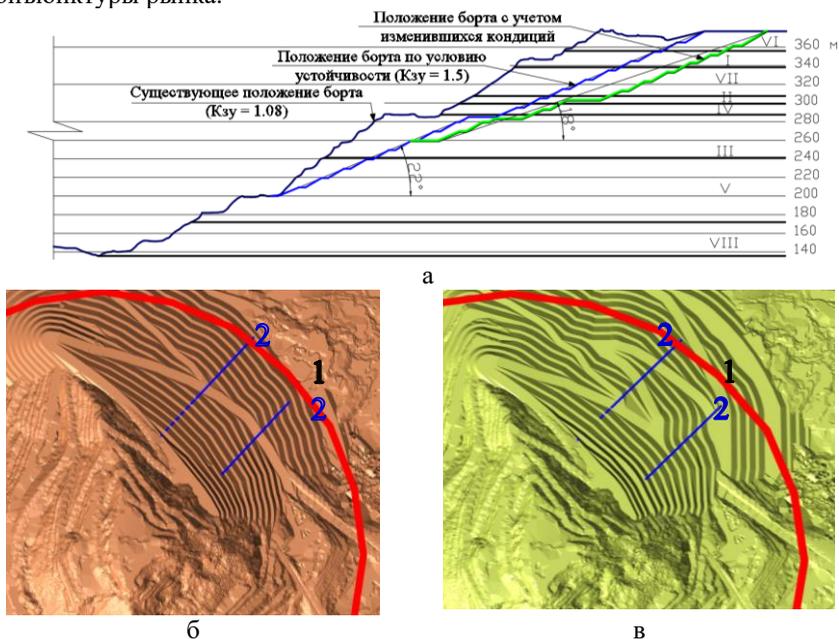


Рисунок 8 - Северо-восточный борт Светлинского карьера:
 а – разрез с вариантами конструкции борта карьера; б – план карьера по условию нормативного значения запаса устойчивости; в – положение борта с дополнительной выемкой горной массы; 1 – проектная техническая граница карьера; 2 – граница моделирования по линиям разреза

В результате моделирования выявлено, что вариант конструкции борта с коэффициентом запаса устойчивости, превышающим нормативное значение, является наиболее предпочтительным с точки зрения вовлечения дополнительного объема запасов месторождения и обеспечения стабильной производительности автосамосвалов за счет нормативного уклона основной автодороги.

На основе предложенной концепции устойчивого функционирования горнотехнической системы, учитывающей развитие одного или нескольких ее показателей, доказано, что при необходимости повышения производительности карьера в условиях разработки пластовых месторождений с пологим залеганием, обрабатываемых различными комплексами оборудования, для повышения интенсивности отработки вскрышных горизонтов целесообразно уменьшение 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 конструктивных и геотехнологических параметров горнотехнической системы. При реализации данных технологических решений следует учитывать следующую систему целевых функций:

$$\begin{cases} V_{\Phi} = f(\Sigma Q_{\text{др.}}, L_{\Phi}, H_{\text{у}}) \rightarrow \max \\ J_{\text{ср}} = f(Q_{\text{Кпи}}, V_{\text{в бестр. к.}}, V_{\text{в тр. к.}}) \rightarrow \max \\ R_p \rightarrow \min \end{cases} \quad (16)$$

где $\Sigma Q_{\text{др.}}$ – суммарная производительность экскаваторов, м³/год; $V_{\text{в бестр. к.}}$ и $V_{\text{в тр. к.}}$ – соответственно производительность бестранспортного и транспортного комплексов оборудования, млн м³/год; $Q_{\text{Кпи}}$ – объем добычи, млн т/год.

Предлагаемый подход к управлению параметрами горнотехнической системы под увеличение рыночного спроса и соответствующего ежегодного увеличения объема добычи представлен на примере условий разработки Черногорского угольного разреза, разрабатывающего типичное месторождение с пологим залеганием пластов средней мощности. На месторождении применяется комбинированная система разработки. Верхние горизонты отрабатываются экскаваторно-автомобильным комплексом оборудования, нижние экскаваторно-отвальный комплекс с использованием драглайнов (рисунок 9).

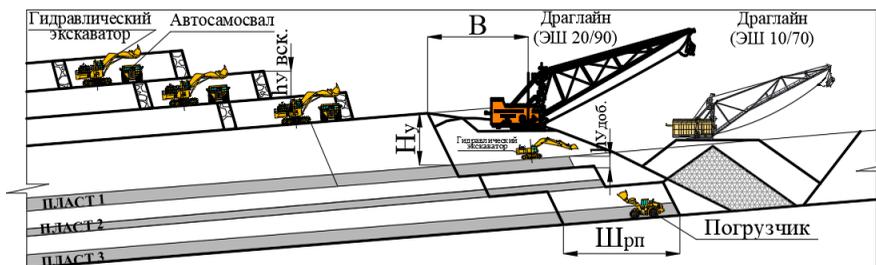


Рисунок 9 - Схема разработки пластового месторождения комплексами оборудования с комбинацией транспортной и бестранспортной систем разработки

Установлено, что при необходимости увеличения годового объема добычи разреза без соответствующего изменения параметров горнотехнической системы происходит отставание скорости подвигания фронта, отрабатываемого экскаваторно-отвальный комплексом. Повышение скорости подвигания фронта достигается за счет уменьшения высоты уступа $H_{\text{у}}$ (рисунок 9). При этом доля вскрыши, отрабатываемая 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 – является ограничивающим звеном в повышении производительности разреза. Результат моделирования повышения годовой производительности разреза с расчетом высоты уступа $H_{\text{у}}$, обеспечивающей

требуемую скорость подвигания фронта бестранспортной системы, представлен на рисунке 10.

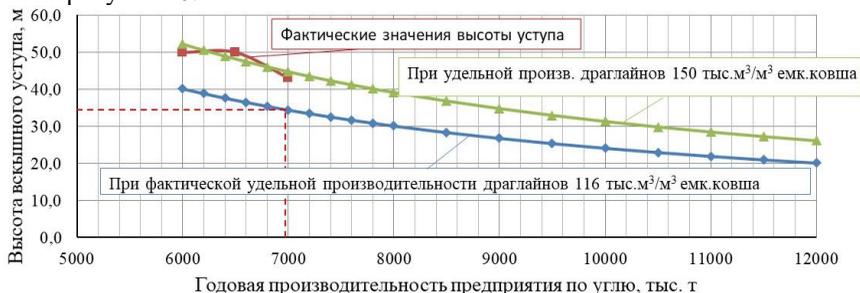


Рисунок 10 - Расчетная высота вскрышного уступа H_u , обеспечивающая требуемую скорость подвигания фронта бестранспортного комплекса в зависимости от годовой производительности разреза

В результате установлено, что несмотря на увеличение стоимости производства вскрышных работ, связанное с уменьшением доли работ бестранспортного комплекса, за счет повышения объемов добычи доходность предприятия увеличивается (таблица 2).

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели результатов моделирования

Показатели	Производительность по углям, млн т/год			
	6,0	8,0	10,0	12,0
Оптимальная высота уступа H_u для бестранспортного комплекса, м	40	30	24	20
Доля бестранспортной вскрыши, %	28,6	21,0	16,8	14,0
Себестоимость вскрышных работ, руб./м³	71,8	73,5	74,4	75,0
Доходность, %	37,6	43,8	45,2	48,1

Установлено, что для повышения производительности разрезов в условиях, аналогичных разработке Черногорского 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 добыче – 6 млн т/год и более, длина фронта – в пределах 3-4 км, удельная годовая производительность комплекса бестранспортной системы – 116 тыс. м³/м³ в пересчете на кубометр суммарной емкости ковшей драглайнов.

В работе предложена методика оценки влияния способов организации производственной деятельности на доходность и устойчивость предприятия, которая апробирована на примере освоения Аккаргинского месторождения хромовых руд. Для предприятия были рассчитаны различные экономические показатели с учетом изменения цены на добываемое сырье и

производительности по полезному ископаемому. В комплекс деятельности предусматривающего выполнение услуг сторонним предприятиям было заложено производство технологических процессов в виде буровзрывных работ, экскавации, транспортирования и отвалообразования в объеме, соответствующем объемам производства собственного предприятия. Результаты расчета доходности представлены на рисунок 11.

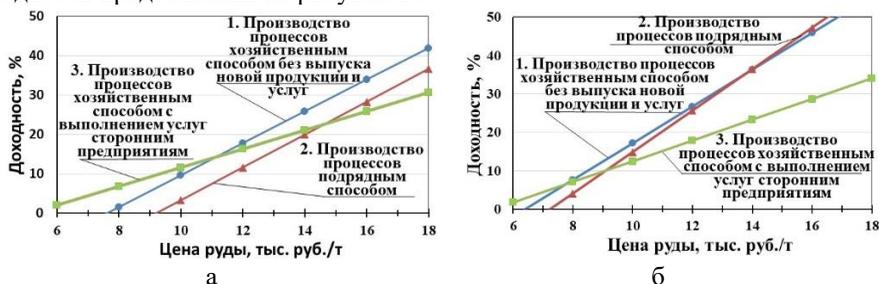


Рисунок 11 – Оценка влияния способа организации производственной деятельности на доходность и устойчивость предприятия по добыче хромовых руд в зависимости от цены и производительности: а – производительность карьера 50 тыс.т/год; б - производительности карьера 100 тыс.т/год

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, а для второго способа - при цене ниже 9 тыс. руб./т (рисунок 11, а). При производительности карьера 100 тыс.т/год и цене на руду выше 14 тыс. руб./т наибольшую доходность обеспечивает второй способ (рисунок 11, б). 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.

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 объём 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. 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 (рисунок 12).

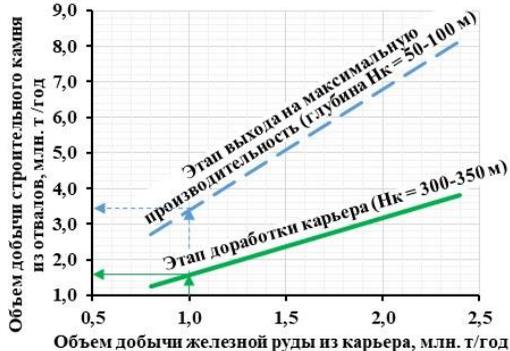


Рисунок 12 - Соотношение объемов добычи железной руды из карьера и строительного камня из отвалов, рассматриваемых в виде товарной продукции отдельных видов деятельности предприятия, обеспечивающих при реализации одинаковое значение среднегодовой прибыли на разных этапах освоения участка недр

Таким образом, доказано, что развитие различных направлений освоения имеющейся ресурсной базы участка недр, предусматривающих 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, а также повысить комплексность освоения участка недр.

Доказано, что эффективное управление параметрами горнотехнической системы, обеспечивающее ее устойчивое функционирование в изменяющихся условиях рынка, должно основываться на возможности достижения экономической выгоды за счет: прироста запасов, увеличения производительности предприятия, повышения качества продукции, расширения ее номенклатуры, выполнения технологических процессов открытой геотехнологии сторонним предприятиям, с учетом сопровождающегося повышения затрат, связанных с увеличением коэффициентов вскрыши, потерь и разубоживания,

использованием более производительных комплексов оборудования и увеличения расходов на технологические процессы производства.

В пятой главе диссертации представлена методика управления параметрами горнотехнической системы в динамике развития открытых горных работ для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях рынка.

Описана методика управления параметрами горнотехнической системы, включающая: анализ внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на эффективность функционирования системы; 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. Для реализации методики управления параметрами горнотехнической системы с использованием предложенной концепции обеспечения устойчивого функционирования предприятия разработана блок-схема алгоритма (рисунк 13).

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.

Разработанный интегральный показатель горных возможностей определяется по следующей формуле:

$$K_{ГВ} = \frac{Q_{Кпи}^{ФАКТ} \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^n (B_i - Z_i)}{B_{пи} - Z_{пи}} \right)}{P_M} \rightarrow \max, \quad (17)$$

где P_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.; $Z_{\text{П}}$ – 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.

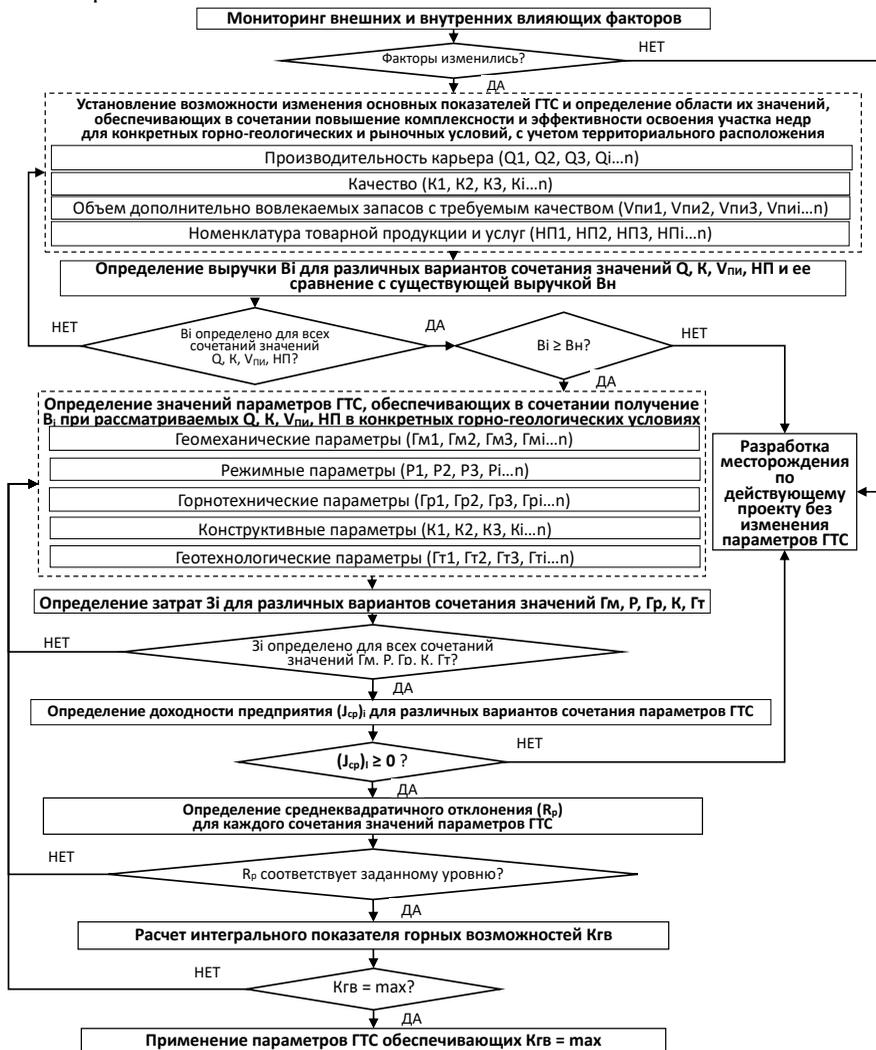


Рисунок 13 – Блок-схема алгоритма методики управления параметрами горнотехнической системы для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях рынка

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 (таблица 3).

Таблица 3 - Критерии определения параметров горнотехнической системы для обеспечения устойчивого функционирования проектируемых и действующих предприятий при комплексном освоении участка недр

Расположение участка недр	Критерии	
	Показатели ГТС*	$K_{ГВ}$
Удаленные участки недр, которые находятся на значительном расстоянии от промышленных районов с развитой инфраструктурой (до 1500 км)	Q, K, $V_{ши}$, НП ₁₋₃	$\geq 1 - 1,1$
Близко расположенные участки недр, которые находятся в непосредственной близости от промышленных районов с развитой инфраструктурой (до 300 – 500 км)	Q, K, $V_{ши}$, 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, $V_{ши}$, НП ₁₋₇	$\geq 1,5 - 2$

Примечание. *Q – производительность карьера; K – качество продукции; $V_{ши}$ – 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.

В шестой главе представлены технико-технологические рекомендации по обеспечению устойчивости функционирования горнотехнической системы и оценка их экономической эффективности.

Разработанные технологические рекомендации внедрены на ряде рудных и угольных месторождений и на карьерах строительных материалов.

На Светлинском карьере компании АО «Южуралзолото Группа Компаний» предложенные рекомендации по параметрам развоза 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» обосновано увеличение ширины рабочих площадок и уменьшение количества рабочих уступов с формированием 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, обрабатываемого 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 горно-технической системы комплексного освоения участка недр земли, включающей освоение новых для предприятия видов производственно-хозяйственной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, являющейся законченной научно-квалификационной работой, на основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработана совокупность технологических решений по управлению параметрами устойчивого функционирования горно-технической системы и комплексного техногенного преобразования и освоения участка недр при открытой геотехнологии в изменяющихся горно-геологических, горно-технических 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 быстромменяющихся 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 ковшеи 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 селекции 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, отрабатываемых подступами. Интенсивность отработки участка при этом в условиях максимальной концентрации оборудования может достигать $15-20 \text{ м}^3/\text{месяц}$ 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 целесообразна 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. м³/м³ 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°, а также прирост дополнительно вовлекаемых объемов полезных ископаемых рудных месторождений при значениях коэффициента вскрыши в диапазоне от 5 до 10 м³/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° для условий: высота борта – до 115 м; усредненные физико-механические свойства пород, слагающих массив – $C=0,06$ Мпа, $\phi=25^\circ$, $\gamma=1,87$ 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.

Основные научные и практические результаты диссертации изложены в следующих работах:

В изданиях, рекомендуемых ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ:

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.

21. 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.

22. Заляднов, В.Ю. Оценка устойчивости функционирования горнотехнической системы открытой геотехнологии на основе интегрального показателя горных возможностей / В.Ю. Заляднов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2024. – Т. 22. – №2. – С. 5-13.

Монографии и учебные пособия

1. Гавришев, С.Е. 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.

2. Гавришев, С.Е. 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.

3. Бурмистров, К.В. Основные технологические процессы открытых горных работ [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.В. Бурмистров, В.Ю. Заляднов; С.Е. Гавришев; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (22,8 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2020.

Заляднов, В.Ю. Геомеханика при открытом способе разработки месторождений [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ю. Заляднов, К.В. Бурмистров; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (2,6 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2022.

Свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ

1. Свид. 2011613970. Автоматизированный расчёт параметров устойчивости откосов горнотехнических сооружений / С.Е. Гавришев, Н.С. Шевцов, И.Т. Мельников, И.А. Пыталев, В.Ю. Заляднов; правообладатель ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2011. – №1. – С.17.

2. 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.

В прочих изданиях

1. 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-й НТК по итогам НИР за 2003-2004 гг. – Магнитогорск: МГТУ, – 2004. – С. 184-187.

2. Гавришев, С.Е. 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.

3. 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.

4. 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. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – Т.1 – С. 3-6.

5. 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.

6. 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.

7. 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: материалы 73-й международной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – Т.1. – С. 3-6.

8. 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.

9. 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.

10. 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: материалы 75-й международной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – Т.1. – С. 15-18.