

На правах рукописи



БАЙСАРОВ Руслан Сулимович

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАПАСОВ
КРУПНОМАСШТАБНОГО ЭЛЕГЕСТСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Специальность 25.00.21 – «Теоретические основы проектирования
горнотехнических систем»

Специальность 05.02.22 – «Организация производства
(горно-перерабатывающая промышленность)»

Москва 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» на кафедре «Геотехнологии освоения недр» Горного института

Научный руководитель **Агафонов Валерий Владимирович,**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты **Ремезов Анатолий Владимирович,**
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет имени
Т.Ф.Горбачева», профессор-консультант
каф. «Горные машины и комплексы»

Пикалов Вячеслав Анатольевич,
доктор технических наук,
ООО «НТИЦ-Геотехнология»,
начальник отдела методического
обеспечения

Ведущая организация **ФГБНУ «Федеральный
исследовательский центр угля и
углехимии Сибирского отделения
Российской академии наук»**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2018г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д-212.132.14 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС») по адресу: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, д.6, стр.2, ауд. А-305

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке НИТУ «МИСиС» и на сайте по адресу: <http://misis.ru/science/dissertation>

Автореферат разослан «__» _____ 2018г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д-212.132.14
доктор технических наук, профессор

В.В. Агафонов



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В соответствии с основными положениями реализации «Программы развития угольной промышленности России на период до 2030 года», утвержденной Правительством РФ, предусматривается существенное пространственное развитие производственно-ресурсного потенциала угольной отрасли на территории Восточной Сибири. Одним из новых центров повышения объемов угледобычи станет Республика Тыва, где основной акцент будет сделан на разработку месторождений Улуг-Хемского угольного бассейна, в частности Элегестского месторождения дефицитных коксующихся углей, где намечено создание высокоэффективных и инновационных производств.

Основные трудности освоения таких крупномасштабных угольных месторождений связаны, как правило, с использованием и реализацией нескольких геотехнологий угледобычи, отсутствием необходимой инфраструктуры, ограничениями на инвестиции, длительными сроками их освоения, что формирует определенные сложности в процессе освоения запасов, проектирования горнотехнических систем и обоснования их параметров.

В связи с этим возникает необходимость создания новых концептуальных моделей на основе более совершенных, инновационных, эффективных и качественных технико-технологических решений с соответствующими параметрами, направленных на реализацию стратегии устойчивого развития горного производства.

Все вышеизложенное в свете высокого риска принятия нерациональных проектных решений актуализирует научную задачу создания методических положений концептуального проектирования подземной разработки крупномасштабных угольных месторождений, обеспечивающих устойчивое, безопасное и эффективное функционирование их горнотехнических систем и в частности, в условиях освоения запасов Элегестского месторождения дефицитных коксующихся углей.

Целью диссертации является обоснование параметров пространственно-планировочных и технологических решений при проектировании подземной отработки запасов Элегестского каменноугольного месторождения для обеспечения устойчивого, безопасного и эффективного развития горного производства.

Основная идея работы заключается в обеспечении устойчивого, безопасного и эффективного развития крупномасштабного угледобывающего производства на принципах государственно-частного партнерства, использовании для выбора приоритетного варианта и обоснования параметров геотехнологии отработки запасов масштабного ситуационного многовариантного моделирования и реализации инновационной системы разработки с выпуском подкровельной толщи.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ:

- анализ основных стратегических направлений пространственного развития угольной отрасли России и Восточной Сибири (ретроспектива, современное состояние, прогноз инновационного развития);
- анализ методических подходов к реализации приоритетных крупных инфраструктурных проектов в угольной отрасли;
- инженерно-геологическая комплексная оценка благонадежности запасов и технологичности горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, влияющих на устойчивое функционирование угледобывающих предприятий, реализующих подземный способ добычи в условиях Элегестского каменноугольного месторождения;
- разработка научно-методического обеспечения обоснования параметров устойчивого развития горного производства;
- формирование и обоснование вариантов направлений развития горного производства, технологических структур отработки запасов, основных пространственно-планировочных решений и раскройки шахтных полей с учетом вариантов размещения наземной инфраструктуры и обогатительной фабрики;
- разработка концепции отработки запасов и оптимизации основных проектных решений с максимальной полнотой извлечения угольных запасов в условиях природных и технико-технологических ограничений на основе маржинального ранжирования;
- разработка концептуальных основ организационно-экономического механизма производственно-логистической системы комплексного освоения Элегестского каменноугольного месторождения;
- оценка экономической целесообразности и эффективности отработки запасов Элегестского каменноугольного месторождения с учетом сопутствующих рисков реализации проекта.

Методы исследований включают системный анализ современной проектной деятельности, метод многомасштабного ситуационного многовариантного моделирования, функционально-структурный анализ, методы теории графов, методы теории принятия сложных решений и квалиметрии, методы экспертного опроса, аналитические методы обработки статистических данных, метод экономико-математического моделирования, метод аналогий и др.

Научное значение работы заключается в развитии методологических основ проектирования отработки запасов крупномасштабных угольных месторождений, обеспечивающих устойчивое функционирование их горнотехнических систем на принципах государственно-частного партнерства.

Практическое значение работы заключается в формировании технологической схемы отработки запасов и техногенного преобразования

эксплуатационных блоков Элегестского каменноугольного месторождения, разработке и обосновании методики выбора приоритетной системы разработки с обеспечением устойчивого развития горного производства.

Научная новизна:

- предложена концепция освоения запасов крупномасштабного Элегестского каменноугольного месторождения, заключающаяся в реализации поэтапной стратегии непрерывного и последовательного устойчивого, безопасного и эффективного развития горнотехнической системы освоения запасов и отличающаяся наличием организационно-финансового механизма реализации концессионного инфраструктурного проекта на принципах государственно-частного партнерства;
- разработана методика обоснования параметров устойчивого развития горного производства, основанная на масштабном ситуационном многовариантном моделировании, использовании методологии иерархического выбора и многокритериального предпочтения;
- на основе разработанных концепции и методики осуществлен научно-обоснованный выбор параметров проектных технологических решений с оценкой экономической целесообразности и эффективности освоения запасов крупномасштабного Элегестского каменноугольного месторождения.

Научные положения:

1. В современных макроэкономических условиях инфраструктурный комплексный проект устойчивого освоения крупномасштабного Элегестского каменноугольного месторождения следует рассматривать как межрегиональную систему с производственно-логистической структурой, организационно-экономический механизм формирования которой с учетом специфических условий горного производства, связанных с отсутствием необходимой инфраструктуры и большой дифференциацией ограничивающих производительность природных факторов, предусматривает совместное финансирование процесса его освоения в форме государственно-частного партнерства и позволяет сбалансировать и обеспечить устойчивое развитие горного производства на всех этапах отработки запасов (паспорт специальности 05.02.22 – пункты 2,8).

2. Параметры горнотехнической системы с устойчивым развитием крупномасштабного горного производства следует определять путем расчета матрицы факторов эффективности инновационных геотехнологий и разработки комплекса мероприятий по развитию производственно-логистической системы с использованием современных концессионных форм финансирования (паспорт специальности 05.02.22 – пункт 5).

3. Устойчивое развитие горнотехнической системы Элегестского каменноугольного месторождения при объеме добычи горной массы в 17.8 млн тонн и 15.0 млн тонн концентрата в год обеспечивается применением масштабного ситуационного многовариантного моделирования, системы

разработки с выпуском подкровельной толщи с мощностью подсечного слоя в 3.5м, выпускаемой пачки угля в 3.4-6.7м., уровнем нагрузки на очистной забой не менее 15000 тонн в сутки и разделением площади месторождения на три выемочных блока с маргинальным ранжированием порядка их отработки (паспорт специальности 25.00.21 – пункты 1,2).

4.Сравнение нисходящего и восходящего порядков отработки запасов показало, что обеспечение заданной производственной мощности ГОК «Элегест» на уровне 15 млн тонн концентрата в год достигается при восходящем порядке, работе четырех очистных забоев с уровнем нагрузки в 180-490 тыс тонн/мес и общем сроке отработки запасов в 33 года с учетом периодов развития и затухания добычи (паспорт специальности 25.00.21 – пункт 3).

Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций подтверждаются представительным объемом разноплановой статистической информации, экспериментально-промышленной экспертизой разработанных проектных технико-технологических решений освоения запасов Элегестского каменноугольного месторождения в виде ТЭО, приемлемой степенью достоверности сходимости результатов научных исследований, полученных теоретическим и практическим путем, использованием логико-информационного обеспечения поставленной задачи с привлечением современных методов оптимизации и методик соответствующего научного уровня обоснования проектных решений и их верификации.

Реализация результатов исследований. Основные научные результаты диссертации были использованы при разработке ТЭО и проектных проработок отработки запасов Элегестского каменноугольного месторождения. Отдельные аспекты работы задействованы в учебном процессе Горного института НИТУ «МИСиС» в лекционном сопровождении направления 130404 «Горное дело».

Апробация работы. Основополагающие научные положения и концептуальные результаты работы освещались в рамках Петербургского и Красноярского международного экономических форумов (2013, 2014, 2017гг.), видеоконференции в рамках четвертого заседания Комиссии при Президенте РФ по вопросам стратегических направлений развития ТЭК и экологической безопасности (2013г.), на IX Всероссийской научно-практической конференции «Антикризисное управление: производственные и территориальные аспекты» (Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета, г. Новокузнецк, Кемеровская обл., декабрь, 2014г), международных научно-практических конференциях: «Потенциал современной науки» (сентябрь, 2017, г. Липецк), «Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения» (октябрь, 2017, г. Липецк), «Горное дело в 21 веке: Технология, наука, образование» (октябрь 2017, г. Санкт-Петербург), Втором международном инновационном горном симпозиуме (ноябрь 2017, г. Кемерово),

научно-практическом семинаре кафедры «Геотехнология освоения недр» Горного института НИТУ «МИСиС» (Москва, 2017).

Публикации. Основные результаты исследований отражены в 9 научных трудах, в том числе опубликованы 6 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Внутренняя структура и объем диссертации. Выполненная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения; содержит 44 рисунка, 21 таблицу и список литературы из 107 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен анализ основных стратегических направлений пространственного развития угольного сектора Восточной Сибири и Дальнего Востока (ретроспектива, современное состояние, прогноз инновационного развития). Отмечено, что приоритетные направления развития угольной промышленности России связаны не просто с созданием новых центров угледобычи в географическом восточном направлении, но, прежде всего, с реализацией крупных инфраструктурных инвестиционных проектов, включая:

- в Республике Тыва – освоение Элегестского и Межегейского месторождений, участка «Центральный» западной части Улуг-Хемского угольного бассейна, освоение Каа-Хемского и Чаданского месторождений.

Основополагающим фактором, который сдерживает реализацию стратегии экономического развития восточных регионов России и реализацию инновационных инвестиционных проектов в угольной отрасли, является существующий уровень транспортной и энергетической инфраструктуры, который явно недостаточен для их реализации. Налицо проявляется явная необходимость приложения совместных усилий государства и частного бизнеса в этой области, что неизбежно означает выбор формы государственно-частного партнерства (ГЧП), являющегося базой основного механизма освоения восточной макрорегиональной минерально-сырьевой базы.

В связи с вышеизложенным, рассмотрены и приняты следующие составляющие *концептуального подхода к стратегии освоения Элегестского месторождения Улуг-Хемского угольного бассейна*:

1. Данный инфраструктурный комплексный проект следует рассматривать как межрегиональную систему с производственно-логистической структурой, реализация которого подразумевает наличие принципов государственно-частного партнерства при наличии трех взаимосвязанных звеньев (подпроектов):

- строительство горно-обогательного комплекса «Элегест» производственной мощностью 15 млн тонн концентрата коксующегося угля в год в Республике Тыва, включая вахтовый поселок;

- строительство железной дороги Элегест – Кызыл – Курагино на территориях Республики Тыва и Красноярского края протяженностью 410 км с плановой пропускной способностью 15.0 млн т угля и 3.0 млн т народнохозяйственных грузов в год;

- строительство морского терминала пропускной способностью 15 млн т угля/год на территории мыса Бурный Хабаровского края (порт Ванино).

Во второй главе выполнен анализ и обоснование методических подходов к реализации приоритетных крупных инфраструктурных проектов в угольной отрасли. Даны основные отличительные черты определений «крупномасштабные инвестиционные проекты и месторождения», «устойчивость развития горнотехнических систем». В данной работе за основу представления «устойчивость развития горного производства» взят постулат освоения производственной мощности ГОК «Элегест» за все время отработки запасов с обеспечением приемлемого уровня рентабельности.

Обобщение теоретических и практических исследований в области отработки запасов крупномасштабных угольных месторождений показало, что основополагающий вклад в создание и развитие методологии проектирования угледобывающих предприятий внесли такие ученые, как Бурчаков А.С., Воробьев Б.М., Еремеев В.М., Малкин А.С., Устинов М.И., Харченко В.А., Зубов В.П., Ялевский В.Д., Фрянов В.Н., Ремезов А.В., Логинов А.К., Федорин В.П., Краснянский Г.Л., Мельник В.В., Агафонов В.В. и др. Следует отметить, что вопросы освоения Улуг-Хемского угольного бассейна и Элегестского каменноугольного месторождения Республики Тыва, в том числе на основе механизма ГЧП, нашли отражение в трудах ученых Института угля СО РАН Клишина В.И., Писаренко М.В., Института экономики и организации промышленного производства СО РАН Марковой В.М., Чурашева В.Н., Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН Лебедева В.И., Дабиева Д.Ф., Сояна М.К., Института систем энергетики им. Мелентьева СО РАН Соколова А.Д., Такайшвили Л.Н. и др.

На базе обширного анализа результатов научных теоретических исследований и опыта работы проектных организаций в современных условиях недропользования выяснилось, что основной подход, который сложился в настоящее время во взаимоотношениях крупного бизнеса с проектными организациями, выглядит следующим образом. Угольные компании предъявляют техническое задание. В нем декларативно прописана производственная мощность угледобывающего предприятия и очень часто продиктованы превалирующие технологические решения. Анализируется рынок сбыта, конкурентоспособность угольной продукции, оптовая цена угля, выполняется прогноз на перспективу и с помощью укрупненных расчетов

рассчитывается прибыль. Далее определяется срок окупаемости капитальных вложений и бизнес принимает решение, стоит ли вкладывать деньги в данный инвестиционный проект. Данный подход к выбору и обоснованию проектных решений лишает возможности проработать несколько вариантов технологических, инженерных или строительных решений, чтобы определить наиболее эффективный и экономически целесообразный вариант.

Решить подобную задачу в условиях крупномасштабного угледобывающего производства можно только с использованием многомасштабного ситуационного моделирования, основанного на сочетании комплекса методов оптимизации, многовариантных проработках технологических структур угледобычи, выявлении тенденций и закономерностей развития научно-технического прогресса в области угледобычи и горнодобывающей техники.

Проектная деятельность с использованием данного подхода также предполагает на первом уровне формирование вариантов, но не двух-трех, как при аналоговом, прототипном и пионерном проектировании, а всего возможного множества с узконаправленной пространственной ориентацией (формирование продуктивных областей), наиболее приближенных к оптимальной области эффективных решений. Очевидно, что данный подход требует меньших затрат на его реализацию (меньшая энтропия - снижение риска принятия нерациональных проектных решений).

С учетом вышеизложенного схема последовательности действий при обосновании проектных решений разработки крупномасштабных угольных месторождений представлена на рис.1.

Основой решения поставленной задачи является научно-методическое обеспечение, основанное на многокритериальном предпочтении, позволяющее однозначно интерпретировать входные данные различной направленности у объектов проектирования в количественной, качественной, вербальной, семантической, символьной и др. формах. Таким образом, система реализует любой критериальный интерфейс. Система также воспринимает любые виды продуктивных знаний и продукционных правил синтеза проектных решений. С учетом этого выбрано и обосновано критериальное обеспечение инвариантной системы многокритериального выбора проектных решений в условиях достоверной, частично определенной информации и риска.

В третьей главе произведен выбор и обоснование проектных технологических решений с обоснованием их параметров по освоению запасов Элегестского каменноугольного месторождения, обеспечивающих наиболее высокий уровень устойчивости функционирования и развития горного производства.

В качестве стартовой процедуры обобщенный алгоритм формирования горнотехнической системы Элегестского каменноугольного месторождения

предусматривает комплексную целевую диагностику исходных условий ее формирования и последующего функционирования. При этом важнейшей составляющей диагностики является определение базовых факторов экономически эффективного и устойчивого развития каждого из звеньев горного производства с выявлением резервов. В этом направлении отмечено, что устойчивая и стабильная работа угольной шахты должна обеспечиваться корректной дифференциацией запасов угля на базе оценки параметров благонадежности запасов и технологичности условий эксплуатации. Пространственное распределение данных параметров по площади горного отвода Элегестского каменноугольного месторождения производилось с использованием цифровой модели месторождения (SURPAC), программных средств и пакетов современных ГИС (рис.2).

Одним из основных осложняющих факторов, формирующих высокую степень технологического риска при ведении подземных горных работ является наличие в пределах горного отвода геодинамически активных структур, характеризующихся зонами напряженных горных пород. Проведенное геодинамическое районирование позволило выполнить прогнозную оценку ожидаемых геодинамических условий отработки пласта Улуг 2.2 с выделением зон возможного повышенного геодинамического риска.

Космопанорамный снимок, карта рельефа Элегестского каменноугольного месторождения с выделенными линеаментами, отождествляемыми с предполагаемыми зонами геодинамически опасных разломов и прогнозные карты напряжений приведены на рис. 3. Наиболее высокие напряжения формируются на сопряжении Западного и Центрального блоков. Согласно общему отраслевому опыту, можно предположить, что кровля угольного пласта Улуг 2.2 будет сильно подвержена значительным деформациям при пересечении подготовительных выработок с направлением действия основных горизонтальных напряжений под углом более 20 градусов.

Данная процедура в конечном итоге необходима для выбора и обоснования оптимального плана развития горных работ, который стремится к извлечению максимального объема угля в условиях природных и технико-технологических ограничений.

В этом контексте следует отметить, что геодинамическая составляющая, основные горно-геологические и горнотехнические параметры, характеризующие благонадежность запасов и технологичность их отработки, находятся в рамках доверительных интервалов, позволяющих спроектировать высокоэффективное угледобывающее предприятие. Отдельные проявления негативных факторов могут быть снивелированы использованием современных технических средств и технологических структур отработки запасов.

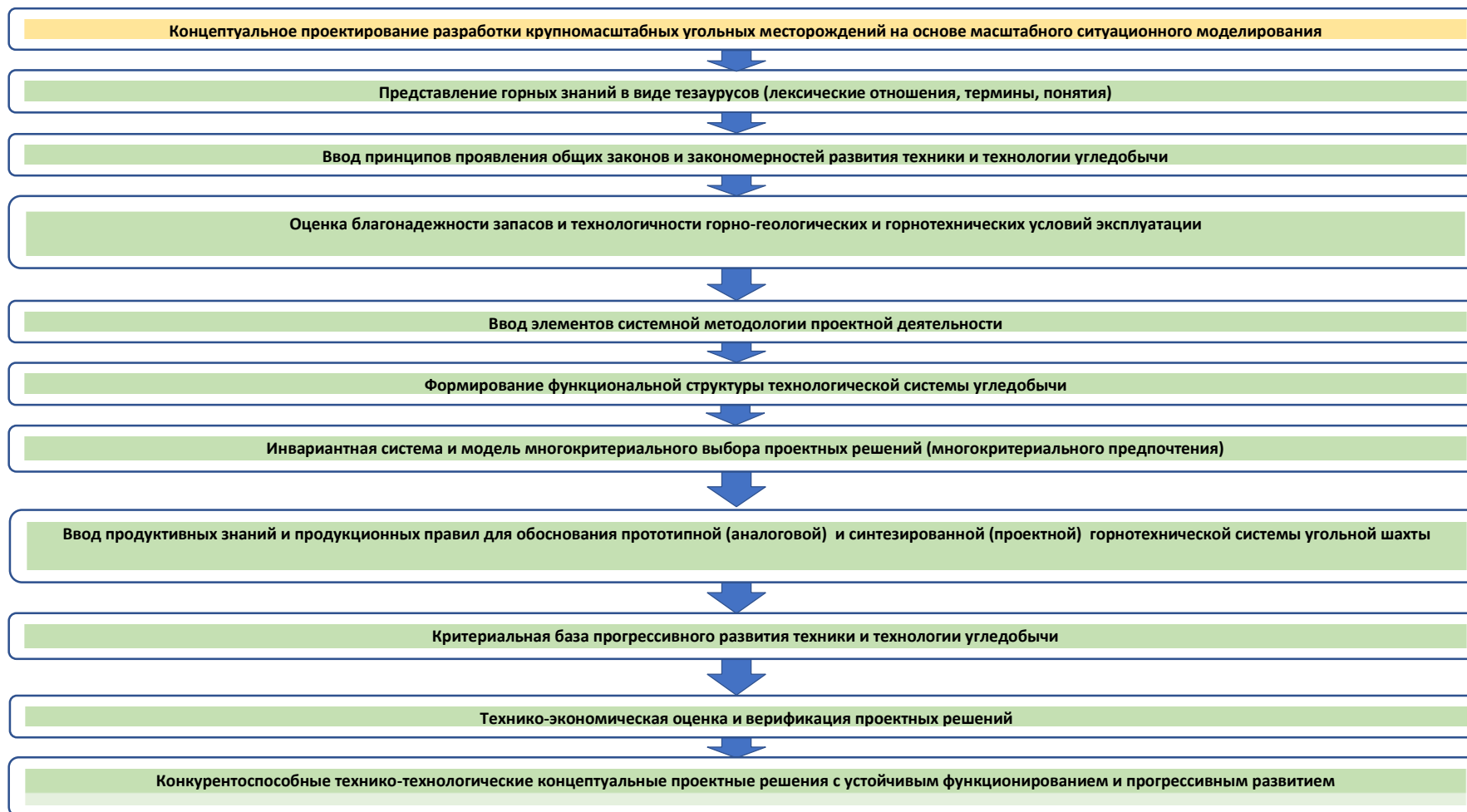


Рис.1- Логико-информационная блок-схема последовательности действий при проектной деятельности и обосновании проектных решений отработки запасов крупномасштабных угольных месторождений

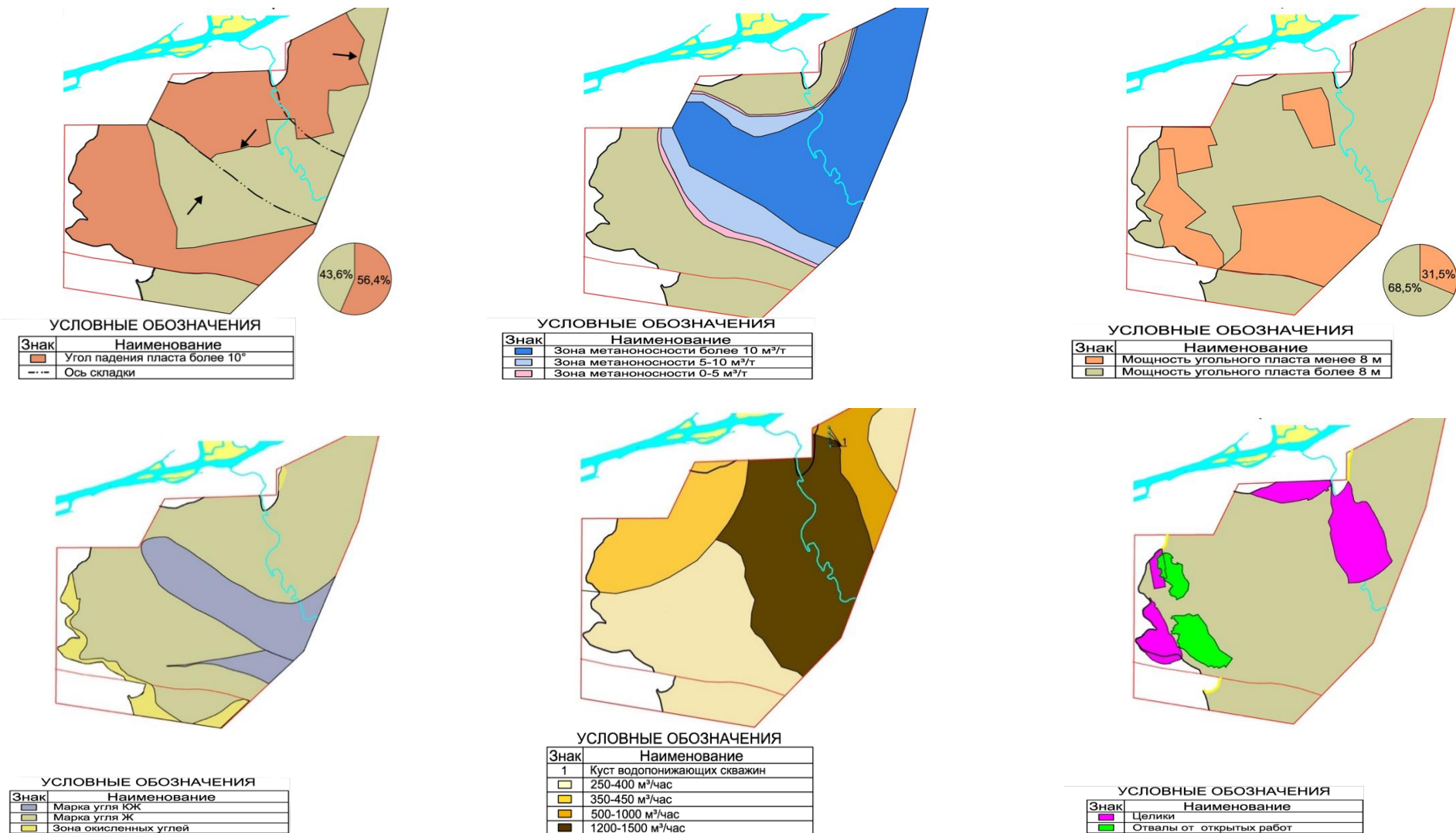


Рис.2 – Распределение основных горно-геологических факторов, формирующих благонадежность запасов и технологичность их отработки в пределах горного отвода Элегестского каменноугольного месторождения

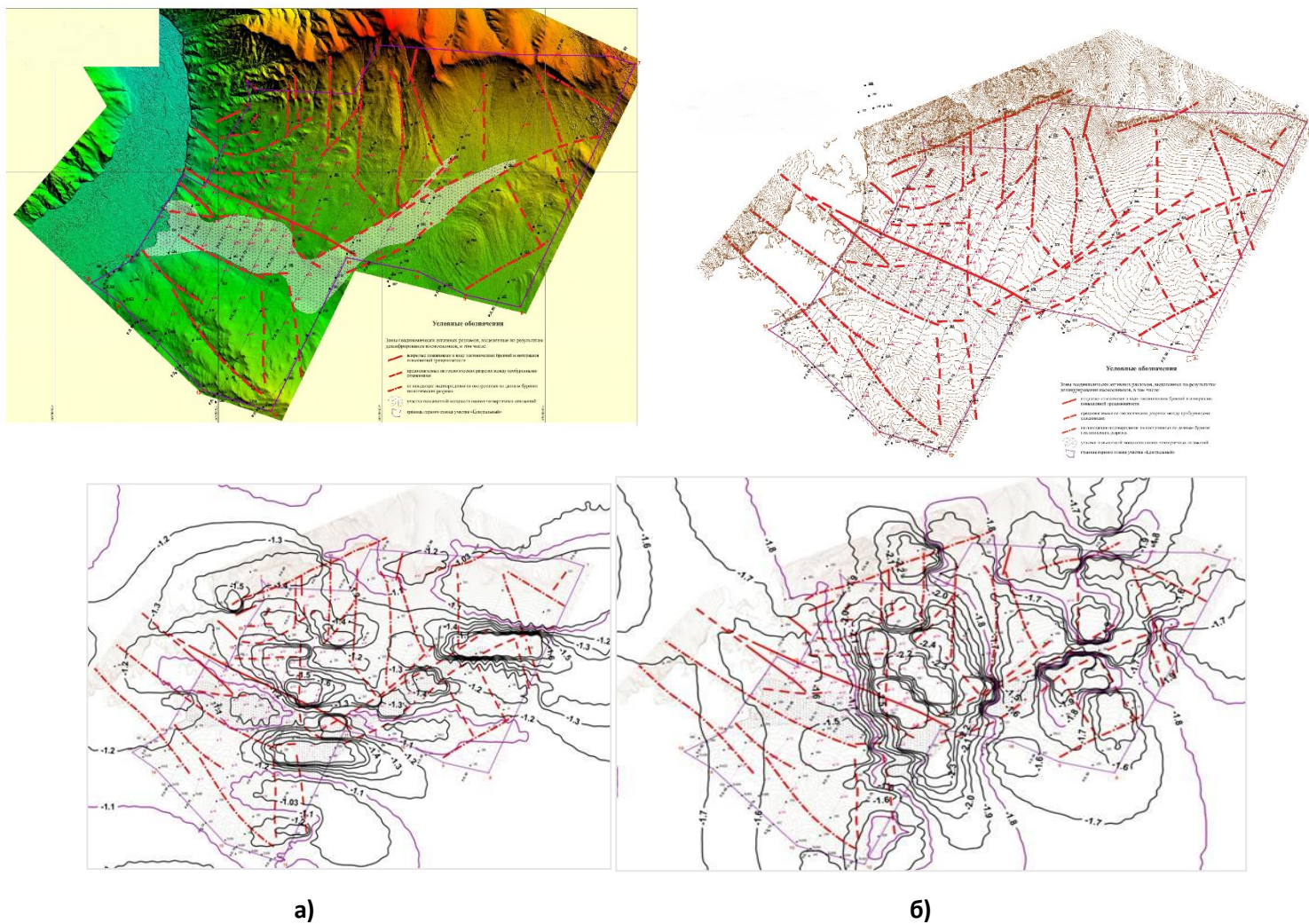


Рис. 3 – Космопанорамный снимок, карта рельефа Элегестского каменноугольного месторождения с выделенными линеаментами, отождествляемыми с предполагаемыми зонами геодинамически опасных разломов и прогнозные карты напряжений β_x (а) и β_y (б)

Одним из значительных и весомых параметров угледобывающего предприятия является производственная мощность, в основе количественного уровня которой лежат базовые предпосылки обеспечения устойчивого развития горного производства, подтвержденные кондиционными промышленными запасами, горнодобывающим оборудованием и оптимальными параметрами технологической составляющей ведения горных работ. В этом случае возникает необходимость ориентироваться на фактические данные о запасах и элементах залегания угольных пластов, характеризующихся высокой степенью изменчивости, и как следствие высокой степенью неопределенности, что присуще и Элегестскому месторождению каменных углей. К первоочередной отработке принят пласт 2.2 Улуг, имеющий среднюю мощность 7,9-8,0м с углом падения 3-26°. Практически во всех проектах строительства новых угольных шахт, выполненных в последнее время проектными институтами, данный параметр априори задается в техническом задании на проектировании, исходя, в основном, из возможностей горнодобывающей техники, инвестиционных ресурсов и так называемой «точки безубыточности» работы угледобывающего предприятия. Одновременно с этим, следует отметить, что в более чем 30% случаев аналитическая информация 2010-2016гг. ЦКР-ТПИ не подтверждает освоение проектной мощности, а имеющиеся негативные отклонения связаны, в основном, с комплексным игнорированием учета основных горно-геологических, горнотехнических и организационных факторов, причем первые являются преобладающими.

С учетом вышеизложенного, совершенно очевидно, что при проектировании отработки запасов крупномасштабных месторождений необходимо формировать новые подходы либо адаптировать наиболее прогрессивные элементы разработанной методологии в данной области к обоснованию параметров прогрессивных горнотехнических систем, которые обеспечивают устойчивое функционирование и стратегическую стабильность развития, и в первую очередь, к производственной мощности шахты. В результате проведенных исследований выявлено, что достаточный уровень объективности процедуры обоснования рациональной производственной мощности шахты в условиях частичной неопределенности горно-геологической и горнотехнической информации в условиях принятия решений при риске можно обеспечить за счет совместного применения с должной степенью корректности в качестве базовой аналитической формулы проф. Малкина А.С., минимаксного критерия Сэвиджа и коэффициента корректировки, учитывающих риск принятия нерациональных решений, связанного со степенью неопределенности исходной информации.

Расчеты, выполненные с учетом существующего параметрического ряда мощностей угольных шахт, расчетного срока службы угледобывающего

предприятия и уровня нагрузки на очистной забой в 15000 тонн/сут. представлены в таблице 1. С учетом этих составляющих производственная мощность ГОК при отработке запасов Элегестского каменноугольного месторождения принята на уровне 17.8 млн тонн в год.

Таблица 1 - Производственная мощность ГОК

№ пп	Нагрузка на очистной забой, т/сут	Производственная мощность ГОК, млн т/год (детерминированная постановка)	Производственная мощность ГОК, приведенная в соответствии с параметрическим рядом, млн т/год	Производственная мощность ГОК, млн т/год (вероятностная постановка, коэффициент корректировки)
1	2	3	4	5
1	15000	18.768	17.5	17,804

Следующим этапом диагностики природных факторов, оказывающих непосредственное влияние на устойчивость функционирования горного производства является формирование и исследование многофакторной модели на базе регрессионного анализа (зависимости коэффициента устойчивости работы угольной шахты от мощности угольного пласта Улуг 2.2, угла падения, глубины разработки, водообильности, метанообильности, нарушенности запасов, обрушаемости непосредственной кровли).

Под коэффициентом устойчивости в этом случае понимается отношение фактической производственной мощности к проектному значению.

Анализ результатов реализации программного модуля из библиотеки прикладных программ регрессионного анализа показал, что многофакторная модель регрессионного анализа с линейной зависимостью оказалась наиболее статистически значимой ($R=0,7629$; $R^2=0,5856$; $S=0,1343$; $F=19,87$). Дифференцированное влияние факторов-аргументов на исследуемую функцию оценивалось с использованием коэффициентов эластичности и уравнений «чистой регрессии».

Сформированная модель позволила выявить следующие закономерности устойчивости функционирования угольной шахты. Следует отметить позитивное воздействие на коэффициент устойчивости лишь мощности угольного пласта и индекса обрушаемости непосредственной кровли через уровень нагрузки на очистной забой, а угол падения, глубина ведения горных работ, водообильность, метанообильность, нарушенность запасов вносят негативные составляющие в устойчивость функционирования горнотехнической

системы. Нивелировать негативное воздействие этих факторов можно динамическим резервированием линии очистных запасов, оптимальной длиной лавы с целью уменьшения количества монтажно-демонтажных циклов очистного оборудования, оптимальным соотношением ведения очистных и подготовительных работ, внедрением технологических карт (картографированием) отработки запасов выемочных участков и техническим перевооружением. Эффективно управляя этим параметром через уровень нагрузки на очистной забой (суточный, месячный, годовой), можно выйти на режим устойчивого освоения производственной мощности и программы развития горного производства в целом.

С учетом дифференциации благонадежности запасов и технологичности их отработки, позиций рельефа земной поверхности, размеров шахтного поля и зон отчуждения, месторождение рационально разделить на три эксплуатационных блока (рабочих зоны): Восточный, Центральный и Западный участки, объединенные общей топологической сетью горных выработок (рис.4). Далее, в качестве рациональных с точки зрения обеспечения приемлемой устойчивости функционирования угледобывающего предприятия, реализующего подземный способ добычи, на базе многомасштабного ситуационного многовариантного моделирования приняты и обоснованы следующие технологические и пространственно-планировочные проектные решения.

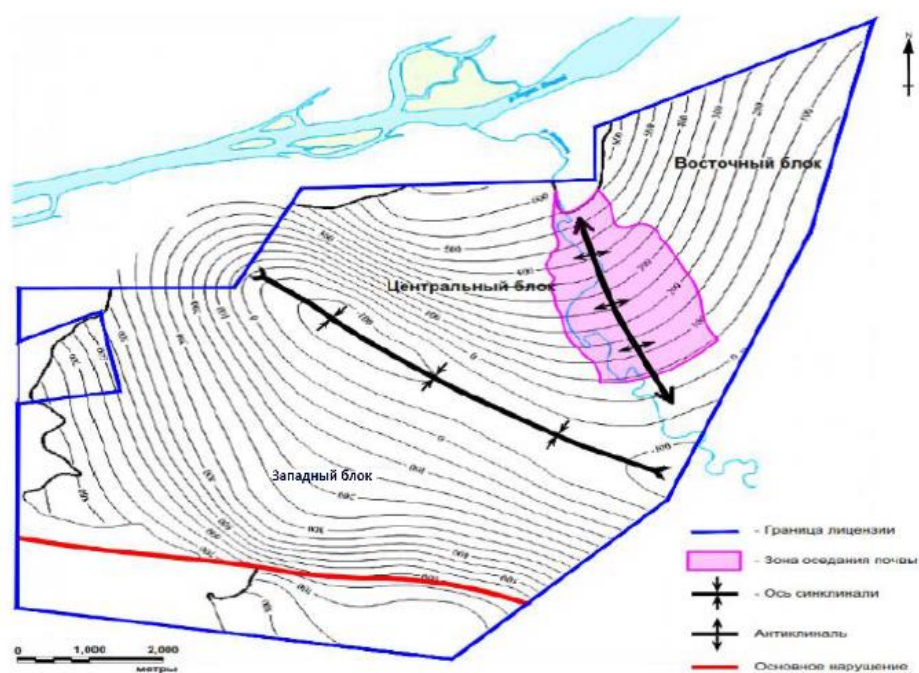


Рис.4 – Выемочные блоки (рабочие зоны) Элегестского месторождения

В качестве альтернативных предложены девять вариантов вскрытия и подготовки шахтных и выемочных полей, формирующих конкурирующие

варианты направлений развития горного производства, технологических структур отработки запасов, основных пространственно-планировочных решений и раскройки шахтных полей с учетом 5-ти альтернативных вариантов размещения наземной инфраструктуры и обогатительной фабрики.

Данные варианты отличаются наличием или отсутствием деления месторождения на независимые шахты, объемами проведения и поддержания горных выработок и сроками строительства пусковых комплексов.

Альтернативные варианты систем разработки выемочных полей при отработке запасов Элегестского каменноугольного месторождения, в силу специфических горно-геологических и горнотехнических условий залегания угольного пласта, рассматривались с учетом мирового опыта угледобычи в аналогичных или близких условиях и с участием экспертов ведущих мировых компаний.

При этом рассмотрены три варианта технологических схем, представленных на рис.5. В окончательном варианте выбрана инновационная технология отработки запасов с выпуском подкровельной толщи.

Оптимизированы длина лавы (250м) и параметры выпуска (мощность подсецкого слоя – 3.5м., мощность выпускаемой пачки - 3.4 - 6.7м).

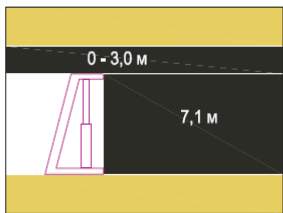
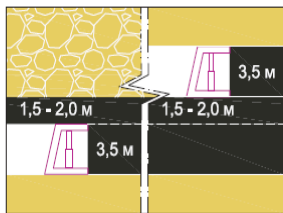
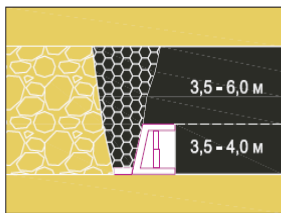
Наименование параметров, исключающих возможность применения рассматриваемой системы разработки в условиях ГОК "Элегест"	Наименование системы разработки		
	В одну заходку	Слоевая	С выпуском
			
Возможность работать на углах более 10°	-	+	+
Возможность добывать одним забоем не менее 6 млн т/год	+	-	+

Рис.5 – Альтернативные системы разработки

При отработке запасов выемочных столбов пласта Улуг 2.2 возможно использование восходящего и нисходящего порядка отработки. Детальный анализ этих вариантов выявил, что обеспечение заданной производственной мощности ГОК «Элегест» на уровне 15.0 млн тонн концентрата в год в силу специфических преимуществ достигается только при восходящем порядке, который и принимается в качестве окончательного.

В четвертой главе предложен организационно-экономический механизм формирования производственно-логистической системы горнотехнической системы отработки запасов Элегестского каменноугольного месторождения и проведена практическая апробация методики и алгоритма синтеза рациональных вариантов, которая позволила с помощью экономико-математического моделирования провести технико-экономическую оценку всех представленных вариантов (таблица 2).

Выделен рациональный вариант (№5), представленный на рис.6, формирующим наиболее высокий уровень устойчивости функционирования и развития горного производства в технологическом и экономическом аспектах. Выполнена верификация и оценка технико-экономической эффективности реализации результатов исследований.

В экономическом аспекте устойчивость функционирования рационального варианта горнотехнической системы оценивалась с помощью метода маржинального ранжирования эксплуатационных блоков отработки запасов. Основным аспектом данной процедуры заключался в индивидуальной независимой оценке маржи каждого отдельного блока.

При этом разница между количественными величинами маржи отдельных блоков позволяет проследить ее изменчивость по всему месторождению и обосновать очередность отработки запасов с целью выбора оптимальной стратегии развития горных работ в пространстве и времени.

На первом этапе была осуществлена кластеризация и дифференциации основных ограничивающих производительность выемочных блоков горно-геологических факторов (рис. 7 а, б, в, г).

На втором этапе были реализованы этапы кластеризации и дифференциации производительности выемочных блоков, маржинального дохода на 1 тонну горной массы и концентрата (рис. 8 д, е, ж).

Объективная оценка маржинального дохода эксплуатационных блоков позволяет сделать вывод, что с точки зрения обеспечения должного уровня устойчивости функционирования, первоочередным направлением развития горных работ является отработка запасов Западного блока с получением на первом этапе функционирования угледобывающего предприятия максимального уровня маржинального дохода. Это позволит апробировать и адаптировать используемые технологические структуры отработки запасов и системы разработки и перенести их на более сложные участки горного отвода.

Исходя из вышеизложенного, для обеспечения требуемой производственной мощности ГОК «Элегест» требуется наличие четырех очистных забоев в одновременной работе.

Таблица 2 – Техничко-экономическая оценка альтернативных вариантов

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Вариант								
			1	1Б	1В	2	2Б	3	3А	3Б	5
1	Промышленные запасы:										
	по чистым угольным пачкам	тыс. т	402 940	402 940	402 940	403 280	403 280	397 870	385 630	397 870	405 490
	по горной массе	тыс. т	465 500	465 500	465 500	465 760	405 760	459 730	444 530	459 730	467 250
2	Срок строительства 1-го пускового комплекса	лет	1,8	2,3	1,8	1,9	1,9	2,2	2,4	2,2	2,0
3	Объем добычи угля	тыс. т	314 920	315 000	314 920	316 530	316 530	313 910	312 240	313 910	316 850
4	Объем переработки угля	тыс. т	313 560	313 180	313 560	315 010	315 010	312 580	311 380	312 580	315 270
5	Объем товарной продукции	тыс. т	253 632	252 774	253 632	253 860	253 860	252 456	250 359	252 456	253 920
6	Средняя цена реализации единицы товарной продукции	руб./т	3 591,2	3 588,1	3 591,2	3 590,1	3 590,1	3 591,3	3 594,3	3 591,3	3 589,7
7	Инвестиционные затраты, в т.ч.:	млн руб.	124 852,6	125 568,2	129 061,8	129 595,8	136 558,6	125 122,7	124 439,2	120 695,6	118 696,1
	капитальные вложения до выхода на производственную мощность, в т.ч.:	млн руб.	90 789,0	93 734,1	95 713,8	98 731,7	105 255,8	93 448,8	92 713,3	89 148,7	90 648,2
	обогащательная фабрика	млн руб.	23 000,0	23 000,0	23 000,0	23 000,0	23 000,0	23 000,0	23 000,0	23 000,0	23 000,0
	капитальные вложения в период эксплуатации	млн руб.	31 403,3	29 199,1	30 694,0	28 197,2	28 644,7	29 018,9	29 086,2	28 903,6	25 440,8
	оборотный капитал	млн руб.	2 660,3	2 635,0	2 654,0	2 666,9	2 658,1	2 655,0	2 639,7	2 643,3	2 607,1
8	Потребность в денежных средствах на строительство ГОК	млн руб.	71 834,0	77 858,7	76 547,0	71 951,9	75 793,4	76 725,7	71 354,4	73 180,3	71 452,8
9	Затраты на добычу 1 т угля, в т.ч.:	руб.	727,6	715,4	751,4	748,4	767,1	754,1	750,5	740,4	709,8
	денежные расходы на 1 т угля	руб.	482,2	457,0	490,1	485,0	484,2	494,9	495,5	493,3	468,0
10	Затраты на обогащение 1 т угля	руб.	158,6	157,7	158,6	157,9	157,9	157,8	157,8	157,8	157,7
11	Коммерческие затраты на 1 т товарной продукции, в т.ч.:	руб.	630,5	631,7	630,5	614,4	614,4	626,3	624,5	626,3	631,3
	транспортировка 1 т угля до ж.-д. станции Ээрбек	руб.	26,7	26,7	26,7	9,5	9,5	22,5	22,5	22,5	26,7
12	Себестоимость единицы товарной продукции (FCA Курагино), в т.ч.:	руб./т	1 730,0	1 718,5	1 759,5	1 743,5	1 766,8	1 759,5	1 756,7	1 742,4	1 712,8
	денежные расходы	руб./т	1 373,0	1 344,7	1 382,9	1 363,1	1 362,1	1 385,2	1 386,6	1 383,2	1 359,2
13	Чистый доход за горизонт расчета	млн руб.	326 659,5	330 594,3	320 889,7	324 603,8	317 784,0	323 022,9	320 310,1	327 801,1	336 215,0
14	Чистый дисконтированный доход за горизонт расчета (r=15 %)	млн руб.	33 972,0	31 669,2	29 224,6	30 380,0	25 063,1	30 638,5	31 358,1	34 131,4	36 025,5
15	Срок окупаемости инвестиций	лет	6,3	6,5	6,5	6,6	6,9	6,5	6,6	6,3	6,3
16	Дисконтированный срок окупаемости (r=15 %)	лет	9,7	10,2	10,5	10,4	11,4	10,3	10,2	9,8	9,6
17	Внутренняя норма доходности	%	21,8	21,1	20,6	20,9	19,7	21,0	21,5	21,9	22,2
18	Индекс доходности инвестиций (r=15 %)	доли ед.	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
19	Чистый доход государства	млн руб.	138 753,6	136 039,5	138 189,0	138 998,2	138 464,9	137 282,9	136 269,9	137 313,8	137 258,7

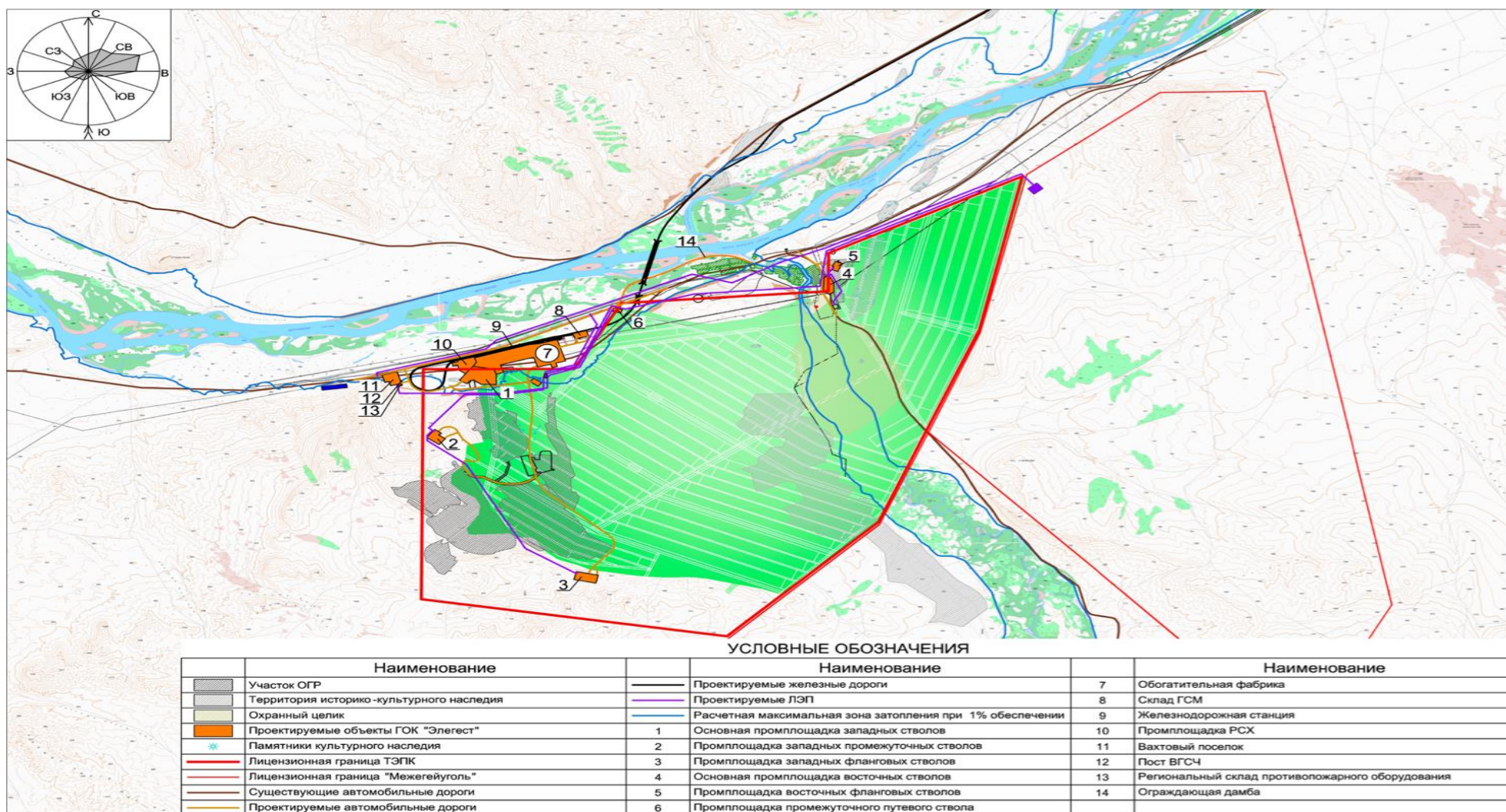
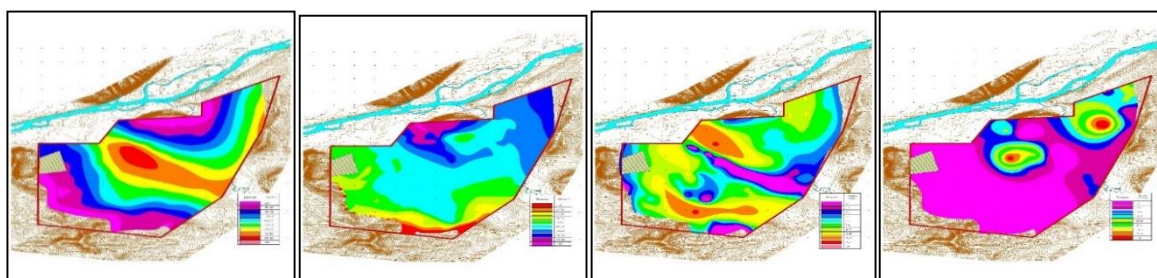
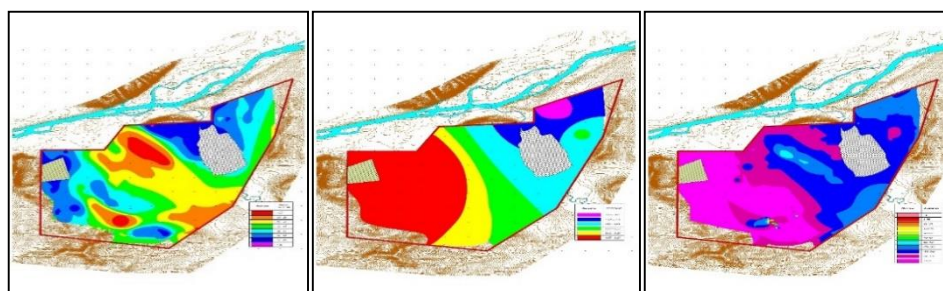


Рис.6 – Оптимальный вариант технологической системы отработки запасов Элегестского каменноугольного месторождения, увязанный с объектами наземной инфраструктуры



а) б) в) г)

Рис. 7 – Кластеризация и дифференциация основных ограничивающих производительность горно-геологических факторов (а) – глубина ведения горных работ, б) - мощность угольного пласта, в) – угол падения, г) метанообильность



д) е) ж)

Рис. 8 – Кластеризация и дифференциация: д) производительности выемочных блоков, е) маржинального дохода на 1 тонну горной массы и ж) маржинального дохода на 1т концентрата



Рис. 9 – Организационно-финансовый механизм реализации инфраструктурных проектов при освоении Элегестского каменноугольного месторождения на принципах ГЧП в форме концессионных соглашений

С целью ускорения логистического обеспечения освоения Элегестского угольного месторождения и последующей его эксплуатации, был проработан механизм финансирования строительства инфраструктурных объектов на основе заключения концессионных соглашений с одним или несколькими инвесторами-концессионерами (рис.9).

На базе этого механизма разработаны концептуальные основы системно-ориентированной процедуры поэтапного перспективного устойчивого развития производственно-логистической системы отработки запасов Элегестского каменноугольного месторождения. В связи с многообразием реально сложившихся и потенциально возможных условий функционирования этой производственно-логистической системы выполнен SWOT-анализ реализации данного инвестиционного проекта с целью выявления его сильных и слабых сторон, а также потенциальных возможностей и угроз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены методические положения обоснования прогрессивных проектных технико-технологических решений по обеспечению устойчивого, безопасного и эффективного функционирования и развития горного производства в условиях отработки запасов Элегестского каменноугольного месторождения на принципах государственно-частного партнерства и использовании масштабного ситуационного многовариантного моделирования, имеющих важное значение для развития теоретических и практических основ проектирования отработки запасов крупномасштабных угледобывающих предприятий на современном этапе недропользования.

Основные научные и практические результаты представленной работы, полученные лично автором, формализуются в следующих направлениях:

1. Обоснована концепция комплексного освоения запасов Элегестского месторождения коксующегося угля на основе государственно-частного партнерства. Рассмотренные факторы эффективности и комплексы мероприятий развития механизмов реализации приоритетных проектов в сфере транспортной инфраструктуры в виде концессионного соглашения подтверждают целесообразность выбора этой формы ГЧП для ускорения реализации проекта.

2. Разработаны концептуальные основы системно-ориентированной процедуры поэтапного перспективного устойчивого развития производственно-логистической системы отработки запасов Элегестского каменноугольного месторождения. Блок-схема и обобщенный алгоритм организационно-финансового механизма ее реализации разработаны на базе соответствующего научно-методического обоснования решения комплекса технологического-организационно-экономических задач, обусловленных принятыми целевыми установками и реальными возможностями их достижения при

формировании и последующем функционировании производственно-логистической системы на принципах ГЧП.

3. На базе проведенных исследований установлено, что за основу методического подхода к концептуальному проектированию и принятию проектных решений крупномасштабных угольных месторождений может быть взята методология масштабного ситуационного многовариантного моделирования на базе многокритериального предпочтения. Данный подход предполагает наличие возможного множества проектных вариантов с узкой пространственной ориентацией (выделение продуктивных областей), наиболее приближенных к оптимальным эффективным решениям. Очевидно, что данный подход требует меньших затрат на его реализацию (меньшая энтропия).

Основой решения данной задачи является модель, позволяющая однозначно интерпретировать входные данные различной направленности у однородных объектов проектирования в количественной, качественной, вербальной, семантической, символьной и др. формах. Таким образом, система реализует любой предложенный критериальный интерфейс (в условиях определенности, частичной определенности и риска).

4. Установлено, что в настоящий период недропользования практически в полном объеме отсутствует нормативно-методологическая база процедуры обоснованного выбора производственной мощности шахты, увязанной с основными стабилизирующими и разрушающими факторами, формирующими ее количественный уровень. В связи с этим, предложено выбор рационального значения производственной мощности шахты производить с учетом всего многообразия горно-геологических и горнотехнических факторов и рисков отклонения от этого значения в диапазоне вероятностного изменения ее количественного уровня.

5. Разработанные практические рекомендации использованы при выборе и обосновании альтернативных вариантов направлений устойчивого развития горного производства, технологических структур отработки запасов, основных пространственно-планировочных решений и раскройки шахтных полей с учетом вариантов размещения наземной инфраструктуры и обогатительной фабрики Элегестского каменноугольного месторождения «Тувинской Энергетической Промышленной Корпорацией». Расчетный чистый дисконтированный доход от внедрения проектных решений составит 36.025 млрд руб. Срок окупаемости полных инвестиционных затрат составляет 6.3 года с начала реализации проекта, что является приемлемым для строительства угольных предприятий. Внутренняя норма прибыли

проекта (IRR) на уровне 22.2 % годовых показывает высокую эффективность и значительный запас прочности принятых проектных решений.

6. В связи с многообразием реально сложившихся и потенциально возможных условий функционирования производственно-логистической системы комплексного освоения Элегестского угольного месторождения выполнен SWOT-анализ реализации данного инвестиционного проекта с целью выявления его сильных и слабых сторон, а также потенциальных возможностей и угроз и анализ основных рисков реализации проекта с дифференциацией их по трем группам – высокие риски, средние и низкие. SWOT-анализ и анализ рисков показали, что по ряду показателей проект характеризуется значительным запасом прочности, причем совокупные риски не превышают характерные для аналогичных проектов.

Основные положения диссертации отражены в следующих опубликованных работах автора:

В научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1.Байсаров Р.С. Концептуальные подходы к стратегии освоения Элегестского месторождения Улуг-Хемского угольного бассейна Республики Тыва // Уголь. – 2015 - № 12. - С. 44-46.

2.Байсаров Р.С. Организационно-экономический механизм производственно-логистической системы комплексного освоения Элегестского угольного месторождения // Уголь.- 2016. - № 2. - С. 56-61.

3.Байсаров Р.С. Проблемы и перспективы реализации приоритетных проектов освоения угольных месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока //Горная промышленность. – 2016.- №2 (126). - С. 20.

4.Байсаров Р.С. Методологические основы и методические положения проектирования отработки запасов крупномасштабных угольных месторождений. //Горный информационно-аналитический бюллетень. Развитие научных подходов к обоснованию проектных решений крупномасштабных угольных месторождений. Отдельные статьи (вып.19). 2017. - №9. - С. 3-8.

5.Байсаров Р.С. Комплексная оценка благонадежности запасов и технологичности горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации Элегестского каменноугольного месторождения. //Горный информационно-аналитический бюллетень. Развитие научных подходов к обоснованию проектных решений крупномасштабных угольных месторождений. Отдельные статьи (вып.19). – 2017. - №9. - С. 9-14.

6. Байсаров Р.С. Обоснование проектных решений по освоению запасов Элегестского каменноугольного месторождения. //Горный информационно-аналитический бюллетень. Развитие научных подходов к обоснованию проектных решений крупномасштабных угольных месторождений. Отдельные статьи (вып.19). - 2017. - №9. - С. 15-21.

В прочих изданиях

7.Байсаров Р.С. Комплексное освоение Элегестского месторождения коксующегося угля на основе государственно-частного партнерства / Антикризисное управление: производственные и территориальные аспекты: сб. ст. / под общ. ред. И. Г. Степанова, Д.Г. Вержицкого; Министерство образования и науки Российской Федерации; Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета. – Новокузнецк, НФИ КемГУ. - 2015. – С. 7-17.

8.Байсаров Р.С. Обоснование уровня производственной мощности Элегестского ГОК. //«ПОТЕНЦИАЛ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ» «THE POTENTIAL OF MODERN SCIENCE» Collection of scientific papers. - 2017. №39(8). - С. 48-52.

9.Байсаров Р.С. Методический подход к обоснованию уровня производственной мощности угольных шахт. //«ПОТЕНЦИАЛ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ» «THE POTENTIAL OF MODERN SCIENCE» Collection of scientific papers.- 2017. - №39(8). - С. 52-57.