

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

На правах рукописи



ПОПОВ ДЕНИС ВЛАДИМИРОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С
НЕВЫДЕРЖАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАЛЕГАНИЯ И
КАЧЕСТВА УГЛЯ**

Специальность

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

Диссертация

**на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Научный руководитель:
доктор технических наук
Азев Владимир Александрович

Магнитогорск 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С НЕВЫДЕРЖАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАЛЕГАНИЯ И КАЧЕСТВА УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	9
1.1 Анализ современных условий функционирования угольных разрезов...	9
1.2 Особенности разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля.....	19
1.3 Обзор научно-методической базы обеспечения требуемого качества продукции на угольных разрезах	31
1.4 Цель, задачи и методы исследования	37
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С НЕВЫДЕРЖАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАЛЕГАНИЯ И КАЧЕСТВА УГЛЯ	40
2.1 Факторы, влияющие на качество продукции угольного разреза.....	40
2.2 Исследование технологических решений и параметров основных технологических процессов для обеспечения требуемого качества продукции	50
2.3 Обоснование параметров основных технологических процессов при производстве угля на Восточно-Бейском разрезе	59
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА, РАЗРАБАТЫВАЮЩЕГО ПЛАСТОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ С НЕВЫДЕРЖАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАЛЕГАНИЯ И КАЧЕСТВА УГЛЯ	79
3.1 Обоснование критерия и показателей оценки качества технологических процессов	79
3.2 Разработка экономико-математической модели оценки рациональности применения технологических решений	86

3.3 Разработка методики оценки качества технологических процессов и рекомендаций по обеспечению требуемого качества продукции	92
4 ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ ВОСТОЧНО-БЕЙСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА	103
4.1 Особенности условий разработки Восточно-Бейского разреза	103
4.2. Реализация технологических решений для обеспечения требуемого качества продукции на Восточно-Бейском угольном разрезе	112
4.3. Расчет экономического эффекта от применения предлагаемых технологических решений	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	124
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	127
ПРИЛОЖЕНИЯ	144

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Научно-технический прогресс и истощение «богатых» месторождений полезных ископаемых предполагают освоение новых, более сложных и менее ценных. Так, например, в угольной отрасли доля продукции, произведенной на пластовых месторождениях с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, расположенными в таких регионах, как республика Хакасия (Бейский угольный кластер – Восточно-Бейский, Кирбинский, Майрыхский разрезы и т.д.) и республика Бурятия (Никольский разрез), Иркутская область (Иркутский угольный бассейн), Хабаровский край (Буреинский угольный бассейн), по прогнозу к 2030 году вырастет в 3 раза и составит не менее 15%.

Угольная промышленность РФ на сегодняшний день является экспортно-ориентированной, поскольку около 50% производимой продукции продается зарубежным потребителям. В этой связи в последние годы все колебания мирового рынка энергоносителей существенно отражаются на российских производителях энергетического угля. В течение 2019 г. цена на угольную продукцию снизились в 1,5-2,0 раза, а рост стоимости материально-технических и энергетических ресурсов, тарифов перевозчиков составил 5-15%.

Для повышения экономической эффективности российским предприятиям необходимо гибко подходить к объему производства и качеству угольной продукции, а также снижать затраты на добычу. Принимаемые технологические решения, с неизменными параметрами разработки угольных месторождений в течение периода эксплуатации, направленные в основном на высокопроизводительную работу оборудования, зачастую не обеспечивают качество продукции, соответствующее современному рынку и потребностям горного предприятия. Это усложняет процесс управления качеством продукции, особенно для месторождений со сложными условиями залегания и невыдержанным качеством угля, где максимальная теплота сгорания полезного

ископаемого может отличаться от минимальной в 1,5 раза в пределах одного разреза. Отсутствие научно-методического обеспечения выбора технологии открытой разработки месторождений каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества не позволяет в необходимой мере управлять качеством продукции угледобывающих предприятий. Поэтому задача разработки технологических решений и обоснования их параметров для отработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей с целью повышения экономической эффективности деятельности угольных разрезов обретает особую актуальность.

Объект исследования – технология открытой разработки месторождения каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества.

Предмет исследования – параметры основных технологических процессов добычи каменного угля открытым способом на пластовых месторождениях с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества угля.

Положения, выносимые на защиту:

1. Для эффективного освоения месторождений каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей, характеризующихся изменениями низшей теплоты сгорания в среднем в 1,5 раза, глубины залегания пластов до 4 раз и мощности угольных пластов до 10 раз в пределах характерного профиля, необходимо разделение фронта горных работ на блоки, отличающиеся величиной приведенной теплоты сгорания угля, учитывающей зольность, влажность и размер получаемого куска, не более чем на 200 ккал/кг, а также определение порядка и технологии их отработки с учетом обеспечения планового объема товарной продукции с качеством, максимально соответствующим потребностям рынка.

2. Обеспечение требуемой приведенной теплоты сгорания угля при отработке выделенных блоков достигается добавлением процесса породовы-

борки и регулированием параметров основных технологических процессов для каждого блока, включая: увеличение высоты подсыпки скважин при подготовке пород к выемке в диапазоне от 0,1 до 0,6 м и количества штабелей угля от 3 до 10; снижение мощности минимального селективно отрабатываемого при выемочно-погрузочных работах слоя с 8,0 до 0,4 м и количества пересыпов угля в процессе транспортирования с 5 до 1.

3. Изменения технологических решений и определение рациональных параметров основных технологических процессов открытых горных работ для достижения требуемой приведенной теплоты сгорания товарных фракций осуществляются с использованием разработанного алгоритма управления качеством продукции предприятия в условиях отработки пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, включающем этапы: оценки внешних и внутренних факторов функционирования угольного разреза; определения товарной стоимости угля для различных категорий угля по приведённой теплоте сгорания и, соответственно, ценности продукции; районирования фронта горных работ по показателю приведенной теплоты его сгорания; оценки технологических решений с использованием экономико-математической модели; выбора и реализации технологических решений, обеспечивающих повышение эффективности деятельности угледобывающего предприятия.

Достоверность положений, научных выводов и рекомендаций подтверждается надежностью и представительностью исходных данных, представительным объемом экспериментальных исследований и обработкой результатов методами математической статистики, проверкой рекомендаций в промышленных условиях.

Научная новизна работы:

1. Зависимости качественных характеристик извлекаемого угля от параметров основных технологических процессов на разрезе: потерь угля в кровле угольного пласта от высоты подсыпки скважины надугольного вскрышного уступа в процессе подготовки пород к выемке; минимальной мощности

разрабатываемого пласта угля в забое и удельных затрат на экскавацию от емкости ковша экскаватора при добыче; доли мелочи в угольной продукции от количества пересыпов в процессах перемещения и складирования; теплоты сгорания угольной продукции, достигаемой в результате породовыборки, от крупности горной массы, поступившей в переработку, позволяющие выбирать рациональные параметры технологических процессов

2. Показатель приведенной теплоты сгорания угля и зависимость приведенной теплоты сгорания угля от комплексного показателя оценки технологических процессов угольного разреза, использование которых в процессе управления качеством полезного ископаемого на пластовом угольном месторождении с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля позволяет прогнозировать потребительские свойства товарной продукции на основе корректировки технологических параметров разработки месторождения.

3. Экономико-математическая модель изменения товарной стоимости продукции угольного разреза при реализации технологических решений по повышению качества угля, применение которой позволяет повышать экономическую эффективность деятельности угольного разреза.

Личный вклад автора состоит в постановке задач исследования, обосновании параметров технологических процессов для обеспечения требуемого качества продукции, разработке методики оценки качества технологических процессов в условиях отработки сложноструктурного месторождения каменного угля, установлении зависимости качества продукции от качества технологических процессов угледобывающего предприятия.

Практическая значимость работы состоит в разработке методических положений и рекомендаций, реализация которых обеспечивает повышение качества продукции угольных разрезов, разрабатывающих месторождение с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, и достижение заданного уровня эффективности.

Реализация результатов исследования. Разработанная методика обеспечения требуемого качества продукции угледобывающего предприятия в условиях отработки сложноструктурного месторождения каменного угля используется при планировании развития горных работ и в производственной деятельности ООО «СУЭК-Хакасия» и ООО «Восточно-Бейский разрез».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы рассмотрены и одобрены на международных научных симпозиумах «Неделя горняка» (г. Москва, 2015-2019 гг.), международных научно-практических конференциях «Открытые горные работы в XXI веке» (г. Красноярск, 2015 г., 2017 г.), на научно-методических семинарах НИИОГР (г. Челябинск, 2018-2020 гг.) и ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск, 2019-2020 гг.), на совещаниях в АО «СУЭК», ООО «СУЭК-Хакасия».

1. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С НЕВЫДЕРЖАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАЛЕГАНИЯ И КАЧЕСТВА УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

1.1 Анализ современных условий функционирования угольных разрезов

Запасы угля в мире в 2017 году составляли 1 035 млрд т, которых при текущих объемах потребления в среднем должно хватить на 134 года. Сравнение отдельных стран по соотношению запасов и объема добычи угля представлено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Разведанные запасы и резервы добычи угля по странам в 2017 г. [1]

Страна	Запасы, млн т	Добыча, млн т	Резервы (запасы/годовая добыча), лет
США	250 916	703	357
Россия	160 364	410	391
Австралия	144 818	481	301
КНР	138 819	3 559	39
Индия	97 728	719	136
ФРГ	36 108	175	206

По разведанным запасам Российская Федерация находится на втором, после США, месте в мире, а по резервам, определяемым соотношением запасов и объема добычи – на первом. При существующем объеме добычи угля в России запасов хватит более чем на 350 лет.

Структура добычи угля в мире по его видам, энергетический, коксующийся и бурый, представлена на рисунке 1.1.

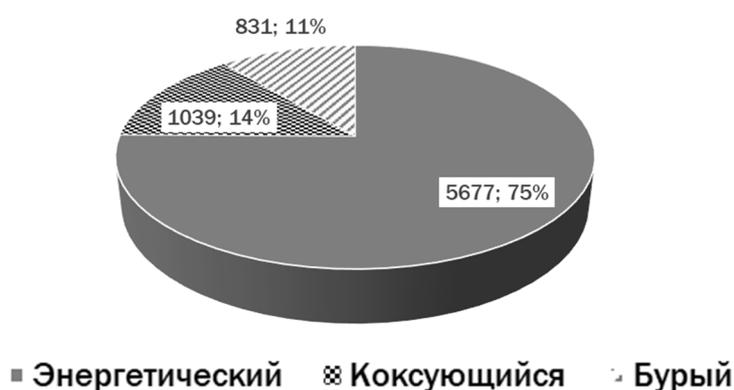


Рисунок 1.1 – Структура добычи угля в мире по видам в 2017 г., млн т [1]

Из представленной структуры видно, что 86% добываемого угля используется в энергетике.

На территории Российской Федерации по данным государственной отчетности расположены 33 угольных бассейна и 129 месторождений.

Российская Федерация является одним из мировых лидеров мировой угольной промышленности, по статистическим данным 2017 года она занимает шестое место по объемам угледобычи после таких стран как: Китай, США, Индия, Австралия и Индонезия (таблица 1.2.). [1]

Таблица 1.2 – Страны с наибольшей добычей угля в мире в 2015 – 2017 гг., млн. т [1]

Страна	2015 г.	2017 г.
КНР	3 563	3 559
Индия	683	730
США	814	703
Австралия	512	500
Индонезия	455	488
Россия	352	387
ЮАР	255	257
Мир в целом	7 731	7 548

На долю угледобывающих предприятий России приходится около 5% мировой угледобычи. При этом отечественная угольная промышленность занимает третье место по экспорту угольной продукции, уступая Индонезии и Австралии. На международном рынке на долю России приходится около 15%. Общий объем добычи в России за 2019 год составил 441 млн тонн, динамика объемов добычи угля представлена на рисунке 1.2.

Важно отметить, что за последние 30 лет, то есть с 1990 года, в отечественной угольной промышленности произошли важные системные изменения: в результате реализации программы реструктуризации угольной отрасли все предприятия и производственные объединения перестали получать государственные дотации, стали частными с персонифицированными владельца-

ми капитала [2]. Вследствие этого российские углепроизводители вышли на мировые рынки сырья, труда и инвестиций.

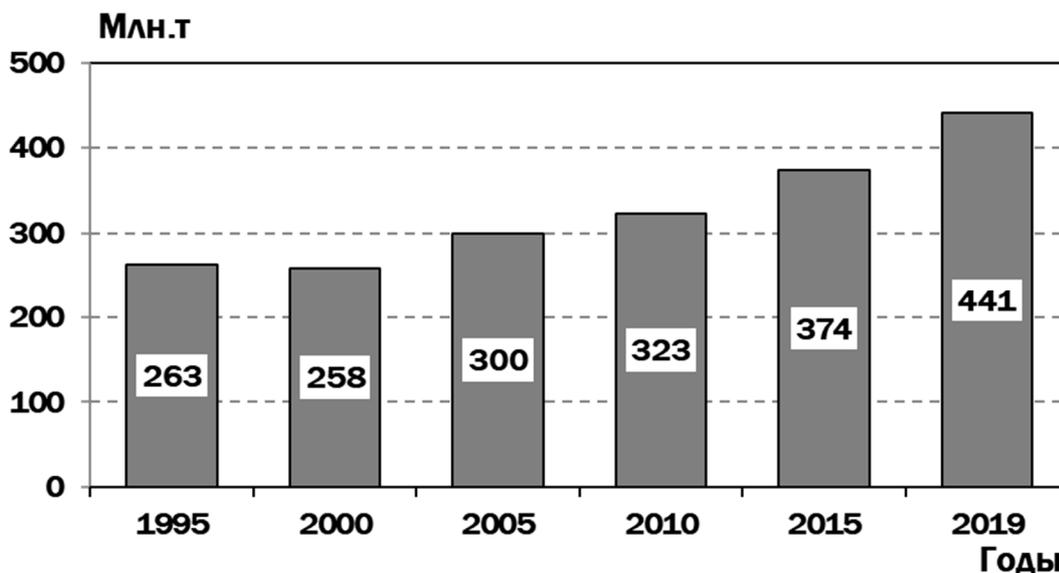


Рисунок 1.2 – Добыча угля в России в 1995-2019 гг., млн т [3]

В результате таких существенных преобразований у многих предприятий появились возможности приобретения и освоения современных технологий и оборудования для ведения горных работ, что позволило обеспечить среднегодовой прирост объемов добычи в угледобывающей отрасли на 3-5%.

Добыча угля на территории России производится в семи федеральных округах, и в 25 регионах. Угольная отрасль является одной из важнейших для обеспечения социально-экономического благополучия для 15 субъектов нашей страны.

Наряду с продолжением развития традиционных центров угледобычи (Печорского, Кузнецкого, Канско-Ачинского, Горловского и Минусинского угольных бассейнов) идет освоение новых месторождений в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке (Улуг-Хемского бассейна, Эльгинского угольного месторождения в Южно-Якутском угольном бассейне), а также в Арктической зоне Российской Федерации (Верхне-Алькатваамского и Амаамского угольных месторождений в Чукотском автономном округе, Малолемберов-

ского, Нижнелемберовского и Сырадасайского месторождений в Таймырском угольном бассейне) [4].

Угледобывающие предприятия являются градообразующими более чем для 30 населенных пунктов. В угольной отрасли задействовано около 150 тыс. человек, и ещё примерно 500 тысяч человек работают в обеспечивающих и близко связанных отраслях.

Доля экспорта в общем объеме поставок российского угля увеличились за 20 лет с 33% до 54 %, в том числе за счет укрепления позиций на рынках стран Азиатско-Тихоокеанского региона, прежде всего Японии, Южной Кореи, Китая, Тайваня, Индии, Малайзии и Вьетнама [4]. Угольная продукция потребляется также во всех субъектах России. Главными потребителями угольной продукции на внутривнутрироссийском рынке являются тепло- и электрогенерирующие станции, предприятия жилищно-коммунального сектора и коксохимические заводы (рисунок 1.3).

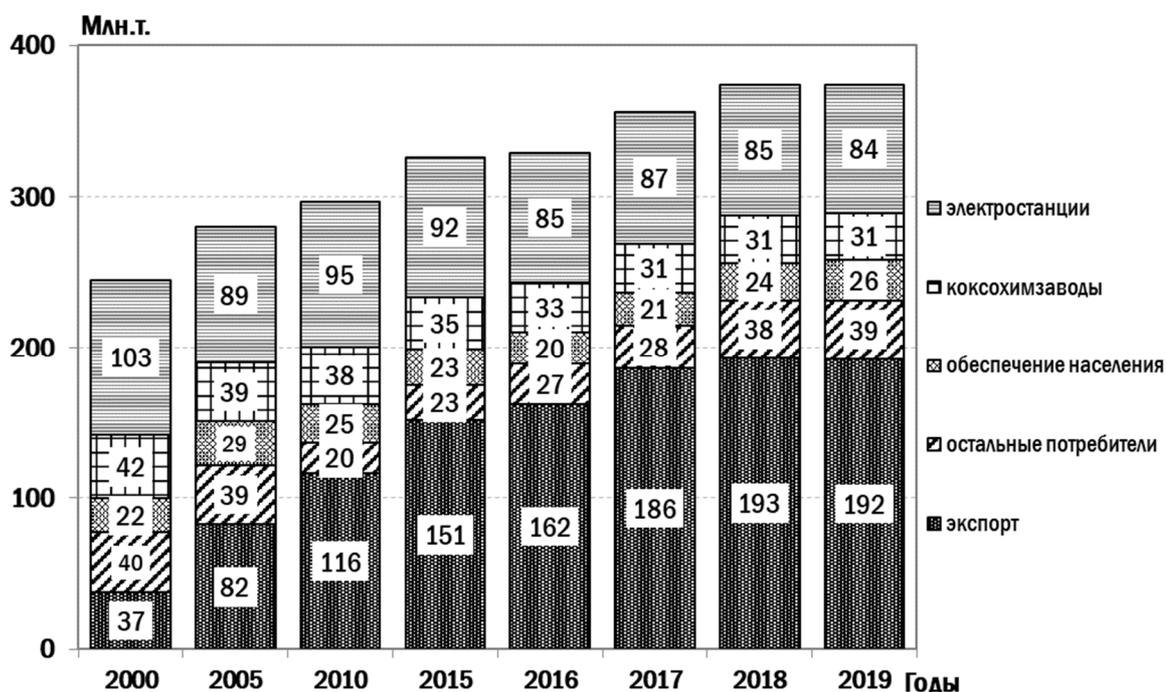


Рисунок 1.3 – Структура отгрузки угля, добываемого на территории Российской Федерации, млн т [3]

Таким образом, угольная промышленность является важным системо-

образующим элементом социально-экономического развития России, особенно её восточных регионов. Успехи угольной отрасли обусловлены как внешними, так и внутренними причинами и обстоятельствами.

К внешним факторам развития угольной отрасли России следует отнести сложившуюся в 2000-2019 гг. благоприятную конъюнктуру мирового топливно-энергетического рынка – два десятилетия высоких цен на нефть и энергетические ресурсы, а также выгодное соотношение курса валютной пары «рубль-доллар», благодаря чему обеспечена высокая экономическая стабильность функционирования – ежегодные инвестиции в основной капитал угольных организаций выросли за 2008 – 2018 года в 2,5 раза: с 60 до 144 млрд рублей.

К внутренним факторам развития угольной отрасли следует отнести рациональный выбор технологий добычи и переработки угля, а также обеспечение высокого уровня производительности труда и оборудования.

В результате изменения технологии добычи угля доля подземного способа добычи сократилась за период 1995-2019 гг. с 42% до 24% от общего объема добычи угля в РФ (рисунок 1.4).

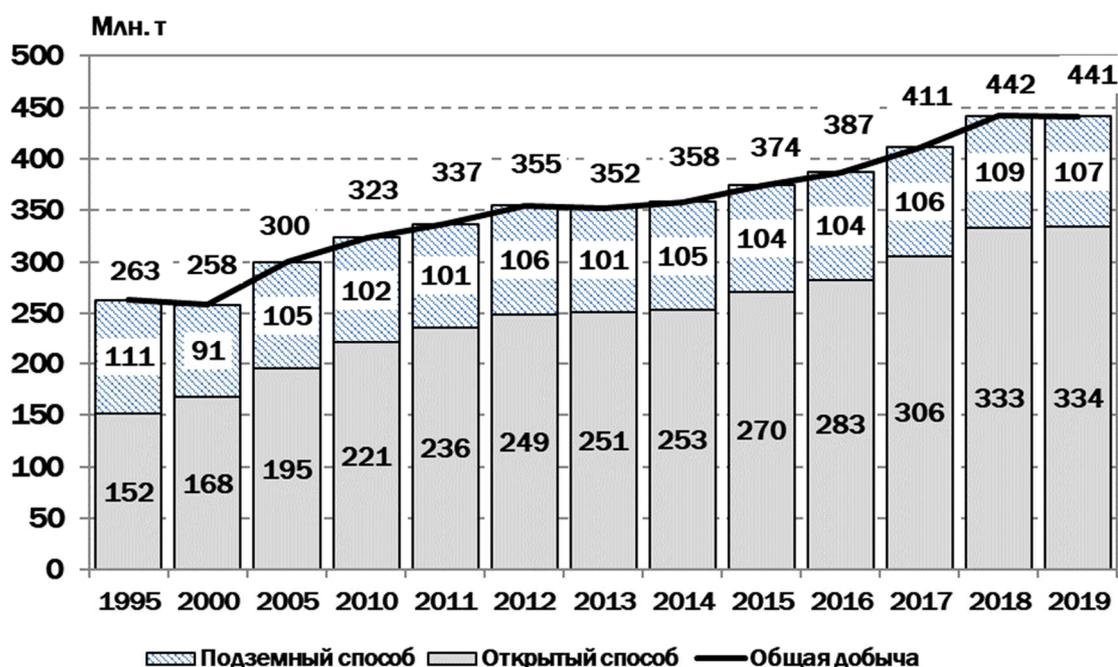


Рисунок 1.4 – Динамика добычи угля в России подземным и открытым способами в 1995-2019 гг., млн т [3]

Около половины из действующих предприятий введены в эксплуатацию после 2000 года, они в основном оснащены высокопроизводительным горно-шахтным и горнотранспортным оборудованием, используют современные технологии угледобычи:

- прогрессивную технологию «шахта-лава» используют 42 шахты (72 % общего числа действующих шахт) [4];

- доля гидравлических экскаваторов занимает более 50% от всех мощностей угольных разрезов;

- большинство предприятий использует систему автоматизированной диспетчеризации грузопотоков и позиционирования техники и персонала в режиме реального времени.

Указанные технико-технологические преобразования позволили повысить уровень использования экскаваторов за период 1990-2017 гг. в 3,2 раза (с 95 до 300 производительных ч в месяц), автосамосвалов – в 1,8 раза (с 200 до 350 производительных ч в месяц), что представлено на рисунке 1.5.

Производительное время, маш.-ч/мес.

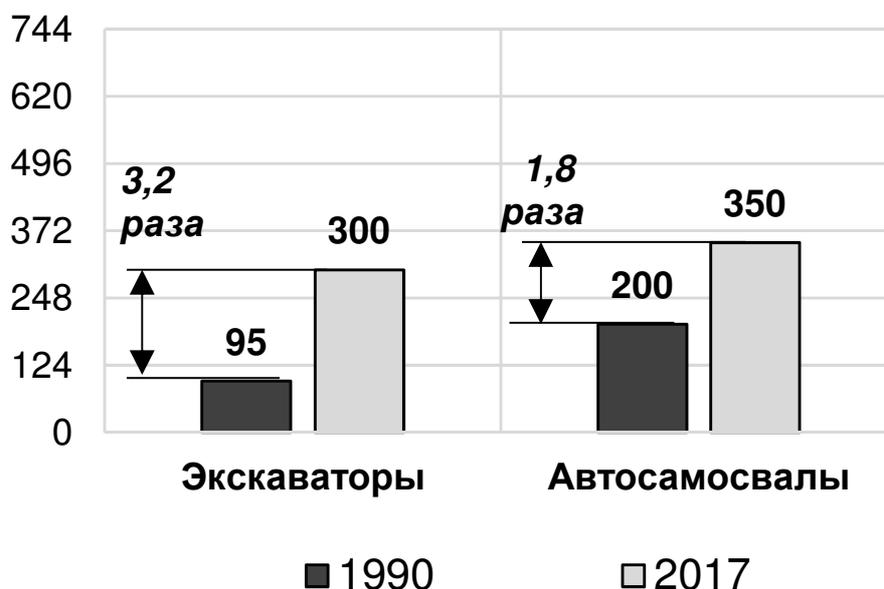


Рисунок 1.5 – Сравнение времени производительного использования экскаваторов и автосамосвалов, эксплуатируемых на российских угольных разрезах в 1990 и 2017 годах [5]

Среднемесячная производительность труда работника угольной промышленности увеличилась с 2008 года в 1,5 раза. Более чем в 5 раз снизился удельный коэффициент смертельного травматизма.

Технологические способы повышения качества продукции на российских угледобывающих предприятиях связаны, в основном, со строительством обогатительных производств (фабрик). На обогатительных фабриках в 2019 г. было переработано 199 млн т угля. Выпуск концентрата составил 112 млн т. Выпуск угля крупных или средних классов составил 17,1 млн т.

Результатом проводимой политики технико-технологического перевооружения углеперерабатывающего производства стало снижение средней зольности отгружаемого потребителям угля до 13% в 2019 году, при том, что зольность добываемого угля в среднем по отрасли составила 20,5% (рисунок 1.6).

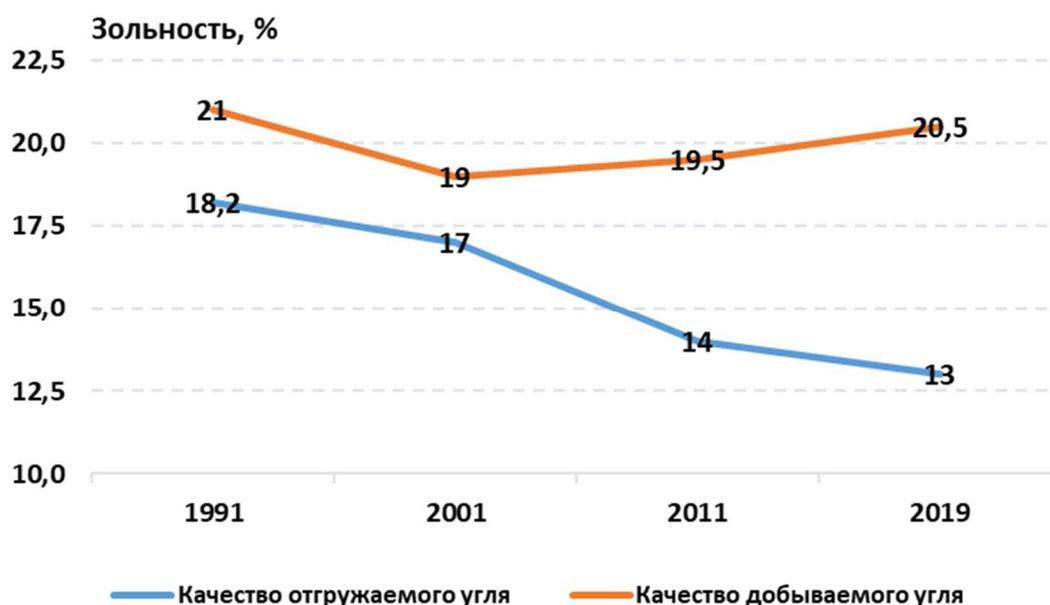


Рисунок 1.6 – Динамика зольности добываемого и отгружаемого угля в РФ в 1991-2019 гг.

Несмотря на неуклонный рост объема обогащения российского угля, доля обогащенного угля в общем объеме добычи в РФ снижается с 2016 г., что обусловлено опережением темпов роста добычи над обогащением (рисунок 1.7).

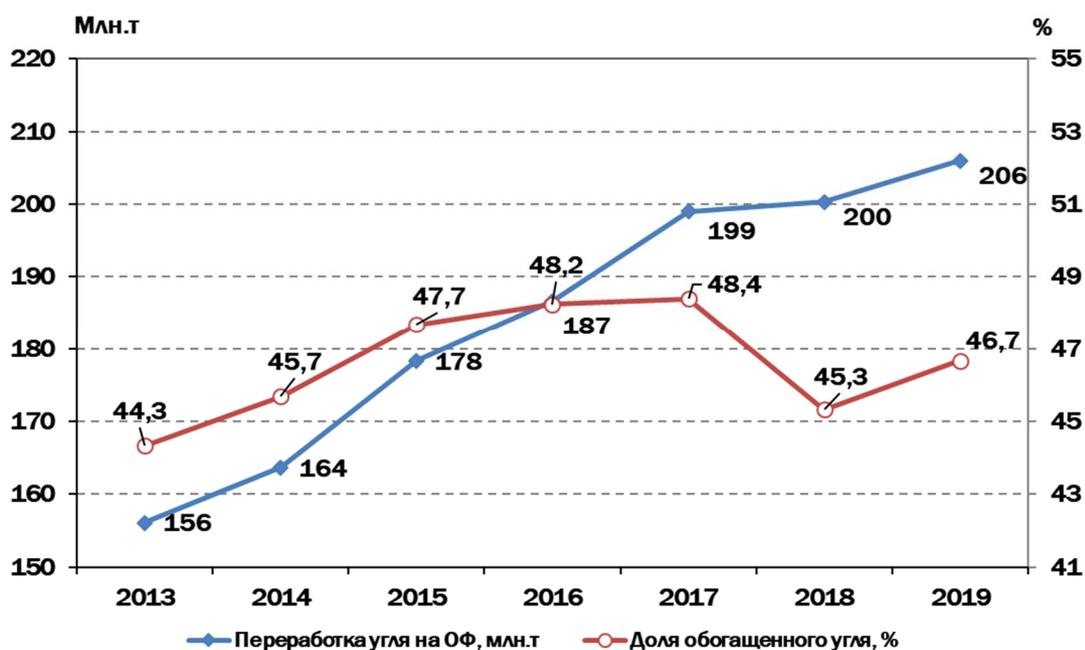


Рисунок 1.7 – Динамика переработки угля на обогатительных фабриках в РФ в 2013-2019 гг. по данным [3]

Наряду с достигнутыми позитивными результатами главными проблемами и факторами риска в угольной отрасли РФ являются:

- а) снижение внутреннего спроса и конкуренция угольного топлива с природным газом;
- б) несбалансированный рост операционных затрат на производство, транспортировку и перевалку в портах угольной продукции;
- в) замедление структурной перестройки шахтного фонда с выводом из эксплуатации неперспективных шахт с особо опасными горно-геологическими условиями работы;
- г) сохраняющиеся ограничения пропускной способности на отдельных участках железных дорог, прежде всего Восточного полигона в направлении поставок угля на растущий рынок стран АТР, сдерживающие реализацию экспортного потенциала отрасли;
- д) международная кампания против использования угля под предлогом реализации экологической повестки;
- е) возрастающие требования к качеству угля на рынках и ценовая политика, ориентированная в первую очередь, на сырье высокого качества [4];

ж) ценовая война стран-экспортеров нефти.

Указанные негативные тенденции являются взаимосвязанными. Так, например, принятие на законодательном уровне Парижских соглашений по климату странами Европейского Союза привело в 2019 году к существенному снижению спроса на угольную продукцию – образовался «козырек», то есть превышение предложения над спросом, что обусловило снижение цен на энергетический уголь в 2 раза (со 100 до 50 долл. США), что представлено на рисунке 1.8.

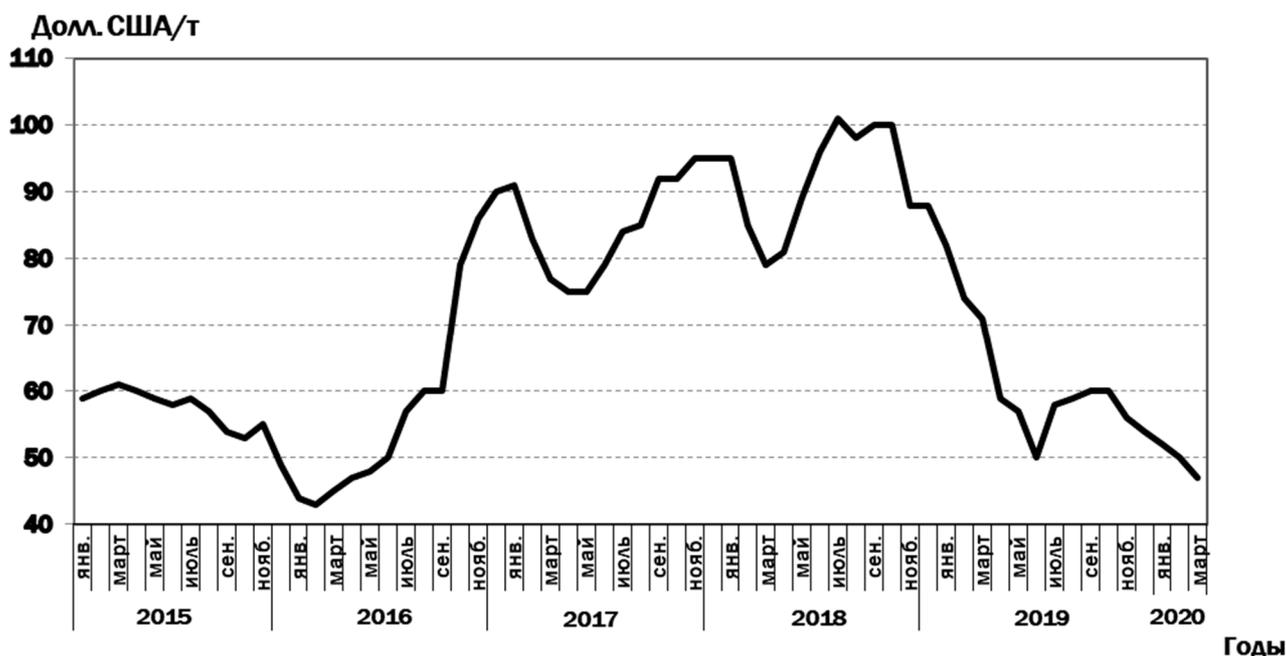


Рисунок 1.8 – Изменение цен на энергетический уголь CIF ARA Европа за период 2015-1 кв. 2020 гг., долл. США/т по данным [3]

При этом среднеотраслевой показатель себестоимости добычи угля в 2019 г. вырос относительно 2018 г. в 1,11 раза и составил 2411 руб./т или 37,2 долл. США/т (рисунок 1.9). С учетом указанных разнонаправленных тенденций изменения цены и себестоимости многие угледобывающие предприятия становятся низкорентабельными и убыточными, что в будущем существенно отразится на снижении потока инвестиций в отрасль и замедлении обновления основных фондов.

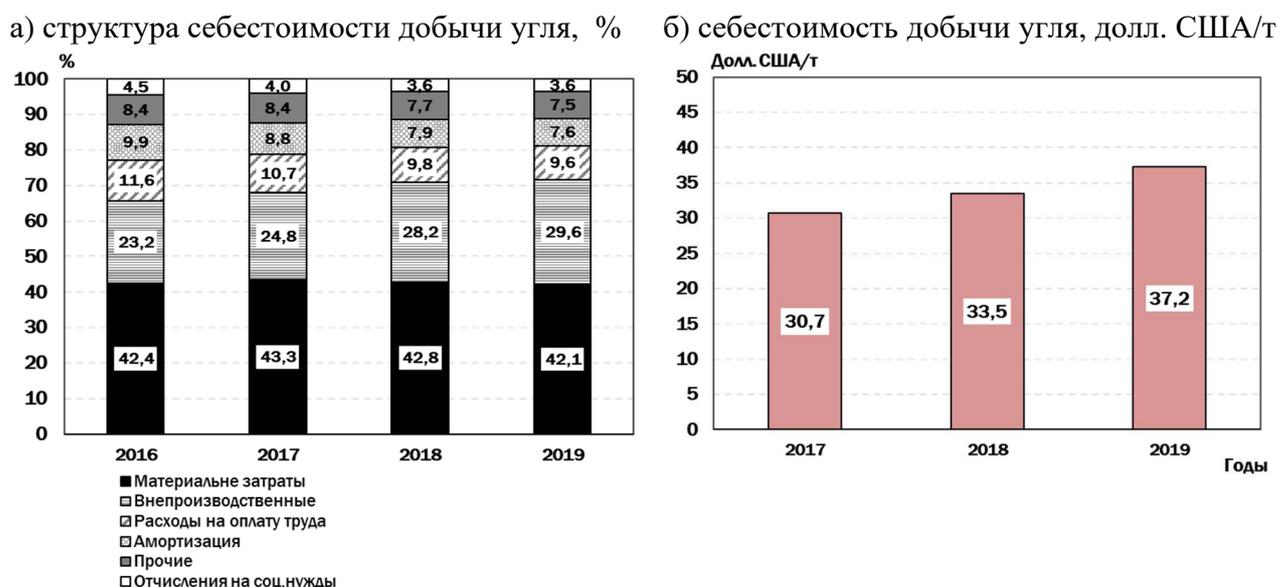


Рисунок 1.9 – Изменение структуры и величины себестоимости добычи угля в РФ за период 2017-2019 гг.

В сложившейся ситуации основные возможности для улучшения финансового состояния угледобывающих предприятий и компаний заключаются в повышении качества товарной продукции и снижении себестоимости добычи.

Проведенный диссертантом анализ процесса ценообразования на рынке энергетического угля выявил высокую тесноту связи между ценой продукции и низшей теплотой, что представлено на рисунке 1.10.

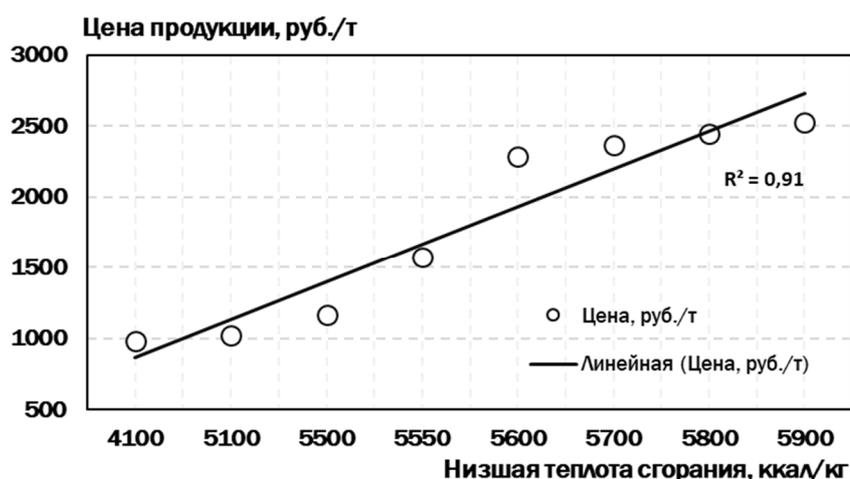


Рисунок 1.10 – Связь цены и низшей теплоты сгорания энергетического угля (в фактических ценах 2019 г.)

Таким образом, перед руководством угледобывающих предприятий и компаний России, особенно энергетических, встает задача обоснования технологических параметров угольного разреза и новых технологических решений, обеспечивающих повышение качества продукции до требуемого (рыночного) уровня при одновременном сохранении или снижении производственных затрат.

1.2 Особенности разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля

Развитие открытого способа добычи угля в топливно-энергетической секторе промышленности российских регионов, расположенных в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке формируют потребность в поиске новых комплексных технологических решений. С одной стороны, они должны обеспечивать максимальное использование природного потенциала ТЭК, с другой – быть максимально эффективными, обеспечивающими долгосрочную конкурентоспособность угольной отрасли.

«Почти все буро- и каменноугольные месторождения Дальнего Востока и Восточной Сибири, предназначенные для открытой разработки, представлены брахосинклиналями, которые разрезами отрабатываются полностью или частично. Угленосные отложения относятся, как правило, к одной геологической свите. В результате разведки выделяется свита угольных пластов, а после геолого-экономической оценки – промышленные (рабочие) пласты.

Обычные параметры кондиций на уголь для открытых работ следующие:

- минимальная мощность угольного пласта 1-2 метра;
- максимальная мощность внутрипластовых породных прослоев, включаемых в подсчет запасов, 0,7-1 метр;
- предельная зольность по пластопересечению 35- 45%;
- минимальные запасы пласта 1-2 млн т;
- предельный линейный коэффициент вскрыши 11-16» [6].

В то же время изменяющиеся требования на рынках угля приводят к пересмотру данных параметров, направленных на усложнение технологии разработки месторождения, для снижения потерь угля, большей полноты освоения месторождения и улучшения качественных характеристик продукции.

«В результате геолого-промышленной оценки выделяются одно-, двух- и многопластовые (три и более) свиты пластов. Понятие «свита» применительно к однопластовому месторождению сохраняется для обозначения того, что:

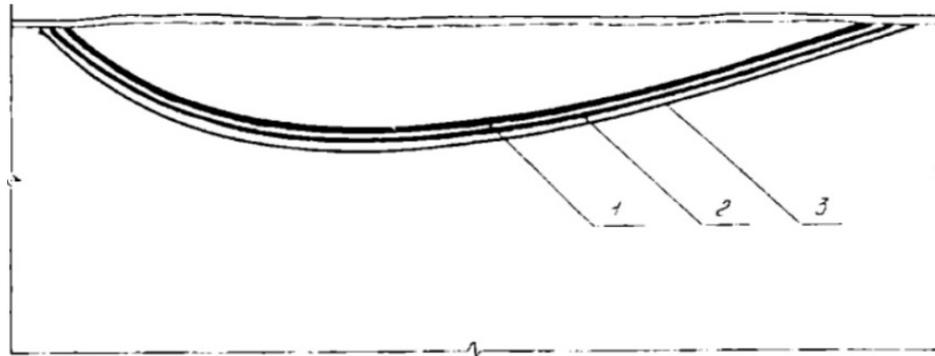
- а) один промышленный пласт остался после «отсеивания» других пластов;
- б) один пласт может трансформироваться в несколько пластов после его переоценки.

Дальнейшая структуризация месторождения связана с относительным местоположением пластов. По этому признаку выделяют сближенные (сосредоточенные) и рассредоточенные пласты. Сближенными пластами являются те, мощность которых соизмерима с мощностями разделяющих их междупластий. Как правило, такие пласты и междупластья разрабатываются по единой технологии одинаковыми или одними и теми же техническими средствами.

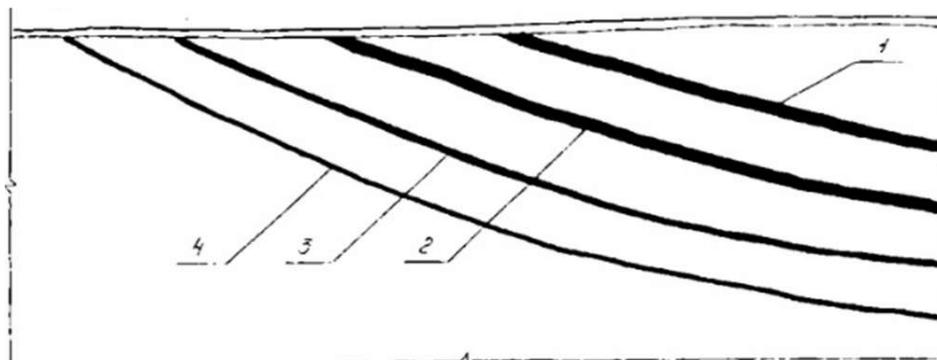
Рассредоточенные пласты характеризуются тем, что мощность породного междупластья между ними существенно (в полтора-два раза и более) превышает мощности самих пластов.

Наконец, промышленная свита может быть представлена группами сближенных пластов, причем сами группы пластов рассредоточены. В этом случае суммарная мощность пластов и междупластий группы (общая мощность пластовой группы) соизмерима с мощностью вскрышных пород, разделяющих отдельные группы пластов. Такие пласты в целом можно назвать сосредоточенно - рассредоточенными.

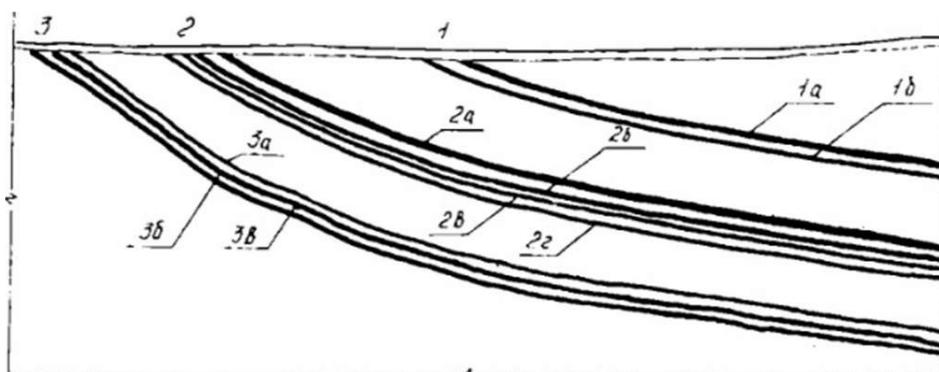
Итак, свита пластов может быть представлена одним пластом (вырожденный случай), одной группой сближенных пластов, несколькими рассредоточенными пластами или(и) группами сближенных пластов. Этим случаям соответствуют сосредоточенная, рассредоточенная и комбинированная структуры свит угольных пластов (рисунок 1.11)» [6].



а)



б)



в)

Рисунок 1.11 – Структуры угольных месторождений: а) - сосредоточенная; б) – рассредоточенная (1, 2, 3, 4 – пласты); в) – комбинированная (сосредоточенно-рассредоточенная; 1, 2, 3 – группы пластов; 1_а, 1_б, 2_а, 2_б - пласты)[6]

Такое залегание пластов требует особого подхода к выбору технологии и последовательности отработки, к обоснованию комплексов механизации и параметров технологических процессов.

«Угольный пласт, как известно, – объект селективной разработки и промышленной оценки. Пласт может быть однородным (сплошным), состоящим из пачек чистого угля и иметь в этом случае простую структуру. Пласт может быть разнородным, включать угольные пачки и породные прослои. Такой пласт будет сложноструктурным» [6].

«Сложноструктурный пласт мощностью, например, 1-2 метра может быть разделен на более тонкие пласты (например, минимальной толщиной 30-40 см.), отрабатываемые отдельно. И мы получаем новые пласты, часть из которых имеют малую мощность. Структура новых пластов, в свою очередь, может быть простой или сложной.

В то же время такое разделение пласта на ряд более тонких пластов и породных прослоев между ними характеризует формирование группы сближенных тонких пластов, разделенных тонкими междупластиями, и ведет в общем случае к изменению структуры части свиты пластов или всего месторождения.

Сложноструктурное в геологическом отношении месторождение характеризуется нестационарным характером угольных пластов, неравномерной и сильной изменчивостью содержаний качественных показателей угля и внутрипластовых включений (линзы высокозольных включений) в пробах, а также весьма сложной морфологией.

Несколько иной оттенок данному термину придается при его рассмотрении с горно-технологической точки зрения. Как правило, при разработке сложного в структурном отношении месторождения неизбежно возникают сложности технологического порядка, связанные с организацией работ, выбором и управлением параметрами технологических процессов и т.д.» [6].

Технологический аспект термина «сложноструктурное месторождение» определяется способом отработки месторождения – валовым или селектив-

ным. Сложноструктурное месторождение может быть простым с точки зрения ведения добычных работ, если применяется валовый способ выемки полезного ископаемого, если же ведется селективная выемка угольных пластов, то месторождение является сложным не только в геологическом, но и в горно-технологическом отношении [7].

Горно-геологические и горно-технические особенности залегания и разработки сложноструктурных месторождений, ввиду их специфичности, обуславливают необходимость обоснования технологических параметров их разработки, которые существенно отличаются от параметров, характерных для простых в геологическом строении месторождений.

Огромный вклад в методологическую базу разработки сложноструктурных месторождений был заложен отечественными учеными в 70-80е годы XX века при разработке и освоении Экибастузского месторождения бурого угля. В работах М.И. Щадова, Н.М. Велик, Федотова И.П., Винницкого В.С. систематизирован и описан опыт открытой разработки сложноструктурных пластов каменного угля в Экибастузском бассейне, рассмотрены наиболее эффективные технологические схемы разработки крутых, наклонных и пологих пластов с переменной мощностью и крепостью прослоек при селективной и валовой выемке угля [8-10].

В [11] отмечается, что эффективность разработки сложных месторождений обеспечивается корректировкой используемых теоретических и методических подходов на стадиях технико-экономического обоснования, проектирования, строительства и эксплуатации, в том числе на основе совершенствования методов управления потребительскими свойствами извлекаемого минерального сырья.

Исходя из позиций ряда авторов, в том числе Д.Р. Каплунова, М.В. Рыльниковой, К.Н. Трубецкого, В.А. Чантурии [12], при освоении таких залежей должен резко возрастать интерес к глубине изучения содержания полезного ископаемого, дифференциации запасов по составу и качеству с учетом новых возможностей геотехнологий, управлению качеством сырье-

вых потоков. Основными целями при этом являются снижение затрат на добычу и переработку, а также рост объёма реализации готовой продукции.

Традиционно считается, что полнота и достоверность исходной информации более важны при планировании работы горнодобывающих предприятий, отрабатывающих рудные месторождения. В то же время угледобывающие компании по всему миру участвуют в разработке более сложных месторождений, расположенных, как правило, в экстремальных горногеологических условиях. Для России это Восточная Сибирь, Дальний Восток и районы Крайнего Севера.

В связи с этим роль предпроектного и эксплуатационного дополнительного изучения геологической среды постоянно возрастает. Проф. Щадов В.М. отмечал: «Считалось, а во многих случаях и сейчас считается, что для горняков геология месторождения, в частности морфология угольных пластов, их строение (структура), линейные и объёмные размеры и качество, определяемые кондициями, являются заданными результатами геолого-экономической оценки, в которой горняки принимают весьма отдалённое участие. Такое положение надо менять. Роль горняков в формировании сырьевой базы, которую они должны осваивать и которая в большой степени зависит от принимаемой техники и технологии разработки, должна быть усилена» [13]. Такой подход приобретает все большую актуальность в условиях современной постоянно изменяющейся ситуации как на рынках сырья, так и в условиях возрастающей сложности морфологического строения новых месторождений, вовлекаемых в разработку.

Ранее в ряде организаций, в том числе в ИГД СО РАН, на примере сложноструктурных угольных месторождений Южной Якутии, в первую очередь Нерюнгринского, была обоснована объективная необходимость более глубокого дополнительного изучения георесурса для разработки и принятия адекватных мер, направленных на совершенствование систем управления качеством угля при добыче и обогащении. Однако до настоящего време-

ни ряд вопросов, относящихся к этим важным технологическим процессам, не решён.

Рост конкуренции на внутренних и внешних рынках коксующегося и энергетического угля обуславливает актуальность изучения вопросов, связанных с повышением качества выпускаемой продукции и адаптивным управлением рядом её потребительских свойств. Эта тенденция обусловлена тем, что в условиях быстрых изменений в экономике спрос и предложение на минеральные ресурсы плохо прогнозируются, что влияет на условия и цены продажи и относится практически ко всем маркам и сортам угля» [14].

В.Б. Артемьевым в [15] была разработана методологическая база вывода угольных компаний из кризисного состояния на основе формирования безотходного производства, ориентированная на системное обоснование технологических и организационных решений по ликвидации «узких мест» в производственных звеньях угледобычи за счет модернизации оборудования, использования нетрадиционных способов глубокого обогащения и переработки антрацитов с учетом их углехимических свойств и петрографического состава (рисунок 1.12).

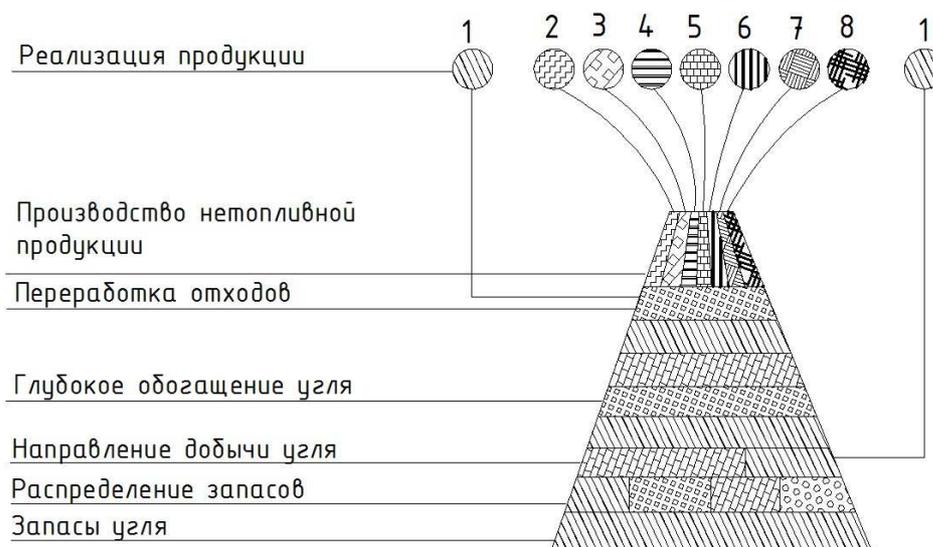


Рисунок 1.12 - Структурная схема вертикально-интегрированной технологической системы добычи и переработки антрацитов: 1 - энергетический уголь;

2 - термоантрациты; 3 - карбид кремния; 4 - фильтранты для очистки воды; 5 - сорбенты; 6 - термографиты; 7 - электроды; 8 - футеровочные изделия [15]

Повышение качества угольной продукции в условиях возрастания требований потребителей и неоднородности полезного ископаемого внутри месторождений требует разработки индивидуального подхода, в основе которого должны быть специально разработанные технико-технологические, информационные, организационные и финансово-экономические элементы, формирующие систему управления качеством продукции. В основе создания и развития таких систем – рациональное сочетание параметров во всех технологических звеньях, процессах и операциях, базирующееся на непрерывном пополнении и обновлении представлений о закономерностях распределения в массиве пластов как отдельных свойств угля, так и их различных сочетаний и комбинаций [16].

Пластовое месторождение с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля – месторождение, имеющее несколько угольных пластов и пропластков с различной мощностью и с существенными отличиями качественных характеристик полезного ископаемого. Такие месторождения, характеризующиеся неравномерной и сильной изменчивостью качественных характеристик полезного ископаемого, а также сложной морфологией, относят к разряду сложноструктурных.

К наиболее характерным пластовым месторождениям с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, расположенным на территории России, относятся: Буреинский (запасы около 9,6 млрд. т) и Иркутский (около 7 млрд. т) угольные бассейны, Никольское месторождение каменного угля (около 0,26 млрд. т), а также Бейское каменноугольное месторождение.

Бейское месторождение расположено в междуречье рек Абакана и Енисея, в 60 км юго-западнее г. Абакан – административного центра республики Хакасия. Месторождение приурочено к Абаканской (Бейской) мульде с размерами 5-12 x 33 км, площадью около 300 км². Мульда представляет собой ассиметричную синклиналь с углами падения 5-18° на северном крыле и 40-60° на южном. Большая часть площади месторождения перекрыта аллюви-

альными отложениями древней долины р. Енисей. Мощность угленосных отложений в центральной части мульды достигает 1400 м. Угленосная толща охватывает интервал от нижнего отдела каменноугольной системы до нижнего отдела пермской системы включительно. Отложения представлены алевролитами, песчаниками, аргиллитами, конгломератами, гравелитами и углями – 42 рабочих угольных пласта. На месторождении выделяется 9 участков: Центральный, Сосновоозерский I и II, Западный, Аршановский I и II, Майрыхский, Кирбинский, Чалпан. Месторождение разрабатывается предприятиями ООО «Восточно-Бейский разрез», ООО «Майрыхский разрез», ООО «Аршановский разрез», ООО «Кирбинский разрез» (рисунок 1.13).

Горно-геологические особенности месторождения. Наиболее угленасыщенными на данном месторождении являются отложения черногорской свиты, которая включает 20 угольных пластов и пропластков суммарной мощностью до 43 м.

Рабочие угольные пласты относятся к пластам средней мощности и мощным, характеризуются сложным строением. Чаще всего они состоят из двух, трех, реже из четырех и пяти пачек угля, разделенных прослоями аргиллитов, алевролитов, реже песчаников. Иногда прослой сидеритизированные или окремнены.

Строение пластов усложняется также многочисленными зонами слияния и расщепления на самостоятельные пласты. Междупластья указанных пластов изменяются от 1,0 до 3,6 м. Суммарная мощность угольных пластов пригодных для отработки открытым способом 38,4-41,3 м, геологический коэффициент вскрыши по горной массе составляет 3,27 т/м³. Строение, мощность угольных пластов и породных прослоев по плаstopересечениям показано на рисунке 1.14.

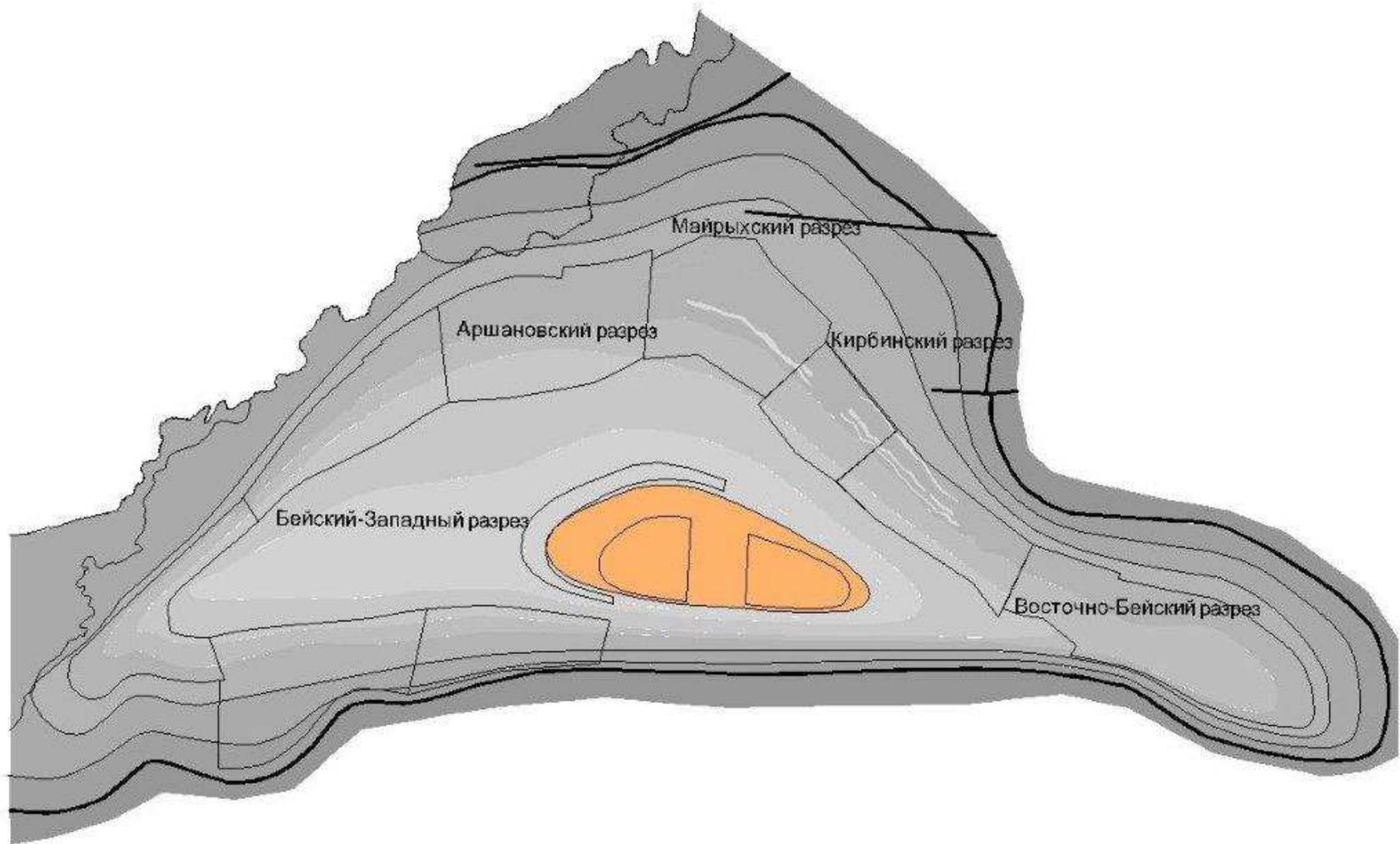


Рисунок 1.13 – План Бейского каменноугольного месторождения

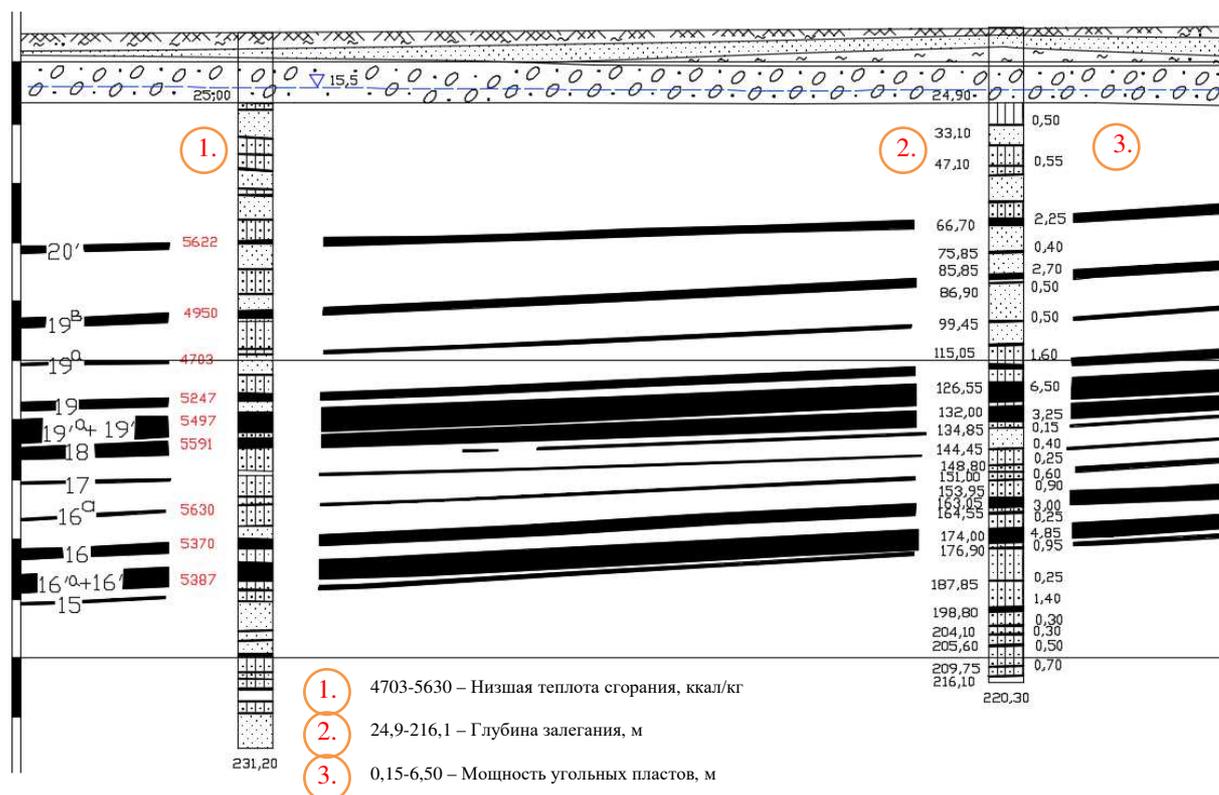
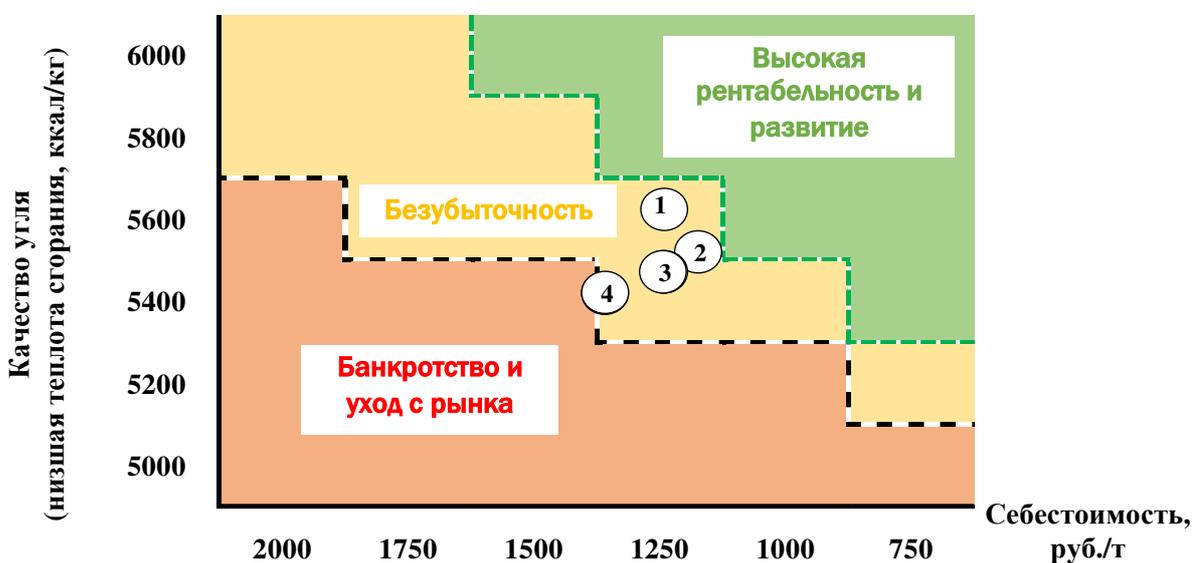


Рисунок 1.14 – Характерный геологический разрез Бейского каменноугольного месторождения

В целом угли месторождения относятся к марке Д – длиннопламенные, при этом диапазон нижней теплоты сгорания в пределах одного обрабатываемого участка может составлять от 4700 до 5630 ккал/кг, при средней теплоте сгорания по месторождению 5450 ккал/кг.

Технологические особенности месторождения. В качестве основных технологических особенностей разработки Бейского каменноугольного месторождения следует выделить: широкое использование мобильных (зачастую дизельных) гидравлических одноковшовых экскаваторов и колесных погрузчиков с вместимостью (емкостью) ковша от 0,2 до 22 м³, дизельных автосамосвалов с грузоподъемностью от 15 до 220 т, отсутствие на всех предприятиях технологических процессов глубокого обогащения угля, что существенно повышает важность точного подбора технологических схем и решений по обеспечению полноты и качества выемки полезного ископаемого.

В зависимости от качества угольной продукции и состояния рынка энергетических углей, стоимость 1 т произведенной на предприятии продукции может отличаться в 2-3 раза, что существенно отражается на экономических показателях деятельности предприятия – его рентабельности, инвестиционной и социальной привлекательности и, соответственно, его позиции на рынке. Оценка рыночных позиций угледобывающих предприятий открытого способа добычи, отрабатывающих Бейское месторождение, в координатах «средняя себестоимость 1 т угля – среднее качество угля» представлено на рисунке 1.15.



Угольные разрезы: 1 – Майрыхский, 2 – Аршановский, 3 – Восточно-Бейский, 4 - Кирбинский

Рисунок 1.15 - Рыночные позиции предприятий Бейского каменноугольного месторождения в 2019 г.

Проведенное позиционирование предприятий, разрабатывающих Бейское пластовое месторождение с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, позволило вывить основную возможность усиления их рыночных позиций, которая заключается в необходимости районирования месторождения по качественным характеристикам, выделения отдельных блоков, выборе последовательности, технологии и параметров их отработки, обеспечивающие требуемое качество товарной продукции.

1.3 Обзор научно-методической базы обеспечения требуемого качества продукции на угольных разрезах

В процессе исследования по теме диссертационной работы был выполнен обзор трудов как отечественных, так и зарубежных ученых, а также практиков в области открытой разработки месторождений. Проектирование и последующее развитие горных работ для обеспечения требуемых объемов и качества продукции угольных разрезов, обрабатывающих различные типы месторождений, осуществляются в настоящее время по методикам, которые разрабатывались и развивались академиками Н.В. Мельниковым, Н.Н. Мельниковым, В.В. Ржевским, К.Н. Трубецким, членами-корреспондентами РАН Д.Р. Каплуновым, В.Л. Яковлевым, профессорами Ю.И. Анистратовым, А.И. Арсентьевым, С.Е. Гавришевым, В.А. Галкиным, В.В. Истоминым, С.В. Корнилковым, В.А. Пикаловым, М.В. Рыльниковой, А.В. Соколовским, Г.Г. Саканцев, М.Г. Саканцев, П.И., Томаковым, Г.А. Холодняковым, В.С. Хохряковым и другими учеными [17-33].

Особенностям разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля посвящены труды таких научных коллективов как ИПКОН РАН, ИГД УрО РАН, Якутский НЦ СО РАН, МИСиС, СПГУ, КузГТУ, специалистов и ученых, в числе которых В.Б. Артемьев, Б.Н. Байков, Н.В. Гончарова, В.А. Ермолаев, А.С. Ненашев, В.Ф. Колесников, В.В. Мельник, А.К. Порцевский, В.Г. Проноза, А.В. Селюков, А.Г. Самойленко, В.П. Смирнов, Д.С. Снетков, С.М. Ткач, В.С. Федотенко, Г.А. Холодняков, Е.А. Хоютанов, А.Ю. Чебан, В.М. Щадов, Б.П. Юматов и др. [6-13, 15, 34-52]

Вопросам обеспечения качества продукции горнодобывающих производств посвящены труды таких ученых, как П.П. Бастан, С.Б. Васильев, Л.С. Винницкий, В.М. Гаврилов, Гальянов А.В., В.Д. Кантемиров, Лаптев Ю.В., Г.Г. Ломоносов, Т.В. Москаленко, Ю.М. Овешников и др. [53-56, 61-63]

Выполненный анализ литературных источников показывает, что основными методами управления качеством сырья в процессе выполнения добычных работ на карьерах являются: подбор рациональной технологии взрывного разрушения массива полезного ископаемого, сепарация, усреднение и селективная добыча.

В работах [69-81] также особое внимание уделяется разведке угольных месторождений на различных стадиях, их геолого-экономической оценке и изучению качества угля в недрах.

Для понимания термина «качество» проведен обзор различных словарей и других литературных источников. В Приложении 1 представлены определения к слову «качество». В развитие теории, связанной с качеством продукции, были также сформулированы определения ценности продукции и управления качеством.

Диссертант в работе придерживается определения **«качества товарной продукции»** как совокупности свойств получаемой на предприятии продукции, определяющих степень ее пригодности для использования по назначению» [82].

Ценность продукции – важность, значимость свойств товара или услуги для потребителя с позиции удовлетворения его потребности. Традиционно в угольной отрасли применяются следующие критерии оценки ценности продукции: зольность, теплотворная способность, содержание примесей.

Управление качеством товарной продукции – деятельность персонала предприятия, нацеленная на обеспечение наилучшего соотношения средневзвешенной ценности и себестоимости продукции на основе корректировок и реализации функций планирования и контроля качества, коммуникации (информации), разработки мероприятий и реализации соответствующих технологических и организационных решений.

В ходе реализации выполненных в последние годы исследований в области повышения качества продукции угольных разрезов получены результаты, позволяющие повысить экономическую эффективность их разработки.

В работах, направленных на улучшение технологии ведения горных работ с целью управления качеством угля на разрезах, установлено, «что его качественные показатели характеризуются чрезвычайной пространственной вариацией, зависят от мощности угольного пласта и расстояния от его кровли до точки отбора пробы» [83].

«Обоснованы рекомендации для разработки буроугольных месторождений разрезами небольшой мощности. В частности, предложено применять технологические комплексы оборудования, в которых используются гидравлические экскаваторы. Для управления качеством продукции при разработке таких месторождений целесообразно использовать технологию добычных работ, основанную на применении экскаваторов, обеспечивающих избирательную выемку угля слоями строго определенной толщины и рациональным раскроем пласта на выемочные слои» [84].

Принятые параметры системы разработки и технология комплексной механизации влияют на экономические показатели угольных разрезов. Например, в [83] было установлено, что доходность возврата инвестиций связана с высотой уступа, а полученная зависимость имеет вид параболы, экстремум которой смещается в сторону уменьшения высоты уступа при увеличении зольности и коэффициента ее вариации.

В вопросах изучения управления качественными характеристиками угля значительное количество исследований посвящено их зольности и влажности.

В работе [85] предложен методический подход к дифференциации качественной характеристики – зольности угля, основанный на учёте особенностей углеобразования сложноструктурных месторождений, рассмотрении и анализе комплекса накопленных данных о структуре и формах нахождения неорганического вещества в угле, расширенном понимании механизмов из-

менения его качества при переходе от запасов к потокам, формируемым при добыче и обогащении угля.

Также Е.А. Хоютановым в [85] предложена методика оценки зольности угля по пяти составляющим: пустые породы кровли, почвы, зон нарушенности; извлекаемые внутрипластовые породные и высокозольные прослойки; породные и высокозольные прослойки, не извлекаемые по различным причинам; минеральные частицы песка, глины и пыли вкрапленные по всей массе угля, заполняющие часть трещин и порового пространства и материнские неорганические минеральные примеси. На основе проведенного исследования обоснован ряд предложений по совершенствованию схемы управления качеством угля на Эльгинском месторождении на основе комплекса средств анализа и организационно-технологических мер управления такой качественной характеристикой угля как зольность на стадиях планирования, добычи и углеподготовки.

Работа [82] посвящена исследованиям влияния качества угля добываемого на разрезах на результаты его переработки, а также на состояние окружающей среды в деятельности добывающих предприятий в комплексе с перерабатывающими и использующими уголь организациями. Автором подтверждается высокая актуальность решения задач обоснования экономической целесообразности повышения качества добываемых углей путем совершенствования технологических схем вскрытия, подготовки угля. По расчетам, приведенным в исследовании, установлено, что чем выше зольность, тем более эффективны способы подготовки и отработки выемочных полей, обеспечивающие снижение зольности добываемого угля.

В работе [86] исследовано влияние величины низшей теплоты сгорания энергетического угля на его цену. Автором выдвинуто дискуссионное положение, «что в результате воздействий на уголь может быть изменена только зольность». Также в работе доказывается, что стабилизация и повышение качества углей достигается в результате того, что для углей с массовой долей минеральных примесей (породы) более 2,5 % и (или) зольностью более 20 %

применяется в различных сочетаниях комплекс мер, предусматривающих селективное складирование, усреднение и выделение породных примесей [86].

В работе [87] разработана «методика планирования суточной добычи для условий Харанорского месторождения, которая позволяет оперативно находить оптимальные задания суточной добычи по всем забоям по критериям достижения наибольшей производительности, либо наибольшего экономического эффекта, либо максимальной прибыли от усредненного угля, а также технических возможностей». Установлено, что при организации работы добычных экскаваторов по критерию максимального качества угля, их производительность снижается на 42,9%, а экономическая эффективность открытой разработки повышается на 30%.

По результатам исследования для повышения качества угля на Харанорском угольном месторождении предложено применение в комплексе с добычными роторными экскаваторами забойных перегружателей. Реализация данного решения позволяет осуществлять эффективное перемешивание, усреднение и селективную выемку по сортам в сложных забоях [87].

В тоже время, зольность и влажность углей в последнее время не является приоритетной качественной характеристикой на рынках сырья, при том, что они также учитываются при формировании стоимости продукции.

В работе [88] отмечено, что, например, основная масса энергетических бурых углей сжигается в мощных пылеугольных котлах, которые рассчитываются на средние значения показателей качества угля определенного угольного разреза и чувствительны к отклонениям этих показателей от заявленных средних значений. По экспертным оценкам, увеличение зольности или влажности угля на 1 % уменьшает КПД котла на 0,3 %, увеличивает расход топлива на 1 %, электроэнергии на собственные нужды – на 0,1 %, мазута – на 0,3 %, вынужденные простои энергоблока на ремонте – на 60 часов в год. Кроме этого, сжигание топлива нестабильного качества приводит к загрязнению окружающей среды и применению штрафных санкций к потребите-

лям угля. Поэтому для потребителей одним из важнейших показателей является стабильность качества угля.

Уголь, залегающий в разных пластах одного месторождения может существенно различаться по качественным характеристикам. Это приводит к тому, что качество угольной продукции отгружаемой разрезом различается. Постоянство качественных характеристик угля, требуемое потребителями может достигаться, например, его усреднением. Усреднение производимое непосредственно на разрезе включает: планирование горных работ с учетом обеспечения усреднения полезного ископаемого, межзабойное усреднение в процессе производства выемочно-погрузочных работ, а также специальные способы усреднения добытого угля, которые дополняют, но не заменяют друг друга. Применение различных способов усреднения или комбинация способов являются наиболее действенным средством снижения колебаний качественных характеристик товарного угля. В условиях разреза обычно применяют слоевой способ усреднения или продольный сдвиг. Первый из них реализуется в слоевых штабелях; второй заключается в разделении угольного потока на две части, задержке (сдвигу) одной части потока относительно другой с последующим соединением обеих частей в единый поток. Поэтому исключительную важность представляет задача наиболее рационального их использования в условиях разреза, а также возможности более эффективного совместного применения обоих способов в одной усреднительной системе.

В результате проведенных исследований показано, что математические модели способов усреднения становятся проще и информативнее, если в них используется функция качества, зависящая от массы, а не от времени, и вычисляется спектр непосредственно функции качества, а не корреляционной функции. При практическом применении способов усреднения для достижения наилучшего результата необходима их настройка; параметры способов должны соответствовать характеру колебаний качества угля и меняться с изменением этого характера» [88-91].

Однако, уголь, поступающий на усреднение, должен выдерживать качественные характеристики, при которых в процессе усреднения может быть получена готовая продукция с качеством, потребным на рынке. Это может быть обеспечено только соответствующими преобразованиями в технологических процессах на разрезе.

Таким образом, благодаря усилиям исследователей и практиков создана научно-методическая база по определению производительности и границ карьеров, обоснованию последовательности разработки месторождений, предложены технологические решения для ведения горных работ в различных горно-геологических условиях, которые достаточно широко отражают вопрос повышения эффективности производства и качества продукции на угольных разрезах. Отработка месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля имеет свои технологические особенности. Поэтому сложившиеся методы обеспечения требуемого качества продукции разрезов нуждаются в уточнении, а применяемые на предприятиях технологические решения по ведению горных работ – в адаптации под горнотехнические условия таких месторождений.

1.4 Цель, задачи и методы исследования

Цель работы – разработка технологических решений и обоснование их параметров для отработки месторождений каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей для повышения экономической эффективности деятельности угольных разрезов.

Идея работы – повышение экономической эффективности деятельности угольного разреза, разрабатывающего месторождение с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей, достигается разделением фронта горных работ на блоки с оценкой качества угля в них по предложенному показателю приведенной теплоты его сгорания, выбором направления и порядка развития горных работ, обоснованием рациональных параметров основных технологических процессов при отработке каждого

блока, обеспечивающих получение продукции требуемого качества по критерию максимума товарной стоимости при минимальных потерях угля в недрах.

Основные задачи исследования:

- анализ теории и практики обеспечения требуемого качества продукции угледобывающего предприятия при отработке пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля;

- выявление параметров качества технологических процессов на разрезах, влияющих на ценность продукции угледобывающего предприятия;

- определение технологических параметров разработки угольного месторождения, обеспечивающих заданное качество продукции угледобывающего предприятия;

- разработка экономико-математической модели оценки целесообразности применения новых технологических решений, обеспечивающих повышение качества продукции;

- разработка и апробация методики оценки качества технологических процессов.

Методы исследования. В процессе исследований использованы методы системного и статистического анализа, экспертных оценок, экономико-математического моделирования, производственного эксперимента, натуральных наблюдений, а также обобщение опыта проектирования и эксплуатации отечественных и зарубежных угольных разрезов.

Выводы:

1. Угольная промышленность является важным системообразующим элементом социально-экономического развития России, особенно её восточных регионов. В последнее время все больше в разработку вовлекаются месторождения со сложными горно-геологическими условиями и более низкими качественными показателями добываемого угля. Проведенный анализ экономических показателей функционирования отрасли отражает, что в целом себестоимость производства угля увеличивается, а требования потреби-

телей к качеству экспортируемой продукции повышаются. Таким образом, возникает необходимость поиска решений по обеспечению повышения качества продукции угледобывающих предприятий, в особенности тех, на которых, по ряду причин, отсутствуют обогатительные фабрики.

2. Особую сложность представляет решение задачи повышения качества продукции для пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, на которых отдельно взятый пласт месторождения может быть разнородным, включать отличающиеся по характеристикам угольные пачки и породные прослои. Повышению эффективности разработки таких месторождений и улучшению качественных показателей посвящено множество исследований. Технические, технологические и организационные преобразования в последние годы внесли значительный вклад в развитие угольной промышленности России. Исследования, связанные с улучшением качества продукции угледобывающих предприятий, направлены в основном на снижение зольности угля путем селективной добычи, изменения планирования и развития горных работ, а также его усреднения.

3. Проведенное позиционирование предприятий по низшей теплоте сгорания, разрабатывающих Бейское пластовое месторождение с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, позволило выявить основную возможность усиления их рыночных позиций, которая заключается в необходимости районирования месторождения по качественным характеристикам, выделения отдельных блоков, выборе последовательности, технологии и параметров их отработки, обеспечивающие требуемое качество товарной продукции.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С НЕВЫДЕРЖАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАЛЕГАНИЯ И КА- ЧЕСТВА УГЛЯ

2.1 Факторы, влияющие на качество продукции угольного разреза

Уголь – сложнейшее органоминеральное образование, и поэтому обладает разнообразными свойствами. Основными качественными характеристиками угля являются: зольность, содержание влаги, серы и фосфора, выход летучих веществ, теплота сгорания, спекаемость, коксуемость и другими.

Уголь, как энергетическое топливо сжигается для получения тепла с последующим преобразованием его в различные виды энергии, поэтому основной полезной качественной характеристикой угля является его теплота сгорания.

Теплота сгорания, в свою очередь, зависит от качественного состава угля, в том числе зольности и влажности.

Наличие взаимосвязи между теплотой сгорания и элементарным составом топлива подтверждается существующими теплотехническими зависимостями, установленными в свое время П.Л. Дюлонгом, Г. Бунте, Д.И. Менделеевым. Универсальная формула подсчета низшей теплоты сгорания, разработанная Д.И. Менделеевым, дает достаточно полное совпадение с результатами калориметрических определений различных видов топлива:

$$QI = 81C^p + 300H^p - 26O^p - 26S^p - 6(W^p + 9H^p) \quad (2.1)$$

где 81 — теплота сгорания 1 % углерода, ккал/кг; 300 — теплота сгорания 1 % водорода, содержащегося в топливе, в воде, ккал/кг; 26 — снижение теплоты сгорания топлива вследствие содержания в нем 1 % кислорода, ккал/кг; 26 — теплота сгорания 1 % горючей серы, ккал/кг; 6 — снижение теплоты сгорания топлива вследствие расхода тепла на испарение 1 % влаги, содержащейся в топливе или образующейся при сгорании водорода ($9H^p$) [92].

Формула (2.1) показывает, что в теплоте сгорания угля учитываются изменения всех его качественных характеристик. При увеличении или уменьшении доли горючих компонентов (углерода, водорода) соответственно повышается или снижается теплота сгорания; наоборот, увеличение доли балластных составляющих вызывает снижение теплоты сгорания, а уменьшение доли приводит к ее увеличению.

Зольность и влажность энергетических углей в значительной степени снижают теплоту сгорания топлива вследствие не только уменьшения горючих компонентов, но и увеличения расхода тепла на плавление или нагрев минеральной массы и испарение воды. Для оценки изменения теплоты сгорания под действием этих балластных составляющих автором были проведены расчеты по экибастузским углям, которые показали, что с изменением содержания влаги на 1% теплота сгорания для этих углей составляет 52,53 ккал/кг.

Результаты расчетов изменения теплоты сгорания (Q_f) на 1 % изменения зольности по энергетическим углям Экибастузского месторождения представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Абсолютное и относительное изменения теплоты на 1 % изменения зольности для энергетических углей Экибастузского месторождения [92]

Марка угля	Зольность угля A^c , %	Качественные показатели угля			Изменение теплоты сгорания				
		Содержание влаги, %	Теплота сгорания, ккал/кг		Тепловой эквивалент	абсолютное, ккал/кг		относительное, %	
			Q	Q		на 1 % A^c	на 1 % A^p	на 1 % A^c	на 1 % A^p
СС	10,0	8,0	7820	6166	0,8809	-	-	-	-
	20,0	8,0	7820	5476	0,7822	69,05	75,05	1,26	1,37
	30,0	8,0	7820	4785	0,6836	69,05	75,05	1,44	1,57
	38,0	8,0	7820	4233	0,6047	69,05	75,05	1,63	1,77
	40,0	8,0	7820	4095	0,5850	69,05	75,05	1,68	1,83

На основании выше сказанного в [92] сделаны следующие выводы.

1. Основным свойством энергетических углей, характеризующим реальное количество тепловой энергии, заключенной в топливе, является низшая теплота сгорания на рабочую массу.
2. Теплота сгорания в первую очередь определяется содержанием в топливе углерода и водорода.
3. Значительное влияние на теплоту сгорания оказывает наличие в углях золы и влаги. Расчеты показали, что при изменении зольности угля на 1 % теплота сгорания изменяется для углей Экибастузского месторождения марки СС на 69 ккал/кг. При изменении влажности угля на 1 % при постоянной зольности для углей марки СС изменение теплоты сгорания составляет 52,53 ккал/кг.
4. Кроме того, расчеты показали, что изменение зольности на 10 % приводит к перерасходу топлива у потребителя на 16-18 %, и это учитывается в действующих ценах на сырье.
5. Показатель зольности в настоящее время выполняет в ценообразовании функцию универсального качественного критерия. Несмотря на важность этого показателя, он должен учитываться в сочетании с низшей теплотой сгорания [92].

В качестве основных факторов влияющих на качество продукции угольного разреза можно назвать следующие:

- геологическое строение и характеристика разрабатываемого месторождения, от которых зависит распределение угля различного качества по площади и глубине разрабатываемого участка, а также по площади и глубине отдельно взятых пластов;
- Система разработки месторождения и ее параметры от которых зависит направление подвигания фронта вскрышных и добычных работ, а также количество разрабатываемых участков и горизонтов с соответствующими характеристиками полезного ископаемого;
- Полнота и качество выполняемых основных технологических процессов, таких как: подготовка угля к выемке, выемочно-погрузочные рабо-

ты, транспортирование, складирование и переработка. Полнота и качество технологических процессов обусловлены соответственно количеством требуемых технологических операций и параметрами технологических процессов, соответствующих условиям разрабатываемого месторождения. Таким образом, от полноты и качества технологических процессов во многом зависит качество продукции;

- Наличие обогатительной фабрики, от которой так же зависит качество выпускаемой продукции.

В настоящее время на многих месторождениях уточнение качества углей в них и различные вопросы разработки осваиваются с использованием цифровых моделей, созданных с использованием ряда горно-геологических информационных систем (ГГИС) отечественными и зарубежными организациями [93-104].

Управлять качеством добываемого угля в недрах за счет его стабилизации следует за счет обоснования рационального направления развития фронта добычных работ. Это возможно за счет картирования месторождения и анализа изменения качественных характеристик угля (рисунки 2.1-2.2).

Результаты таких исследований могут быть использованы при проектировании угольных разрезов, разработке рекомендаций и способов управления качеством угля, определении параметров технологии добычи угля и направлений развития фронта работ в увязке с пространственной изменчивостью качественных показателей» [83,84].

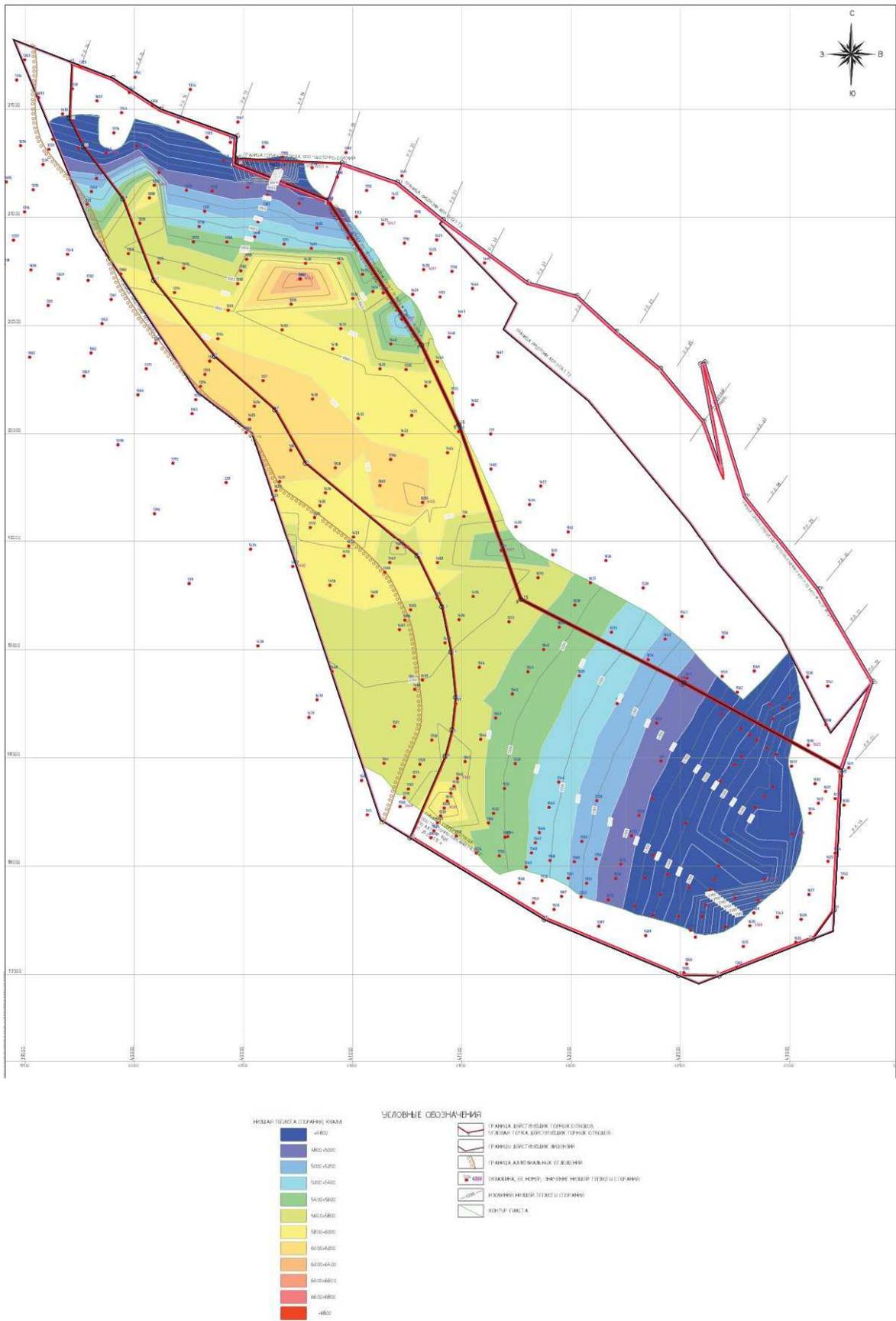


Рисунок 2.1 - Результаты картирования по теплоте сгорания
пл. 18 Бейского каменноугольного месторождения

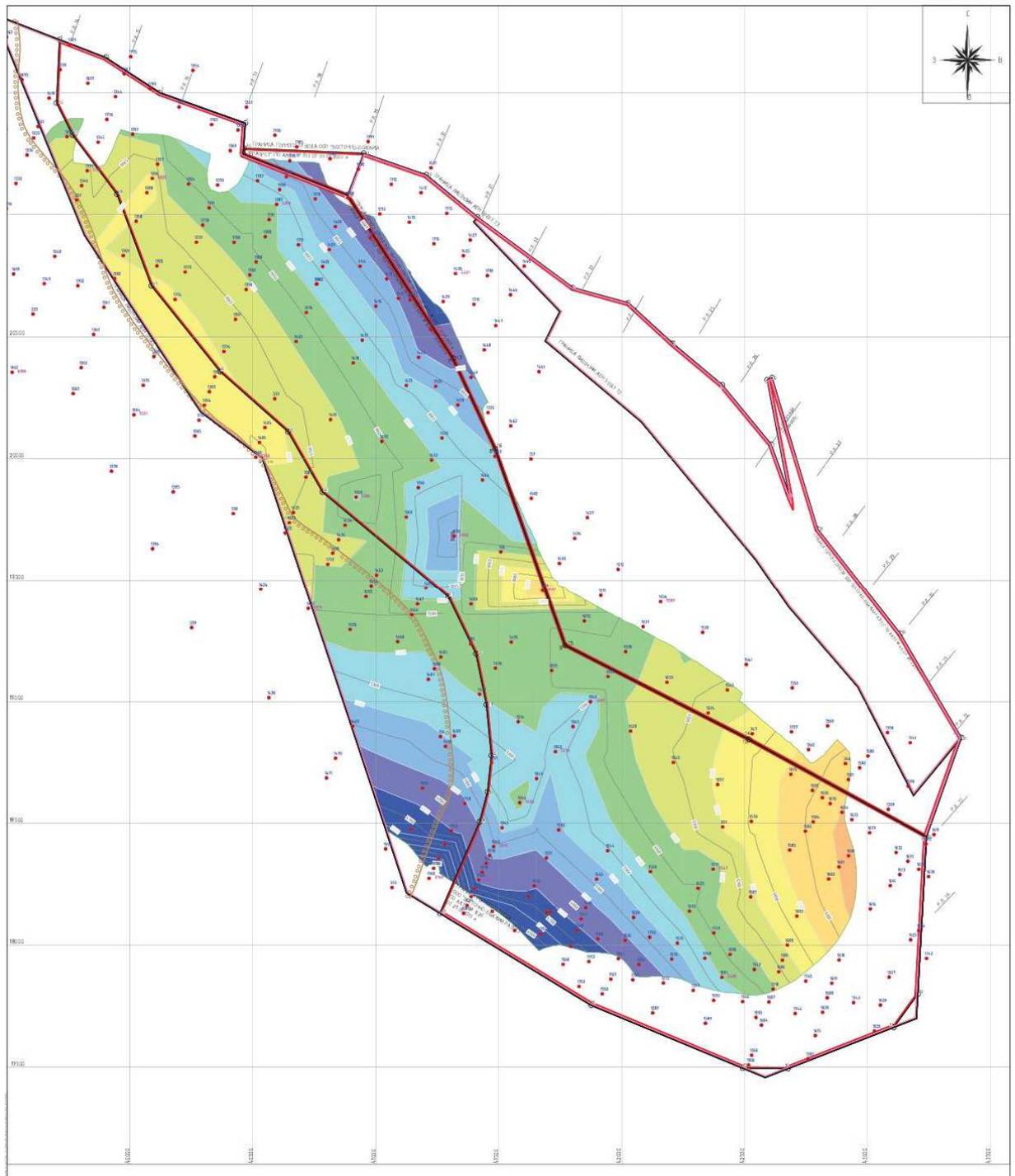


Рисунок 2.2 - Результаты картирования по теплоте сгорания пл. 19 Бейского каменноугольного месторождения

Повышение эффективности использования запасов пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля возможно на основе совместного учета качества угля в массиве с учетом природного разубоживания и последующего технологического разубоживания.

В настоящее время возможно использование методического подхода к дифференциации качества угля, который основан на учёте особенностей углеобразования пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, анализе имеющихся данных о структуре, форме нахождения неорганического вещества в угле, понимании особенностей изменения его качественных характеристик при переходе от угля в массиве к конечной продукции, формируемой при добыче и обогащении.

Учёт составляющих качества угля, связанных с традиционным и исследованным природным разубоживанием, детализируемых в пределах участков и пластов месторождения, ведет к снижению неопределенности исходной информации, являющейся основой для принятия технологических и организационных решений. Это повышает уровень изученности планируемых к отработке запасов и позволяет выявить дополнительные резервы повышения эффективности их освоения.

При оценке возможностей селективной добычи необходимо учитывать структуру породных прослоев в пластах угля, а также характер распределения данных прослоев по мощности и площади месторождения.

В совокупности принимаемые решения позволяют осуществлять управление качеством угля за счет селективной отработки при добыче угля породных прослоев различной мощности. При этом необходимо дополнительно разделять запасы угля в разрабатываемых пластах на более однородные с повышенным или пониженным количеством прослоев для организации простой (площадной), сложной (по мощности) или комбинированной раздельной выемки и формирования, в случае необходимости, самостоятельных или объединенных угольных потоков [85].

В результате исследований [86] разработан алгоритм управления качеством продукции угледобывающих предприятий и методика его применения при проведении добычных работ.

Алгоритм предусматривает следующие последовательно выполняемые операции:

- Формирование базы исходных данных.
- Пересчет системы координат.
- Разбивка пласта на квадраты с выбранной длиной стороны и сортировка данных по квадратам.
- Обработка исходных данных.
- Расчет средних значений показателей по линиям, образованным серединами квадратов.
- Расчет средних величин показателей качества угля для квадратов, в которых отсутствуют данные по пробам из разведочных скважин или канав.
- Окончательное формирование базы средних данных.
- Построение графиков изменения показателей качества по средним данным.
- Построение структурных графиков изменчивости и определение по его форме способа построения трендов.
- Построение трендов и составление уравнений зависимости показателей качества от координат.
- Определение погрешности графиков природной изменчивости параметров.
- Формирование базы расчетных данных.
- Планирование сменного (суточного, месячного) качества угля.
- Составление рекомендаций по проведению добычных работ с целью повышения и стабилизации качества продукции угледобывающего предприятия.
- Стабилизация и повышение качества углей (рис. 2.3.).



Рисунок 2.3 – Схема стабилизации и повышения качества углей [86]

Методика выбора варианта направления развития добычных работ на основе разработанного алгоритма заключается в следующем.

На основе сформированной базы средних данных изучается изменение качественных характеристик по возможным направлениям фронта горных работ путем нанесения на план пласта (с обозначенными границами квадратов) вариантов положений фронта горных работ при разработке и его последующих размещений при подвигании. Для каждого из положений фронта горных работ определяются качественные показатели угля, а также суммарная мощность породных прослоек (D_T) и зольность удаляемых прослоек (A^d) с учетом протяженности каждого квадрата, пересекаемого фронтом горных работ.

Далее, полученные значения качественных показателей принимаются равными среднему значению для данного положения добычного фронта работ. Строится график изменения показателей качества по рассматриваемому развитию фронта горных работ. Определение изменчивости, построение трендов и составление уравнений изменения показателей проводится в соответствии с п. 9-11 алгоритма управления качеством угля. После этого проводится анализ и выбор того или иного направления развития горных работ, исходя из полученных данных и требований, предъявляемых к качеству продукции. Для выбранного варианта проводятся дальнейшие действия по алгоритму (п. 12-15)» [86].

Приведенные выше результаты исследований посвящены управлению качеством сырья относительно первых двух выделенных в работе факторов, а именно: геологическое строение разрабатываемого месторождения, а также выбранная система разработки и ее параметры. Таким факторам как полнота

и качество выполняемых основных технологических процессов также посвящено достаточно много исследований, однако основной их направленностью является уменьшение зольности угля.

Несмотря на то, что продукция угольных разрезов оценивается значительным количеством характеристик, наибольшее влияние на цену и возможность реализации добытого угля оказывает низшая теплота сгорания угля. При этом следует учесть, что теплота сгорания это комплексный показатель, зависящий от таких характеристик как зольность, влажность и крупность куска, получаемых при определенных параметрах технологических процессов на угольном разрезе. Данные качественные характеристики и были приняты в настоящей работе как основные для дифференциации качества добываемого угля и формирования соответствующих технологических параметров на каждой стадии угледобычи для получения требуемой ценности продукции.

Качественные характеристики добываемого угля, находящегося в массиве, могут меняться в зависимости от технологических решений отработки отдельных блоков в массиве и параметров основных технологических процессов его добычи и переработки. При несоответствии технологических решений отработки и параметров технологических процессов условиям разрабатываемого месторождения, качество угля на стадии любого технологического процесса может быть снижено до значений, при которых данный вид продукции не востребован на рынке. Также параметры технологических процессов определяют себестоимость готовой продукции.

В результате изменения параметров технологических процессов на разрезе пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля возможно изменение и, соответственно, управление свойствами и вещественным составом, а также ценностью продукции. Изменения технологических решений отработки месторождения и параметров основных технологических процессов добычи должны быть направлены на максимальное формирование доли особо ценной и высокоценной продукции. Это возможно за счет детализации геологических данных, обеспечения макси-

мальной селекции при извлечении из массива и складировании, повышения крупности куска, уменьшения засорения, зольности и влажности угля. Соответственно необходимы изменения технологических решений отработки отдельных участков и параметров основных технологических процессов, таких как: подготовка пород к выемке, выемка и погрузка, транспортировка, складирование и переработка.

Для обоснования оптимальных технологических решений и параметров технологических процессов, обеспечивающих повышение ценности продукции пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, необходимо проведение соответствующих исследований.

2.2 Исследование технологических решений и параметров основных технологических процессов для обеспечения требуемого качества продукции

Качество полезного ископаемого на пластовых месторождениях с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля изменяется как по длине фронта работ, так и в пределах отдельного геологического профиля. В таких условиях, для обеспечения требуемого качества товарной продукции угольного разреза необходимо районирование месторождения по качественным характеристикам, выделение отдельных блоков, выбор последовательности, технологии и параметров их отработки.

Критерием разделения фронта горных работ на отдельные блоки, выбора последовательности их отработки и обоснования параметров технологических процессов при отработке каждого блока должен являться показатель, учитывающий основные качественные характеристики угля, влияющие на его товарную стоимость – теплоту сгорания, влажность и зольность. Автором предложен такой показатель – приведенная теплота сгорания угля.

В результате обработки статистическими методами данных о влажности, зольности и теплоте сгорания угля различных обрабатываемых блоков, установлена корреляционная зависимость теплоты сгорания от зольности и

влажности добываемого угля (рабочей) ($R=0,95$) в условиях Бейского месторождения, представленная на рис. 2.4.

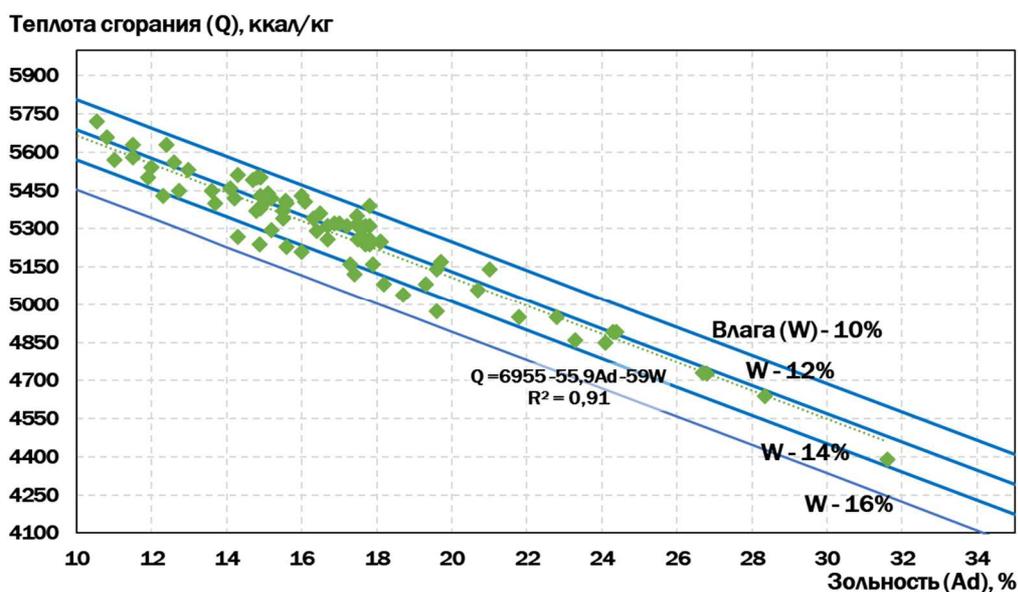


Рисунок 2.4 – Зависимость теплоты сгорания угольной продукции от зольности и влажности для условий Бейского угольного месторождения (2019 г, 82 угольных блока)

Для повышения точности прогноза качества продукции автором предложено дополнить полученное статистическое выражение параметром крупности куска добываемого угля, поскольку это оказывает существенное влияние на эффективность обогащения.

Расчет приведенной теплоты сгорания товарной продукции, учитывающей наряду с изменением зольности и влажности, также изменение крупности куска, для условий Бейского каменноугольного месторождения – типичного представителя месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, целесообразно производить по формуле:

$$Q_c^{\text{прив}} = 6955 - 55,9A^d - 59W + 2,24K, \quad (2.2.)$$

где: A^d – зольность добываемого угля, %; W – влажность (рабочая), %; K – доля крупного куска (размером не менее 50 мм), %.

Предложенная формула может быть применена при следующих условиях: $10\% \leq A_d \leq 32\%$; $9\% \leq W \leq 16\%$; $40\% \leq K \leq 75\%$.

Пример разделения фронта горных работ на отдельные блоки по величине показателя приведенной теплоты сгорания представлен на рис. 2.5.

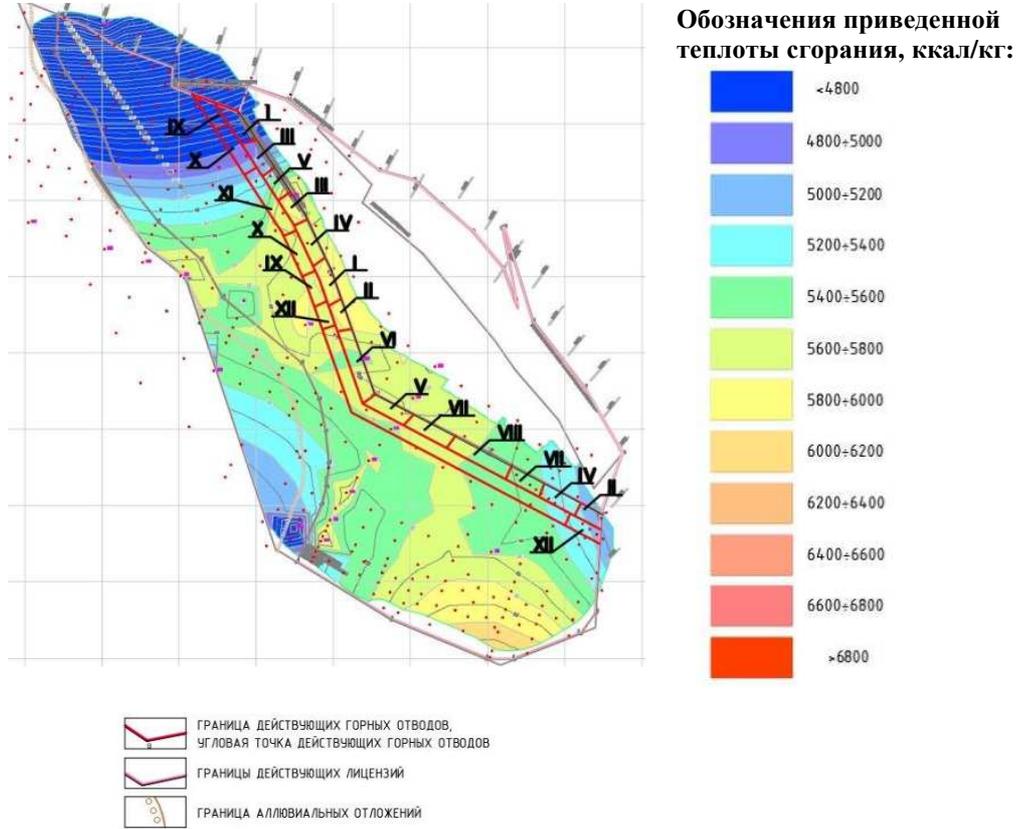


Рисунок 2.5 – Разделение фронта горных работ на блоки по показателю приведенной теплоты сгорания для условий Бейского угольного месторождения: I – XII – блоки, запланированные к отработке по месяцам

Эмпирическим путем установлено, что при существующей технологии опробования, точности измерительных приборов и ценовых параметров рынка угля необходимо разделение фронта горных работ на блоки, отличающиеся друг от друга величиной приведенной теплоты сгорания угля, не более чем на 200 ккал/кг [105].

Технологические решения и параметры, принимаемые при отработке месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, существенно влияют на приведенную теплоту сгорания добытого угля, от которой зависит его товарная стоимость. Для условий Бейского месторождения особо ценной угольной продукцией является товарная продукция с при-

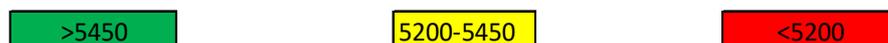
веденной теплотой сгорания угля более 5600 ккал/кг; высокоценной – 5500-5600 ккал/кг; ценной 5100-5500 ккал/кг; малоценной – менее 5100 ккал/кг.

Распределение запасов Восточно-Бейского месторождения по качественному показателю – низшая теплота сгорания представлено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Определение доли высокоценной угольной продукции на Восточно-Бейском угольном месторождении

№ пласта	Средняя низшая теплота сгорания	Запасы, тыс.т		% от общих запасов	% от общих запасов по низшей теплоте сгорания, ккал/кг
Пласт 20'	5622	6 694		5%	
Пласт 19В	4950	5 324		4%	53%
Пласт 19	5247	19 230		14%	
Пласт 19'а	4703	943		1%	
Пласт 19'	5497	24 541		18%	43%
Пласт 18	5591	13 424		10%	
Пласт 16а	5630	9 019		7%	
Пласт 16	5370	17 953		13%	5%
Пласт 16'а	5387	20 215		15%	
Пласт 16'	5556	17 708		13%	
Средняя	5433	Общие зап	135 051		

Условные обозначения, низшая теплота сгорания, ккал/кг



Из таблицы 2.2 видно, что доля запасов Восточно-Бейского месторождения, которую можно отнести к высокоценной угольной продукции, составляет 53 %, т.е. это уголь с низшей теплотой сгорания более 5500 ккал/кг.

На рисунке 2.6 представлена диаграмма средней калорийности угля по пластам Восточно-Бейского месторождения по имеющимся геологическим данным.

График на рисунке 2.7 показывает нам, на примере одного месяца, насколько можно улучшить качественные характеристики добываемого угля при применении новых параметров основных технологических процессов как отдельно по запланированным к добыче пластам, так и в целом (столбцы «итого»).



Рисунок 2.6 – Средняя калорийность угля по пластам Восточно-Бейского месторождения по имеющимся геологическим данным

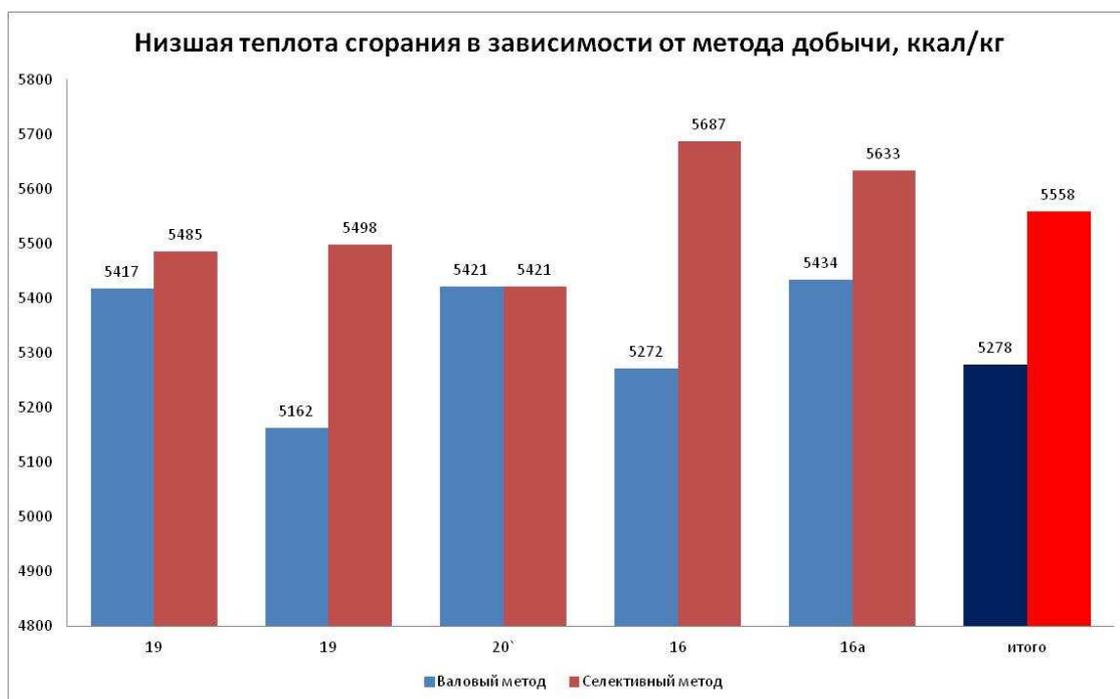


Рисунок 2.7 – Низшая теплота сгорания угля по пластам Восточно-Бейского месторождения, которую можно достичь в зависимости от способа добычи и применяемых технологических параметров

При разделении фронта горных работ на блоки необходимо учитывать, что усредненное качество добываемого угля, при одновременной отработке нескольких блоков, должно соответствовать текущей потребности рынка. Для этого рекомендуется производить предварительный отбор проб угля,

определение его качества, районирование вовлекаемой в отработку площади и разделение фронта горных работ на блоки по величине приведенной теплоты сгорания.

Параметры выделяемых блоков определяются рабочими характеристиками применяемого оборудования, а также принятыми параметрами основных технологических процессов открытых горных работ. Ширина блока принимается кратной ширине заходки экскаватора, длина блока определяется необходимостью обеспечения работы экскаваторов по взорванной горной массе на установленный нормативный период и корректируется с учетом длины фронта работ на разрабатываемом горизонте.

Общая схема методики выбора и определения рациональных параметров блоков при планировании представлена на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Схема выбора и определения рациональных параметров блоков при планировании

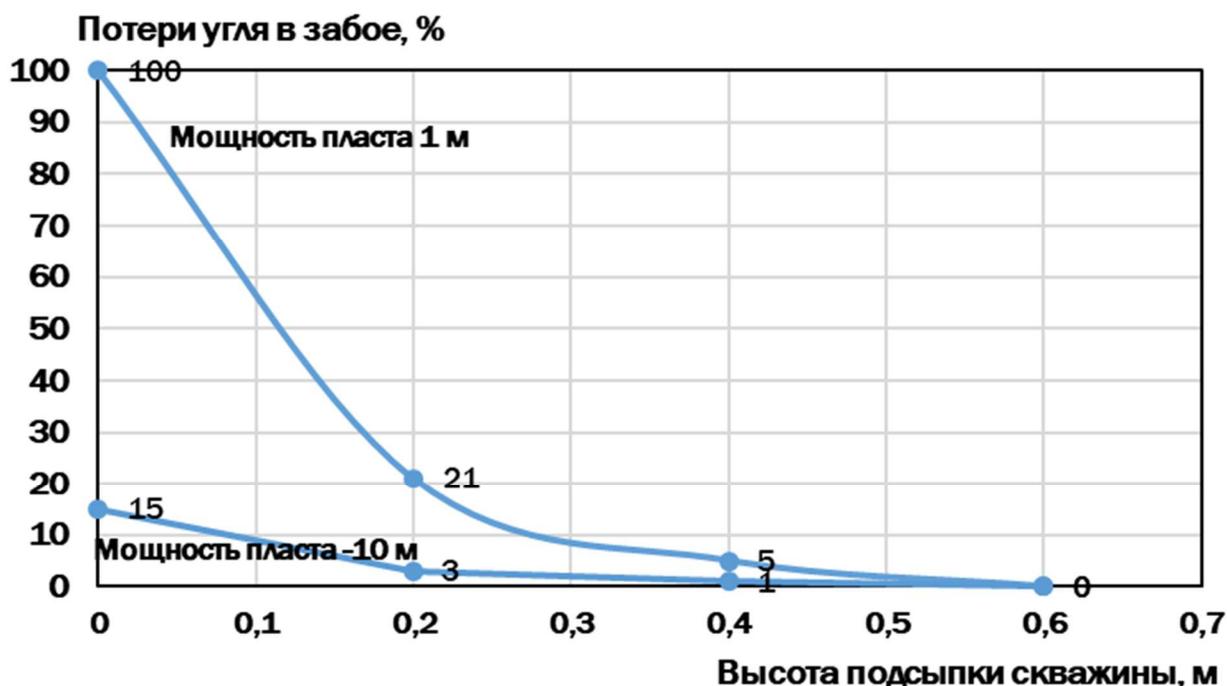
При исследовании по установлению оптимальных параметров технологических процессов в течение 2018-19 гг. на разрезе «Восточно-Бейский» были проведены опытно-промышленные испытания применения различных конструкций заряда, выемки угля различными типами экскаваторов, транспортирования угля различными типами автосамосвалов и конструкций кузова, а также качества породовыборки в зависимости от крупности угля. Всего в эксперименте были задействованы более 100 угольных блоков с общим объемом добычи более 5 млн. т угля.

Полученные данные были обработаны и легли в основу установленных эмпирических зависимостей качества продукции предприятия от параметров технологических процессов (рисунки 2.9 и 2.10).

Проведенные исследования и промышленные испытания показывают, что в результате изменения параметров технологических процессов на разрезе изменяются свойства и вещественный состав угля. При изменении конструкции заряда появляется возможность значительно снизить потери угля в забое при последующей его выемке (рисунок 2.9, а), кроме того, создается возможность управления крупностью куска. При оптимальной крупности куска (максимальная рациональная) снижается дальнейшее переизмельчение угля при выполнении последующих процессов, а именно на выемочно-погрузочных работах и разгрузке автосамосвала на складе.

Увеличение доли крупности куска к моменту породовыборки на складе позволяет обеспечить прирост теплоты сгорания (рисунок 2.10, б), что увеличивает ценность угля. При соответствующих параметрах буровзрывных работ уменьшаются потери угля в почве пласта, уменьшаются засорение и переизмельчение при дальнейшей селективной выемке. При соответствующих изменениях в процессе выемочно-погрузочных работ возможно уменьшение мощности вынимаемого слоя и обеспечение снижения объема применяемых внутрипластовых включений с углем при одновременном снижении затрат на один кубометр экскавируемых пород (рисунок 2.9, б).

а) зависимость потерь угля в кровле угольного пласта от высоты подсыпки скважины надугольного вскрышного уступа



б) зависимость мощности минимального добываемого слоя и удельных затрат на экскавацию от емкости ковша экскаватора

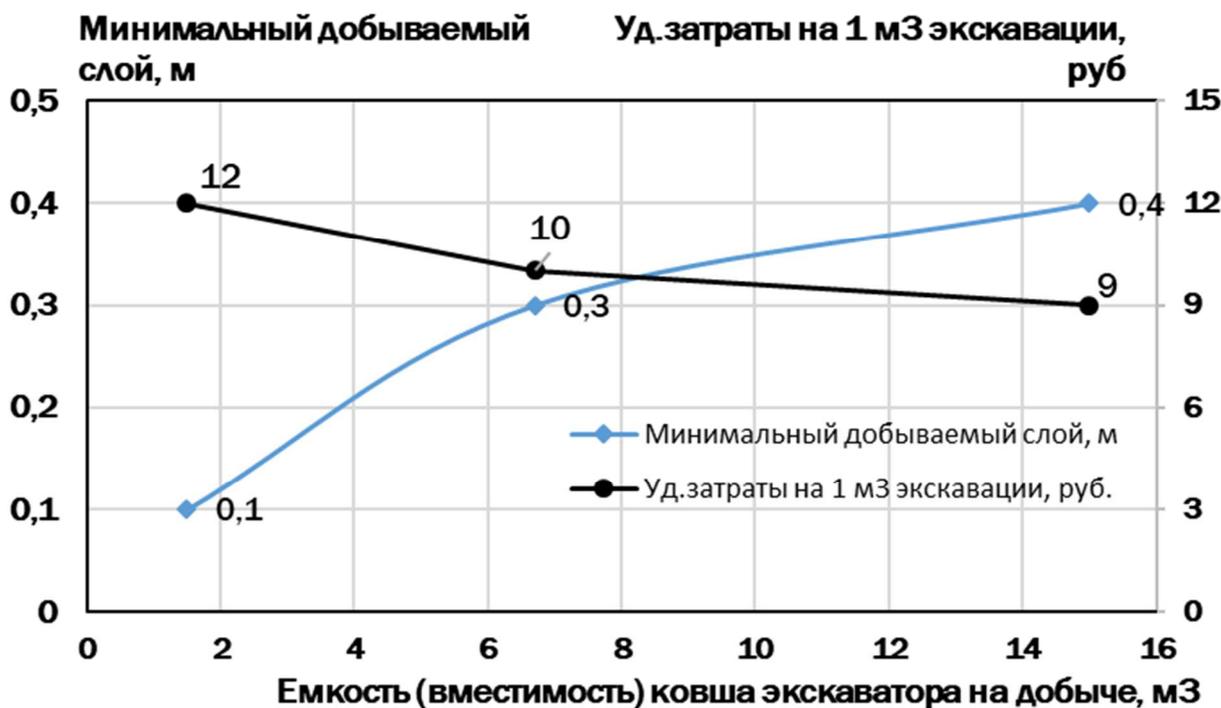
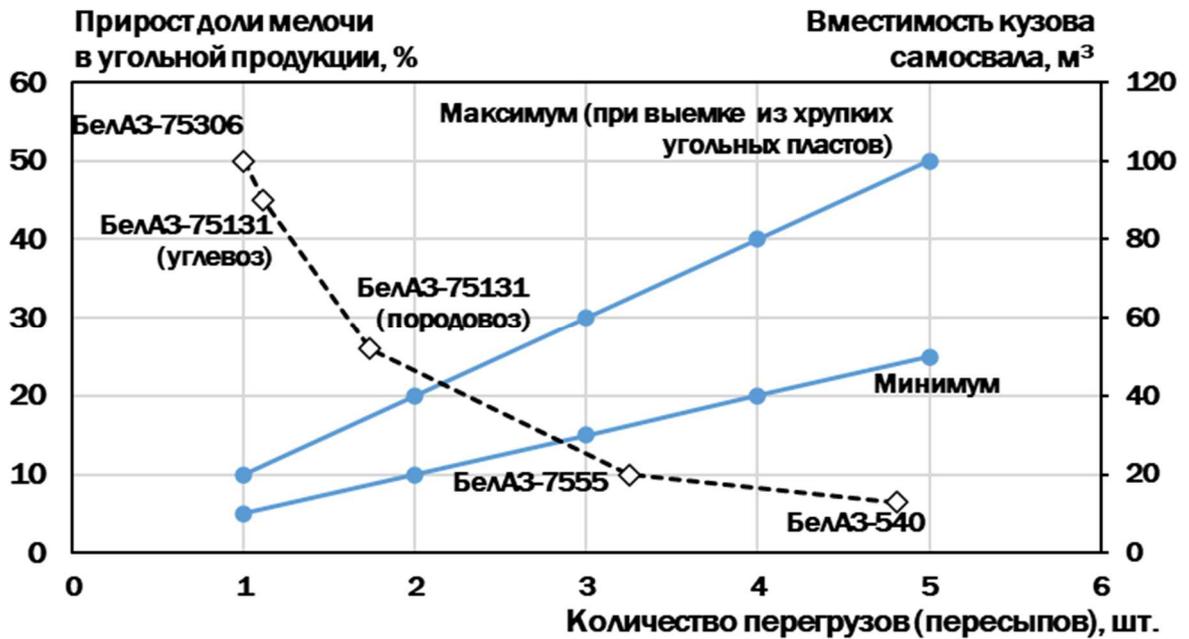


Рисунок 2.9 – Эмпирические зависимости качественных характеристик угля от параметров процессов подготовки пород к выемке и выемочно-погрузочных работ в условиях отработки Бейского месторождения

а) зависимость прироста мелочи в угольной продукции от количества перегрузов (пересыпов) в технологическом процессе и вместимости кузова автосамосвалов



б) зависимость прироста теплоты сгорания угольной продукции в результате породовыборки по крупности горной массы, поступившей в переработку

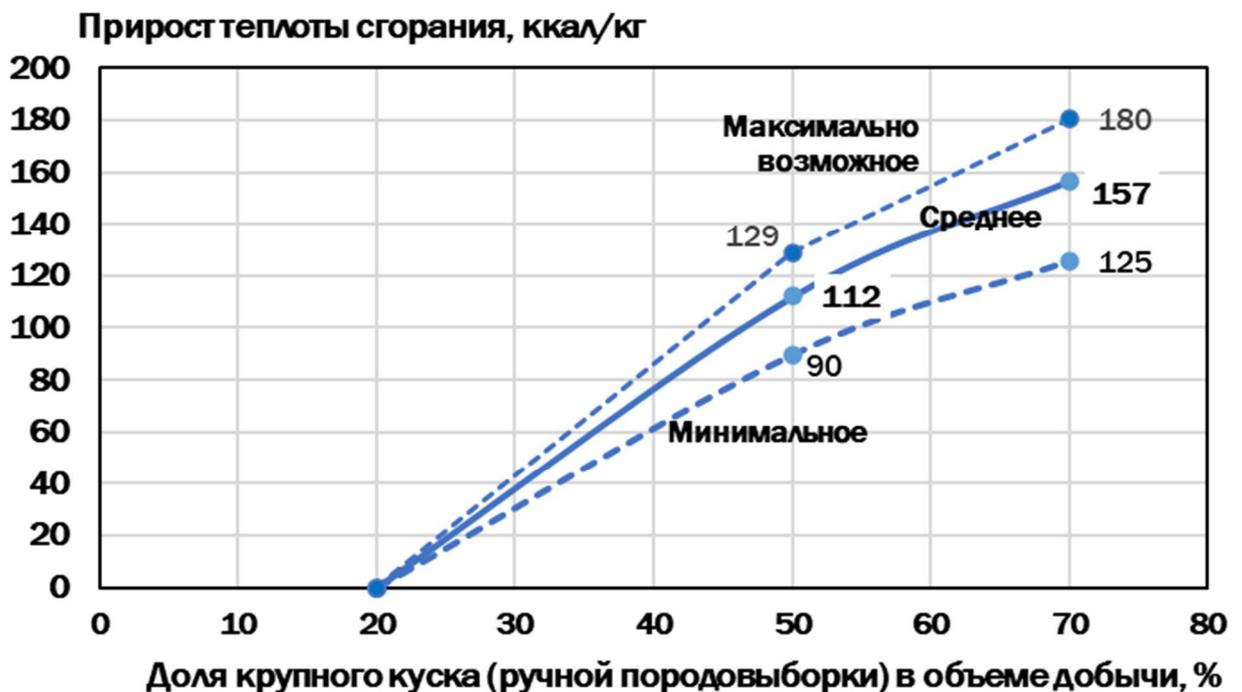


Рисунок 2.10 – Эмпирические зависимости качественных характеристик угля от параметров процессов транспортирования, переработки и отгрузки в условиях отработки Бейского месторождения

При изменении параметров транспортировки и складирования угля на складе появляется возможность уменьшения доли мелочи в угольной продукции (рисунок 2.9, а) и повышение доли отдельно формируемых и складированных премиальных марок угля. Таким образом, параметры всех основных технологических процессов влияют на ценность добываемого угля.

Полученные зависимости позволили определить параметры технологических процессов и разработать технологические решения для достижения максимальной ценности продукции, и, соответственно, товарной стоимости угля в условиях отработки месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля. Достижение установленных технологических параметров разработки и обеспечение желаемого результата по качеству добываемого угля определяют качество выполнения технологических процессов.

2.3 Обоснование параметров основных технологических процессов при производстве угля на Восточно-Бейском разрезе

Структура основных технологических процессов при разработке пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля должна отличаться от карьеров, разрабатывающих более простые по строению месторождения, так как при сохранении неизменными основных параметров технологических процессов на месторождениях разного типа качество продукции угольного разреза будет значительно ниже требуемого. От того, насколько параметры технологических процессов соответствуют особенностям разрабатываемого пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, зависит качество и себестоимость продукции угольного разреза.

Ниже приведена краткая характеристика рабочих угольных пластов участка Чалпан-3 Бейского сложноструктурного месторождения.

Пласт 19. От вышележащего пласта 19^{а/} отделяется толщиной алевролитов. Мощность междупластия от 1,55 м (р.л. 14) до 16 м (р.л. 21), к востоку про-

исходит частичное замещение алевролитов песчаниками. Пласт имеет рабочую мощность почти на всей площади участка, за исключением десятка скважин в северной части разведочных линий 18-21. Мощность горной массы изменяется от 0,20 м до 7,82 м, мощность чистого угля от 0,2 до 7,62 м, средняя 4,88 и 4,41 м соответственно. Кровля и почва пласта сложена алевролитами и песчаниками.

Пласт 16^a. От вышележащего пласта 18 отделен толщей алевролитов с прослоями песчаников, мощностью от 6-10 м до 36 м. Пласт имеет рабочую мощность на всей площади участка. В центральной, западной и северной частях площади сливается с пластами 16, 16^a и теряет самостоятельное значение. Мощность горной массы изменяется от 0,25 м до 5,25 м, мощность чистого угля от 0,25 до 4,85 м, средняя 2,27 и 2,19 м соответственно. Кровля пласта сложена алевролитами, аргиллитами и углистыми аргиллитами, почва – алевролитами и, в единичных случаях, песчаниками.

На рисунке 2.11 представлен горно-технологический разрез угольного пласта 16_a' с детализацией внутреннего строения.

Угольный пласт 16_a' сл. на пр.л. 43-47 представлен слиянием трех пластов – 16_a+16+16^a и имеет общую мощность от 9,21 м до 10,43 м, в среднем 9,76 м. Полезная мощность колеблется от 8,6 м до 10,44 м, в среднем 9,16 м. Пласт имеет сложное строение и состоит из двух - пяти угольных пачек, разделенных породными прослоями, мощность которых от 0,01 м до 0,4 м, средняя мощность породного прослоя по данным эксплуатационной разведки на планируемой заходке составляет 0,61 м.

Породные прослои горизонтального залегания не выдержаны по площади простирания и по мощности, представлены в основном аргиллитом углистым и алевролитом.

Почва пласта представлена в основном алевролитом, зольность которого по данным опробования ОТК составляет 76%.

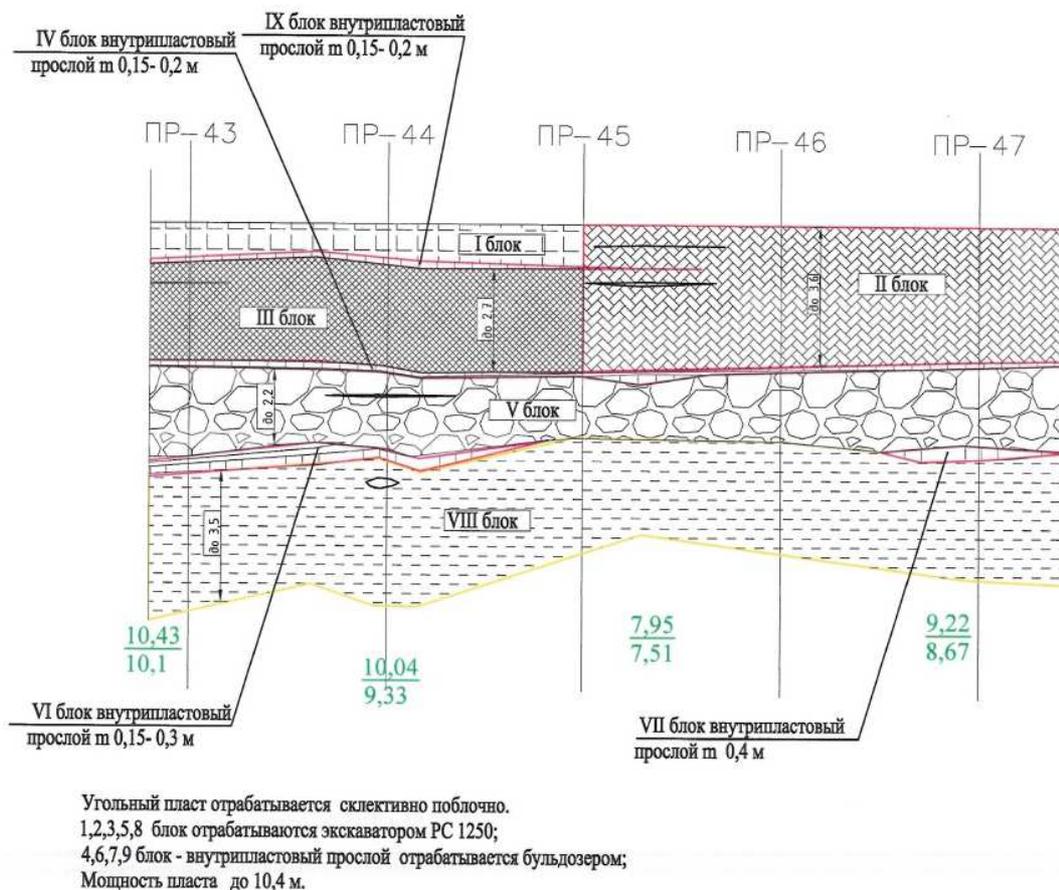


Рисунок 2.11 – Горно-технологический разрез угольного пласта 16_а¹ сл профильные линии 43 - 47

В 2019 году предприятием, разрабатывающим Бейское пластовое месторождение с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, был приобретен программный комплекс «Blast Maker» с целью более детального прогнозирования горно-геологических условий, улучшения проектов массового взрыва и повышения качества продукции. Рассматриваемая система обеспечивает автоматизацию решения геологических, маркшейдерских и технологических задач в едином информационном пространстве на основе формализованных исходных данных.

До 2019 года угольные пласты с породной прослойкой взрывали сплошным зарядом, который располагался на дне скважины (рисунок 2.12). Такой способ является достаточно эффективным при последующей валовой выемке полезного ископаемого из массива. Однако, необходимость применения се-

лективной выемки угля в современных рыночных условиях требует другого способа подготовки пород.

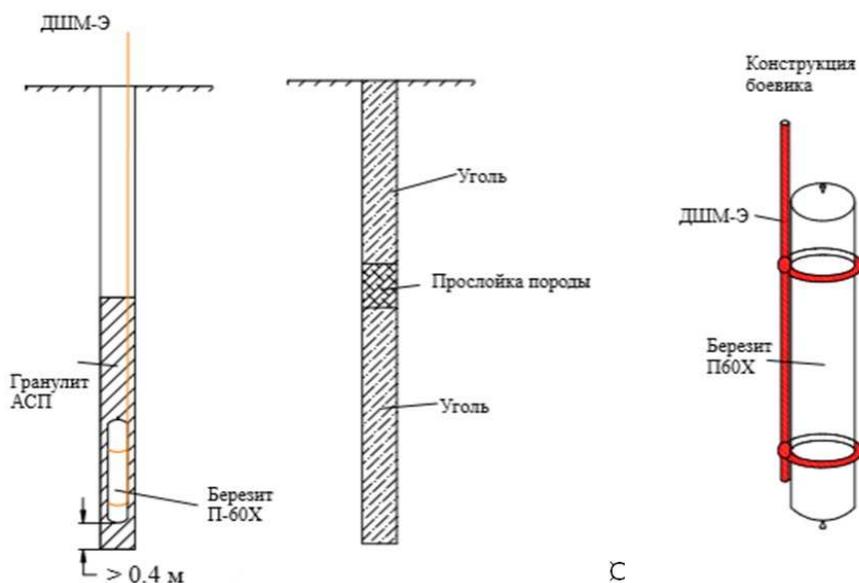


Рисунок 2.12 – Конструкция сплошного заряда с боевиком

В результате проведения множества экспериментальных взрывов по угольным пластам была установлена оптимальная конструкция скважинного заряда (рисунок 2.13), который располагается на дне скважины и верхней части угольного пласта. При такой конструкции заряда в внутрипластовых породных прослоях заряд отсутствует, энергии взрыва при этом достаточно для дробления угольного пласта и порода не перемешивается с углем. Наряду с этим происходит снижение удельного расхода ВВ на 0,01-0,02 кг/м³ в связи с отсутствием необходимости дробить породный прослой. Кроме того, путем изменения конструкции заряда создается возможность управления крупностью куска, что важно для последующей селекции и получения продукции, имеющей высокую ценность.

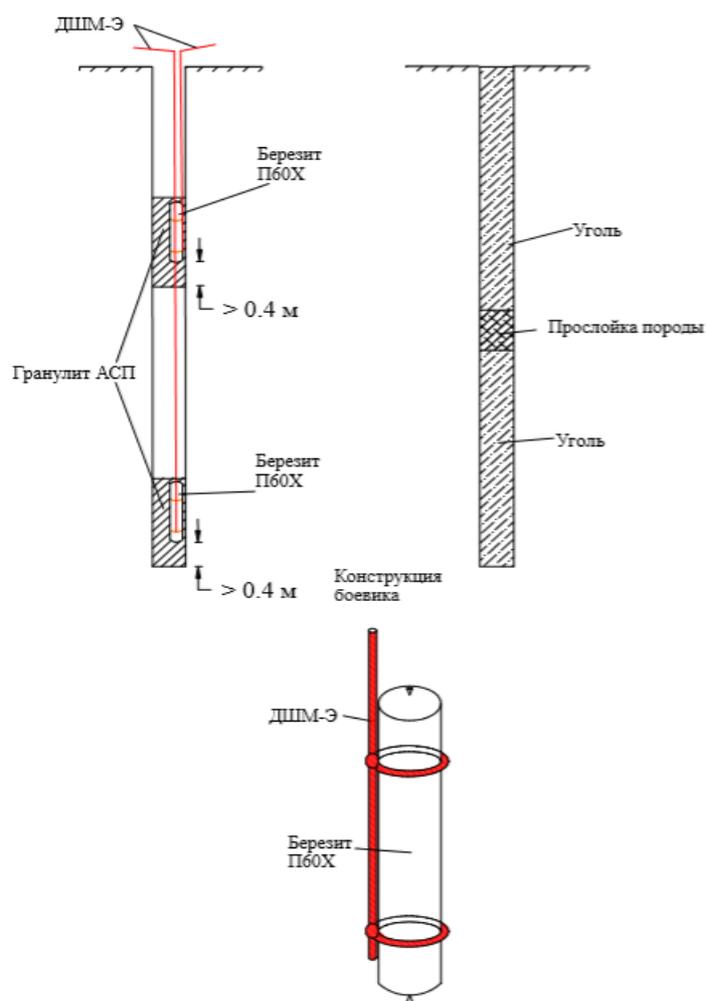
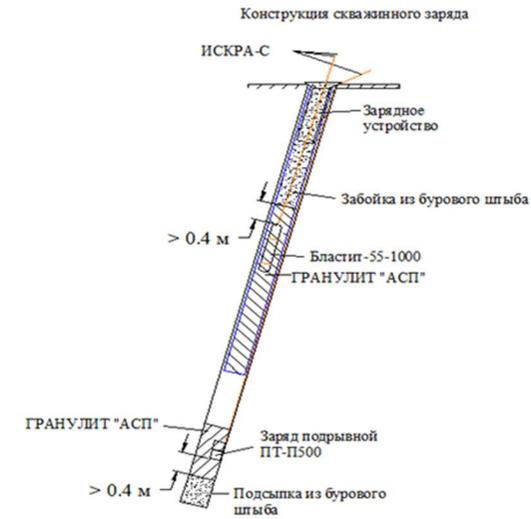
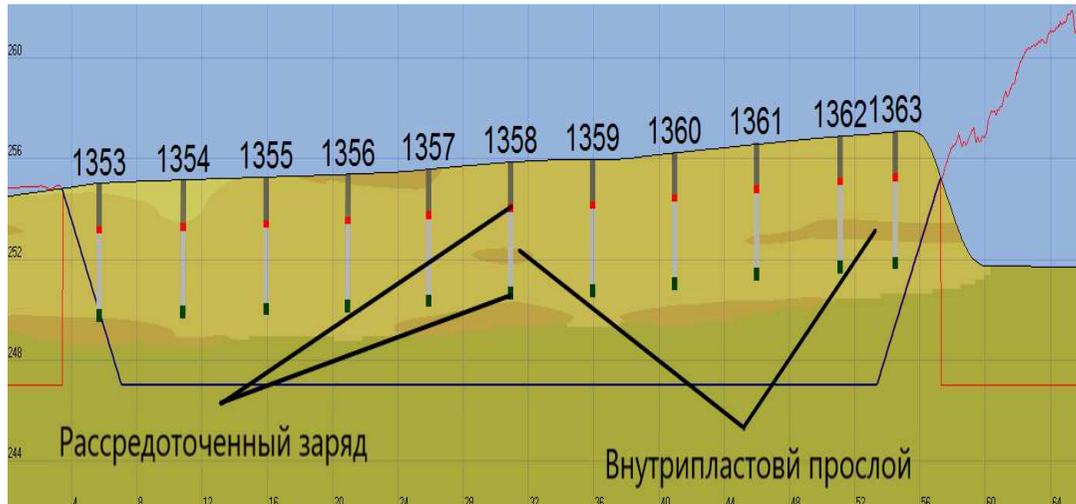
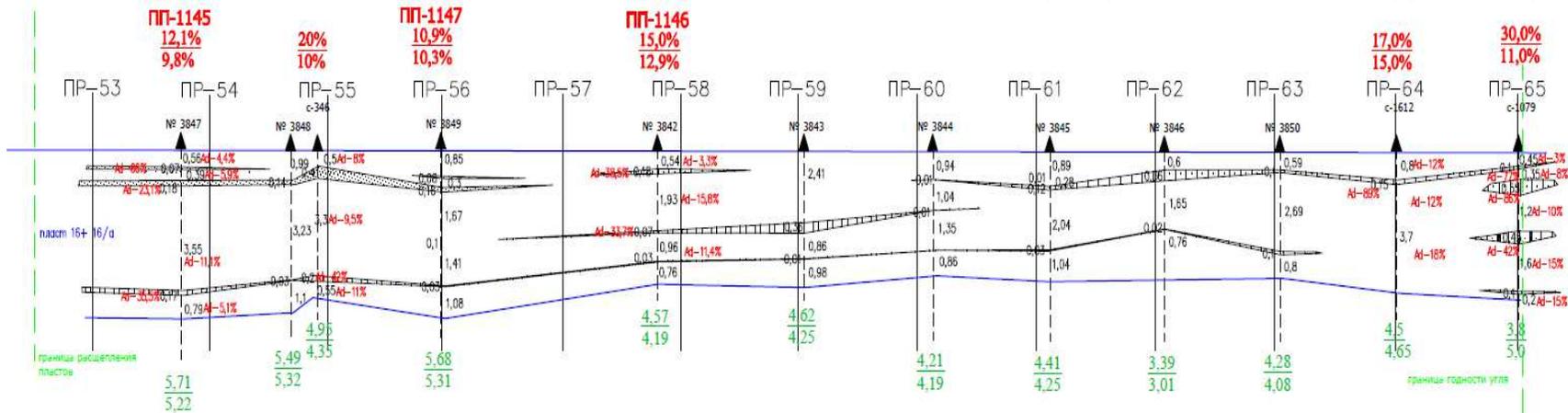


Рисунок 2.13- Конструкция рассредоточенного заряда с боевиками

Применение технологии с комплексом «Blast Maker» позволяет уточнять геологическое строение подготавливаемых блоков и выбирать конструкцию заряда ВВ, соответствующую условиям (рисунок 2.14).



а) технология □l□st □ k□r



Для получения требуемого качества продукции угольного разреза также необходимы технико-технологические преобразования в процессе выемочно-погрузочных работ. Практика разработки сложноструктурного Бейского месторождения показала, что валовый способ отработки угольных пластов не может обеспечивать потребное на рынке качество угля (рисунок 2.15).

A-A

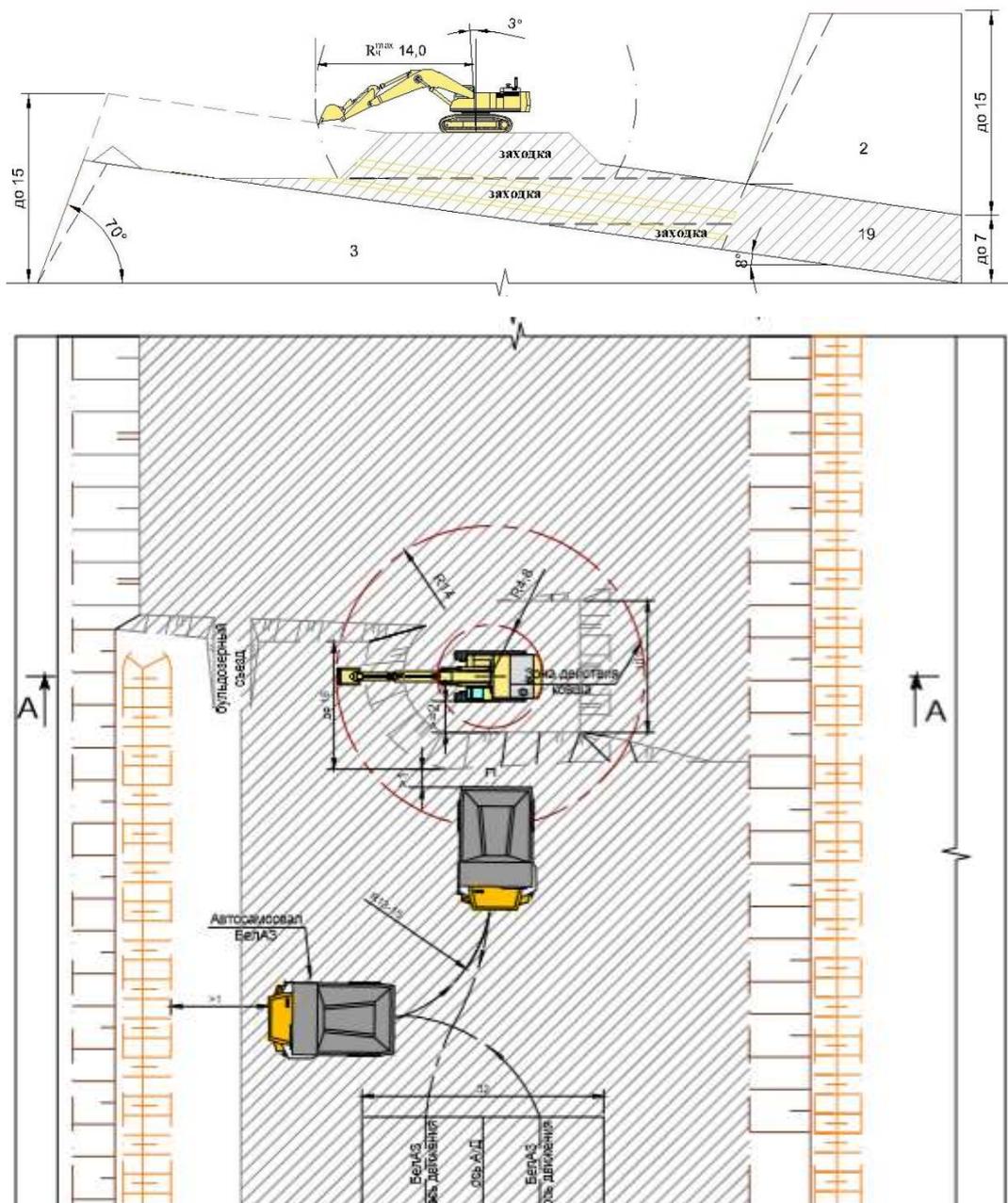


Рисунок 2.15 – Технологическая схема валового ведения добычных работ экскаватором Komatsu PC-1250 с нижней погрузкой в автосамосвалы

В результате совершенствования технологического процесса были разработаны новые схемы экскавации угольных пластов.

Краткое описание технологии:

После проведения взрывных работ при помощи экскаватора РС-300 проводится отбор проб при доразведке с целью установления структуры и мощности залегания внутрипластовых породных включений и разработки локальных проектов на отработку блока, в результате чего составляется уточненный горно-геологический разрез угольного пласта (рисунок 2.16).

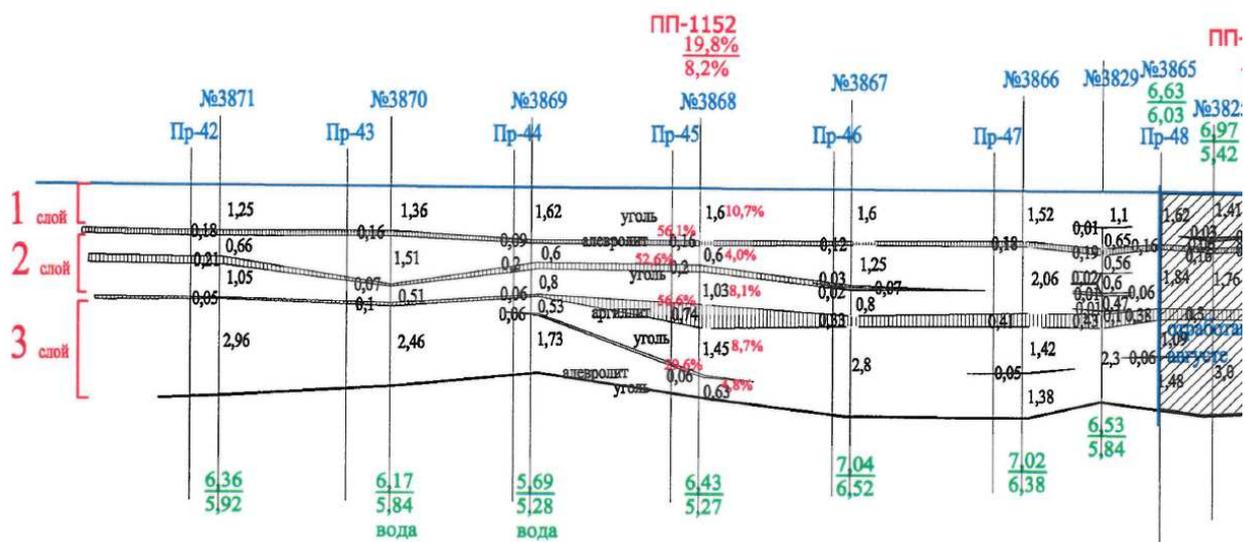


Рисунок 2.16 – Геологический разрез пласта 19 с учетом доразведки экскаватором РС-300 после взрывных работ

После получения всех геологических данных разрабатываются проекты и схемы отработки угольного пласта во взорванном блоке (рисунок 2.17).

Технологическая схема обработки пласта 19 по пр.л. 42-47 по блокам

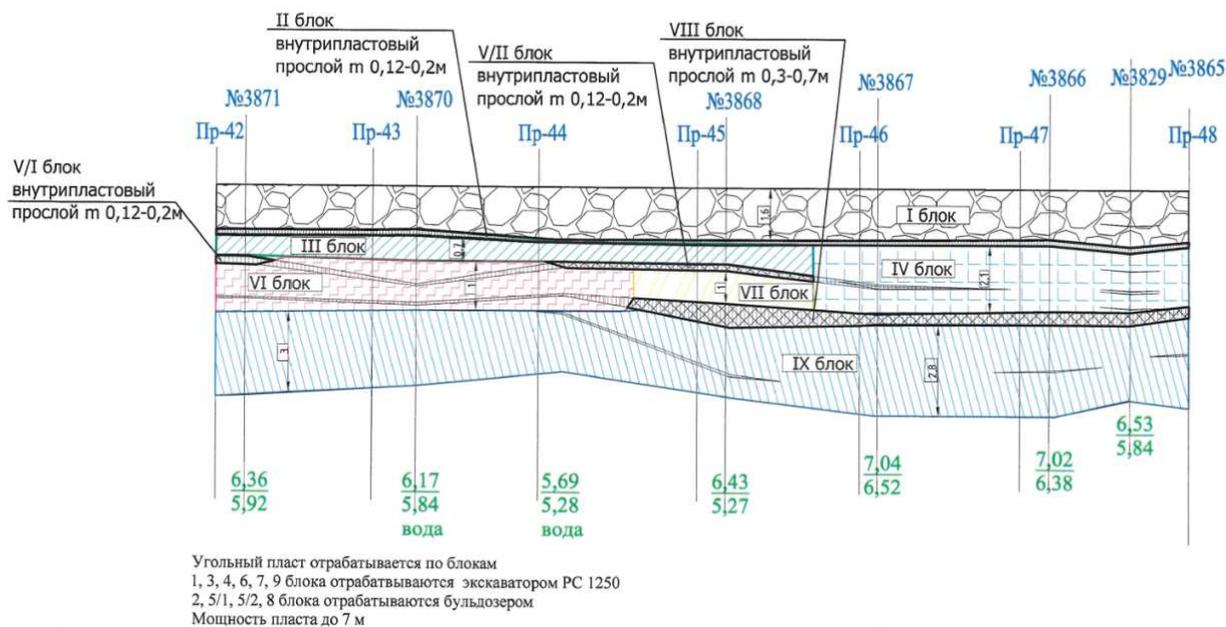


Рисунок 2.17 –Схема пласта для селективной обработки угольного пласта 19 по пр. л. 42-47

Обработка пласта производится селективно, согласно выбранной технологической схеме (рисунок 2.18).

Пласт обрабатывается в 5 слоев. 1, 3, 5 слои обрабатываются экскаватором РС-1250. Слои 2 и 4 (междупластия) обрабатываются бульдозером. Горная масса междупластия сталкивается бульдозером в бурты и отгружается экскаватором в автосамосвалы.

Экскаватор при работе размещается на горизонтальной площадке. Подъезд автосамосвала под погрузку осуществляется по тупиковой схеме. Планировка рабочей площадки осуществляется бульдозером.

После обработки угольного слоя угольного пласта для удаления внутрипластовых включений используется бульдозер для сталкивания горной массы в бурты (рисунок 2.19).

A-A

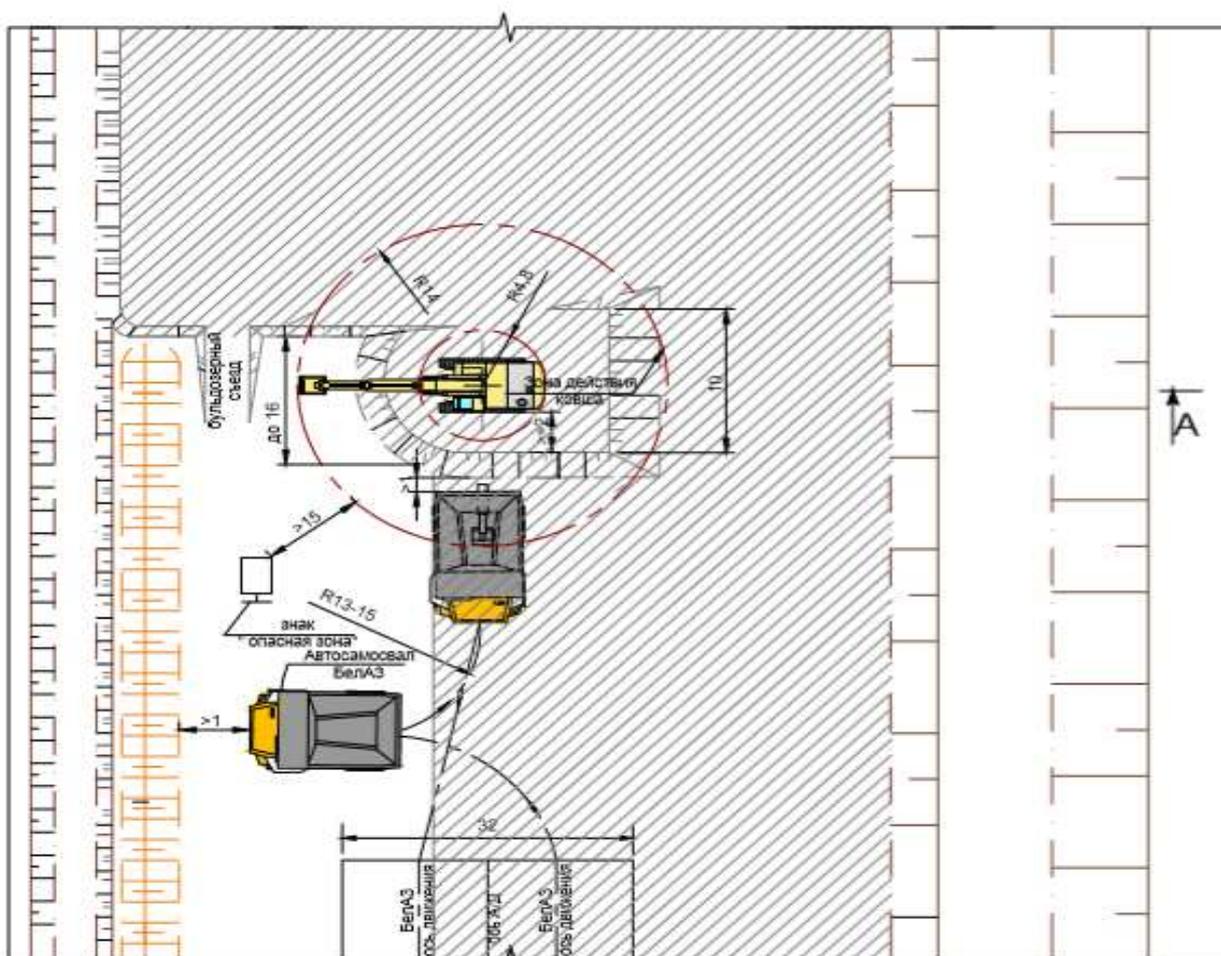
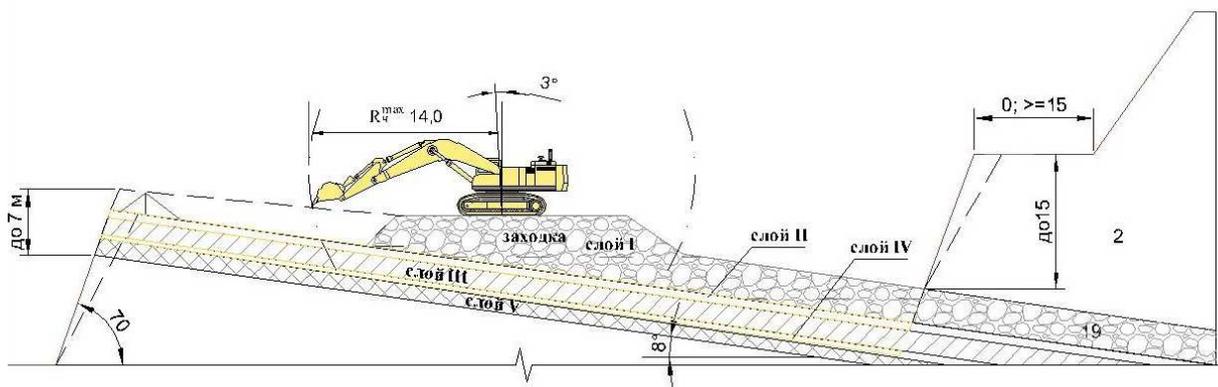


Рисунок 2.18 - Предлагаемая технологическая схема селективного ведения до-
бычных работ, применяемая с 2019 года

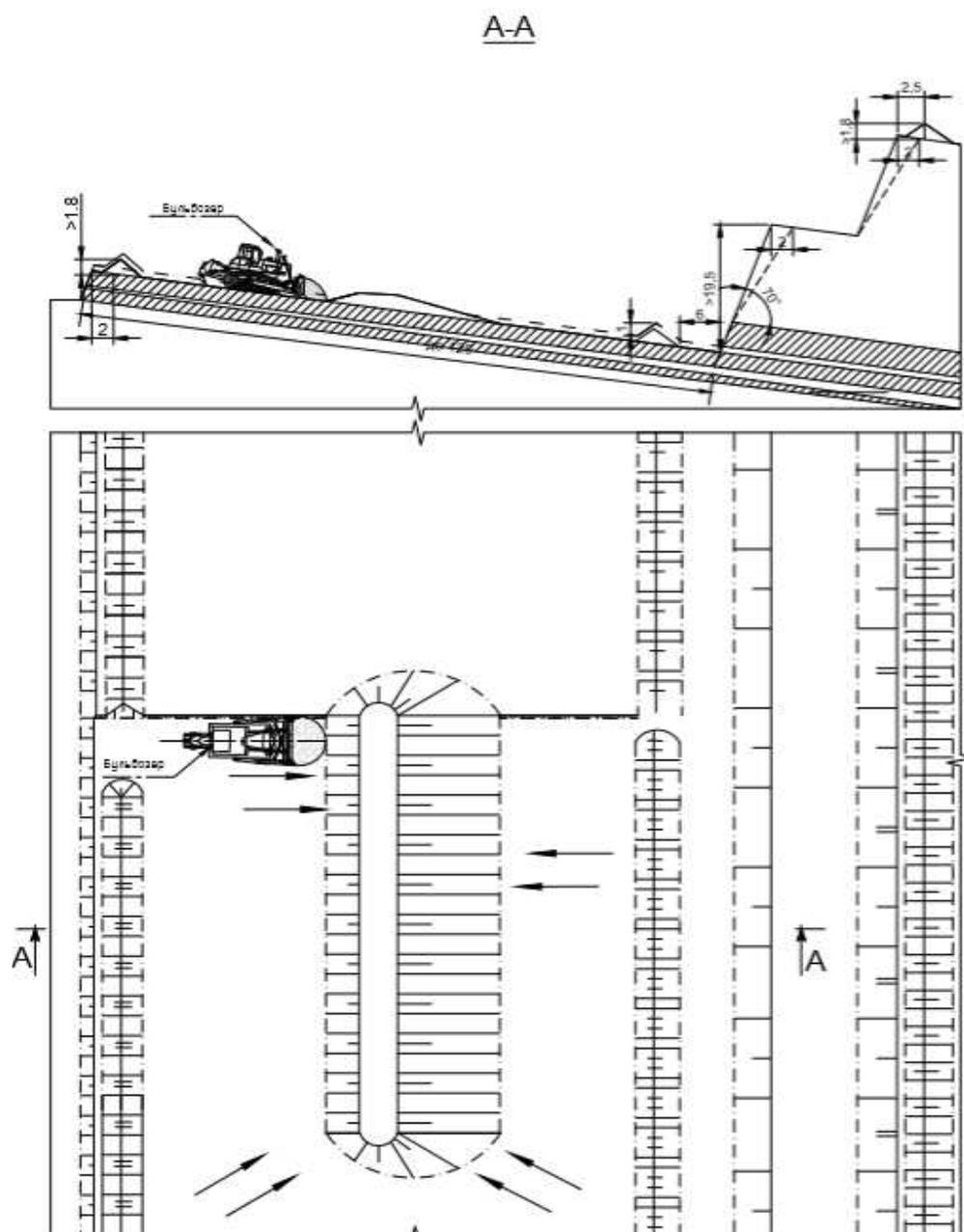


Рисунок 2.19 – Предлагаемая технологическая схема по отработке внутри-
пластовых включений

В результате усовершенствования технологий подготовки угольного пласта к выемке и самой выемки угля из массива, заключающейся в селективной отработке, удалось значительно повысить качественные характеристики товарной продукции [106]. Показатели качества отработки пластов 19 и 16а в разные периоды представлены в Приложении 2 (таблицах 1 и 2).

После производства выемочно-погрузочных работ качественные характеристики угля не должны ухудшаться в процессе транспортирования. Основной характеристикой угля, которая может изменяться в процессе транспортирования, и влиять на последующее качество продукции, является средний размер куска. Размер куска изменяется при дополнительных соударениях при разгрузке угля на складах. Поэтому предпосылкой снижения количества перегрузок является увеличение вместимости кузова автосамосвалов. До 2019 года при транспортировке угля использовались автосамосвалы БелАЗ-130 (рисунок 2.20) с емкостью кузова 75 м^3 (с шапкой).

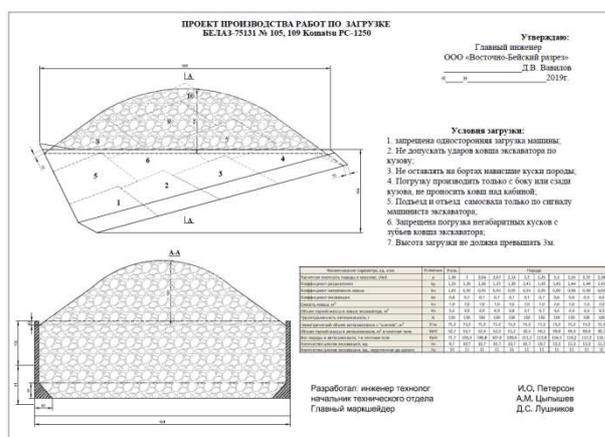


Рисунок 2.20 – Автосамосвал, применяемый на транспортировке угля до 2019 г.

В 2019 году стали использовать автосамосвалы БелАЗ-130 (углевозный кузов) с емкостью кузова 130 м^3 (рисунок 2.20).

При применении углевозных кузовов коэффициент использования парка автосамосвалов и грузооборот увеличился, а так же с 0,57 до 0,97 увеличился коэффициент использования грузоподъемности, что привело к исключению переизмельчения угля и исключению потерь его качественных показателей. Переизмельчение при каждой перевалке угля сократилось на 5-10% от общего объема (в зависимости от сыпучести и хрупкости угольных пластов).

Таким образом, в процессе совершенствования подготовки горных пород к выемке, выемочно-погрузочных работ и транспортирования формируется грузопоток угля определенного качества.

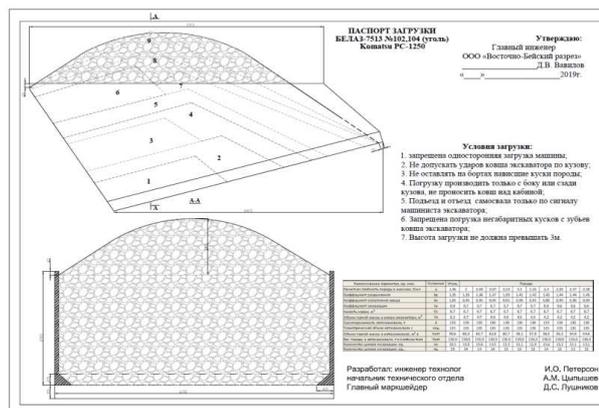


Рисунок 2.21 - Автосамосвал, применяемый на транспортировке угля с 2019 г.

Однако качественные показатели такого потока дискретны. Доведение конечной продукции до качественных характеристик, соответствующих потребностям рынка, производится в процессе складирования, переработки и отгрузки.

Складирование угля, как правило, производится с разделением на отдельные штабели, отличающиеся размещаемыми качественными характеристиками сырья. В дальнейшем доведение готовой продукции до потребного качества определяется порционной отработкой штабелей.

В ходе исследований были выполнены опытно-промышленные испытания по изменению количества штабелей и их параметров, что позволило получить оптимальные значения, обеспечивающие потребное качество угля. Так, схема размещения склада с товарной продукцией действующая до 2019 года представлена на рисунке 2.22. В 2019 году произведено увеличение количества секторов и штабелей, что привело к реорганизации угольных складов с целью шихтования и получения на выходе премиальных сортов марок товарной продукции с более высокими качественными характеристиками (рисунок 2.23).

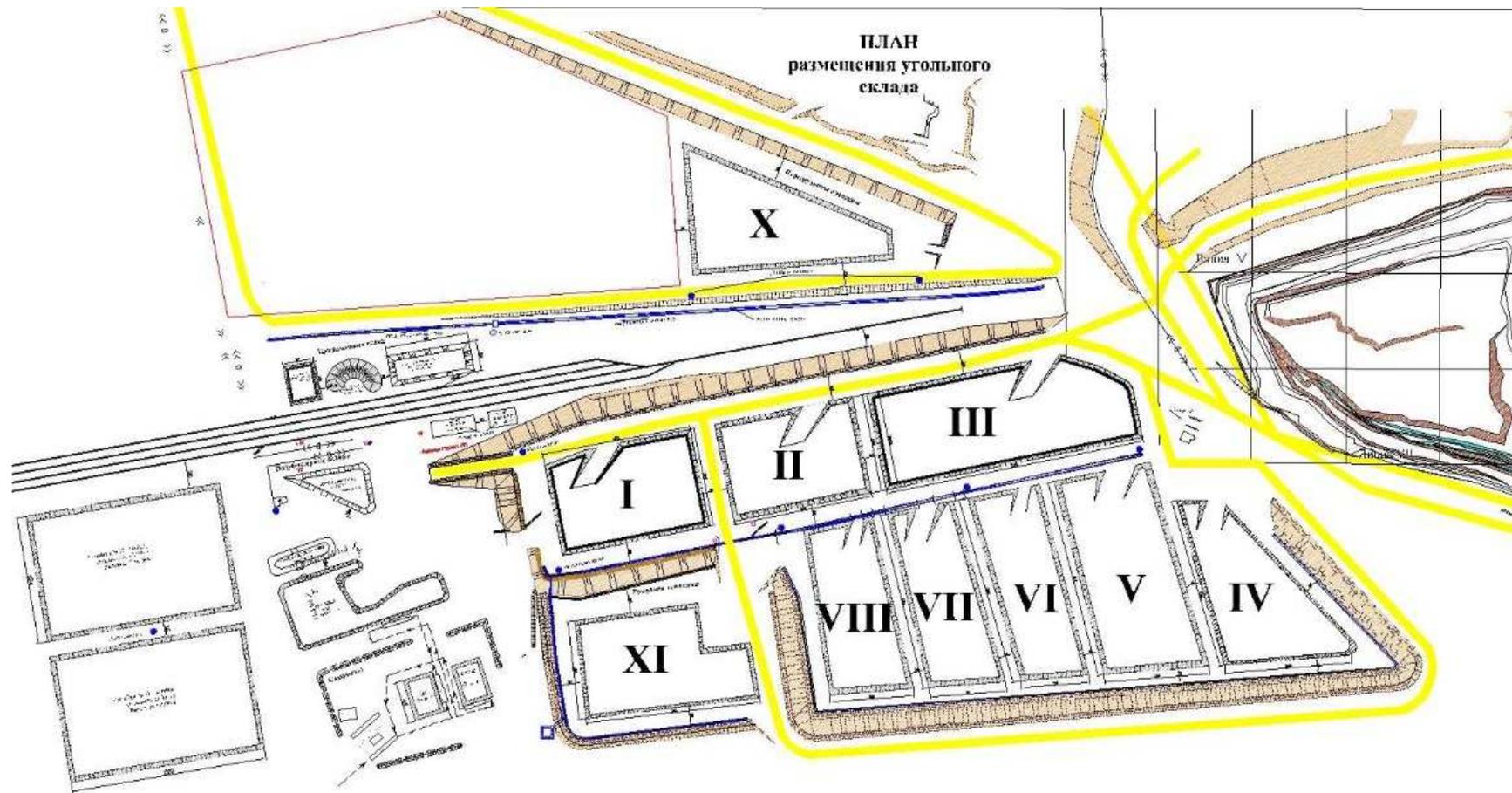


Рисунок 2.23 – Предлагаемый план размещения угольного склада

Формирование штабеля осуществляется с учетом качественных характеристик угля по каждому штабелю (таблица 2.3). При ведении добычных работ осуществляется опробование добычного блока в карьере и после получения анализов определяются номера штабелей, на которых следует размещать угольную массу из разреза. В примере, который приводится в диссертации, производится разработка 19 угольного пласта, для него определены 1 и 3 штабеля согласно характеристик угольного пласта на этих профильных линиях.

Таблица 2.3 – Сравнение параметров и показателей штабелей на схемах

№ штабеля	ДО			ПОСЛЕ		
	Емкость, тыс. т	A _d , %	Q, ккал/кг	Емкость, тыс. т	A _d , %	Q, ккал/кг
1	59,3	<12	>5400	59,3	<9	>5600
2	59,3	12-15	5100-5400	59,3	9-12	5400-5600
3	106,2	15-35	<5100	106,2	16-20	5000-5200
4	112,3	15-35	Влага >14%	63,0	12-16	5200-5400
5	-	-	-	85,0	20-23	4800-5000
6	-	-	-	56,2	23-27	4600-4800
7	-	-	-	52,2	27-35	4100-4600
8	-	-	-	52,8	Влага >14%	-
9	-	-	-	76,0	Резерв	-
10	-	-	-	70,0	>35	<4100

При применении селективного метода добычи подсчет качественных показателей угля ведется послойно с исключением породных включений. Эти показатели принимаются как плановые. В ходе добычи отделом технического контроля производится отбор проб из забоя, а также из штабелей угольного склада. Учет всех показателей сводится в сводную таблицу пока-

зателей качества товарной продукции (Приложение 3 (табл. 1)). Также в таблице ведется свод качественных показателей и объема добываемой продукции за текущий месяц (Приложение 2 (табл. 2)).

В Приложении 3 (таблица 2) отображается свод средневзвешенных качественных показателей за месяц по всем угольным пластам (весь объем добычи). А также разделение объемов по качественным показателям как в тоннах, так и в процентном соотношении. Данная таблица позволяет определить отклонение от запланированных характеристик и наглядно показывает, сколько и в каком качестве было добыто угля за прошедший месяц. Таблица пополняется ежесуточно, что позволяет при необходимости вносить коррективы в направлении ведения добычных работ по залежи.

Таким образом, формирование требуемого качества продукции предприятия в условиях отработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля достигается при последовательном выполнении технологических процессов, включая подготовку угля к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование, складирование и переработку. Для условий Восточно-Бейского угольного разреза было определено, что повышение качества угля при выполнении технологических процессов может быть обеспечено:

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

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

- при транспортировании – сокращением переизмельчения угля при частых перегрузках, посредством увеличения вместимости кузова карьерного автосамосвала;

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

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

Проведенные исследования позволили определить параметры технологических процессов и разработать технологические решения для достижения максимальной ценности продукции, и, соответственно, товарной стоимости угля в условиях отработки месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля (табл. 2.4). Данные таблицы 2.4 показывают, что для повышения ценности и товарной стоимости готовой продукции необходимы дополнительные затраты на изменение параметров основных технологических процессов добычи и переработки угля.

Для оценки влияния приведенных в таблице 2.4 параметров технологических процессов и технологических решений по фактическим данным 2019 г. построена зависимость товарной стоимости продукции угольного разреза и себестоимости добычи угля от приведенной теплоты сгорания, представленная на рисунке 2.24.

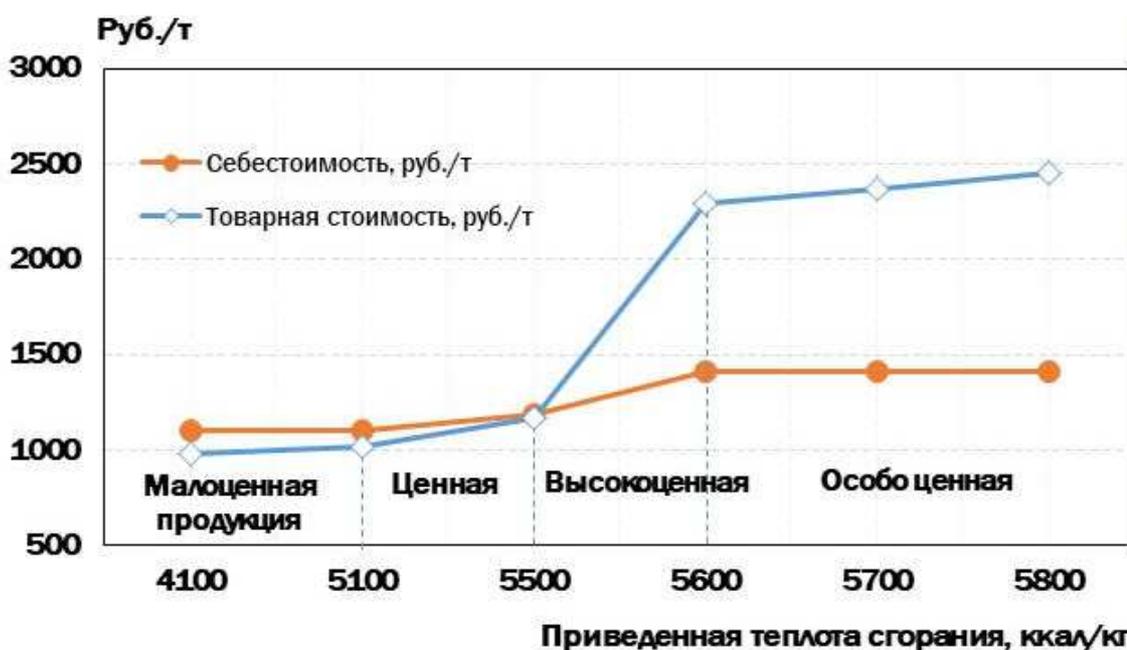


Рисунок 2.24 – Зависимость товарной стоимости продукции угольного разреза от приведенной теплоты сгорания

Таблица 2.4 – Параметры основных технологических процессов для обеспечения определенной ценности и товарной стоимости продукции (Бейское каменноугольное месторождение)

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

Для обобщения предложенных в работе решений и оценки влияния производимых преобразований необходима разработка методики оценки качества технологических процессов и экономико-математической модели.

Выводы.

1. Определены основные факторы, влияющие на качество продукции угольного разреза: геологическое строение и характеристика разрабатываемого месторождения, система разработки месторождения и ее параметры, полнота и качество выполняемых основных технологических процессов, наличие обогатительной фабрики. При этом качество продукции формируется при подготовке пород к выемке, выемочно-погрузочных работах и транспортировании и доводится до окончательных показателей, потребных на рынке в процессе складирования, переработки и отгрузки.

2. Для условий Восточно-Бейского разреза разрабатывающего пластовое месторождение с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля было определено, что значительное повышение качества угля при выполнении технологических процессов может быть обеспечено: при производстве буровзрывных работ, при выемочно-погрузочных работах, при транспортировании, при складировании, при переработке.

3. Установлены эмпирические зависимости качества продукции предприятия, разрабатывающего пластовое месторождение с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, от параметров технологических процессов.

4. Обоснован показатель приведенной теплоты сгорания товарной продукции, учитывающий изменения таких характеристик как зольность, влажность и крупность куска, получаемых при определенных параметрах технологических процессов на угольном разрезе.

5. Установлена зависимость между приведенной теплотой сгорания и товарной стоимостью продукции угольного разреза. Определено, что рыночная стоимость продукции с приведенной теплотой сгорания 5600 ккал/кг и 5500 ккал/кг отличается более чем в 2 раза.

6. Определены параметры основных технологических процессов и решений, обеспечивающих заданную ценность продукции угледобывающего предприятия на примере Восточно-Бейского угольного разреза.

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА, РАЗРАБАТЫВАЮЩЕГО ПЛАСТОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ С НЕВЫДЕРЖАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАЛЕГАНИЯ И КАЧЕСТВА УГЛЯ

3.1 Обоснование критерия и показателей оценки качества технологических процессов

К каждому технологическому процессу на карьерах предъявляются определенные требования, выполнение которых характеризует качество производственного процесса.

Для угольного разреза изменение параметров отдельного технологического процесса в определенном диапазоне, а также количество технологических процессов, в которых производятся изменения, могут оказать различное влияние на итоговое качество продукции. Как отмечалось ранее, максимальное количество процессов, в которых изменяются параметры, достигает пяти. При этом в процессе улучшения качества угля и повышения ценности продукции на конкретном предприятии может быть задействовано различное количество процессов. В зависимости от геологического строения месторождения, принятых параметров системы разработки, структуры комплексной механизации, принятой на разрезе, изменяемые параметры каждого технологического процесса могут оказать различное влияние на конечный результат, т.е. имеют различный «вес». Отдельные технологические процессы могут оказывать большее влияние, другие – меньшее. Также возможны условия, когда влияние всех задействованных процессов одинаковое.

Для количественной оценки производимых преобразований была разработана методика оценки качества технологических процессов в условиях отработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля. Отличительной особенностью предлагаемой методики является учет влияния количества задействованных процессов, а также качества каждого технологического процесса для повышения товарной стои-

мости продукции. Влияние отдельных технологических процессов на итоговое качество продукции учитывается весовыми коэффициентами.

Формула для определения коэффициента качества технологических процессов $K_{ТП}$ представлена ниже:

$$K_{ТП} = \frac{K_1 * N_{под} + K_2 * N_э + K_3 * N_т + K_4 * N_с + K_5 * N_{п}}{\sum_{n=1}^5 K_n * N_{max}} \quad (3.1)$$

где: $K_1, K_2, K_3 \dots K_5$ – весовые коэффициенты процессов подготовки, экскавации, транспортировки, складирования горной массы, переработки продукции, соответственно, доли ед.;

$N_{под}, N_э, N_т, N_с, N_{п}$ – оценка качества процессов подготовки, экскавации, транспортирования, складирования горной массы, переработки продукции, соответственно, балл;

n – порядковый номер технологического процесса;

N_{max} – принятая максимальная оценка качества процессов.

Фактическая оценка качества процессов принимается в соответствии с таблицей 2.4, при этом параметрам, соответствующим «малоценной» продукции присваивается 1 балл, «ценной» – 2 балла, «высокоценной» – 3 балла, «особо ценной» (максимальная оценка) – 4 балла.

Весовые коэффициенты влияния каждого технологического процесса на итоговое качество продукции применительно к конкретному месторождению определяются методом экспертных оценок. Сущность метода экспертных оценок заключается в том, что в основу принятого решения по оцениваемому параметру закладывается мнение эксперта (специалиста) или коллектива экспертов. Производимая оценка основывается на их знаниях и практическом профессиональном опыте в сфере исследования. Ввиду специфических особенностей строения месторождения, качества исходного сырья в массиве, принятых технологических решений и условий отгрузки на предприятии могут отсутствовать отдельные технологические процессы, например подготовки к выемке, переработки и др. В таких случаях данные процессы не учитываются в расчетах и весовые коэффициенты для них принимаются равными 0. Для остальных

ных технологических процессов весовые коэффициенты вычисляются. Значимость каждого отдельного технологического процесса экспертами оценивалось по абсолютной (численной) шкале.

Значения весов (баллов) для каждого оцениваемого процесса принимаются от 10 до 100, при этом:

10 – низкая значимость;

30 – чуть более высокая значимость;

50 – более высокая значимость;

70 – очень высокая значимость;

100 – абсолютно доминирующая значимость.

Также возможны промежуточные значения.

Сумма всех баллов по оцениваемым процессам должна составить 100.

Предлагаемое в работе максимальное количество технологических процессов, их параметров и технологических решений принимается в соответствии с табл. 2.4. Коэффициент качества технологических процессов является безразмерной величиной.

При выборе экспертов для проведения исследований учитывалось, что эксперты должны обладать достаточным опытом в области решаемой задачи – опыт проектирования, планирования горных работ на сложноструктурном месторождении, оценки морфологии месторождения, контроля качества продукции предприятия, обеспечения плановых показателей деятельности предприятия. При таком подходе эксперты считаются качественными источниками информации, позволяющими достаточно точно измерять ее. В качестве экспертов были привлечены руководители и специалисты регионального производственного объединения «СУЭК-Хакасия», разреза «Восточно-Бейский» и отраслевого института НИИОГР. Образец анкеты, заполняемой экспертами при проведении опроса, представлен на рис. 3.1.

Решение задачи производилось в следующей последовательности: подбор экспертов, опрос экспертов, обработка результатов.

Опрос экспертов в данном исследовании производился методом анкетирования. Для чего была разработана анкета с перечислением основных оцениваемых параметров и указанием шкалы возможных значений весов (баллов). Далее анкеты раздавались привлеченным экспертам, после анкетирования собирались на обработку. Каждый эксперт производил оценку индивидуально.

После проведения опроса привлекаемых к оценке экспертов производится обработка результатов. На данном этапе обрабатываются полученные от экспертов анкеты, в которых представлены их оценки, выраженные в числовых значениях. Целью данного этапа является получение результирующих обобщенных данных и новой информации, содержащейся в экспертных оценках. На основе полученных результатов обработки экспертных оценок формируется итоговое решение проблемы.

Для условий Восточно-Бейского разреза определены следующие весовые коэффициенты:

- подготовка горной массы (K_1) – 0,253;
- экскавация (K_2) – 0,304;
- транспортировка (K_3) – 0,050;
- складирование (K_4) – 0,156;
- переработка продукции (K_5) – 0,237.

Как правило, при оценке исследуемых объектов, привлекаемые эксперты расходятся во мнениях по решаемой задаче, поэтому возникает необходимость согласования мнений экспертов.

Одним из вариантов согласований мнений экспертов является нахождение средних значений экспертных оценок по каждому технологическому оцениваемому процессу. Данный метод был применен при обработке результатов экспертного опроса, проводимого в рамках диссертационного исследования.

Уважаемый эксперт!

Нам очень важно знать Ваше мнение. Просим Вас заполнить опросный лист.

Оцените влияние каждого технологического процесса на качество товарной продукции.

Значения весов (баллов) для каждого оцениваемого процесса принимается от 10 до 100, при этом:

10 – низкая значимость;

30 – чуть более высокая значимость;

50 – более высокая значимость;

70 – очень высокая значимость;

100 – абсолютно доминирующая значимость;

Также возможны промежуточные значения.

Если, на ваш взгляд, процесс не оказывает никакого влияния, то для данного процесса значимость ставится 0 баллов.

Сумма всех баллов по оцениваемым процессам должна составить 100.

Технологический процесс	Ваша оценка влияния процесса на качество товарной продукции, баллы
Подготовка к выемке (буровзрывные работы)	
Выемочно-погрузочные работы	
Транспортирование	
Складирование	
Переработка и отгрузка	
Итого:	100

Должность

Ф.И.О.

Подпись

Рисунок 3.1 – Анкета для проведения экспертного опроса

Результаты экспертного опроса, выполненного на ООО «Восточно-Бейский разрез» представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты опроса экспертов на ООО «Восточно-Бейский разрез»

Технологический процесс	Ваша оценка влияния процесса на качество товарной продукции, баллы									Ср. значение	Коэффициенты K_1-K_5
	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6	Эксперт 7	Эксперт 8	Эксперт 9		
1. Подготовка к выемке	30	10	25	25	23	35	25	30	25	25,3	0,253
2. Выемочно-погрузочные работы	35	50	30	30	24	30	15	30	30	30,4	0,304
3. Транспортирование	5	5	0	5	10	5	5	5	5	5,0	0,050
4. Складирование	10	17	25	10	23	15	25	5	10	15,6	0,156
5. Переработка и отгрузка	20	18	20	30	20	15	30	30	30	23,7	0,237
ИТОГО	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	

По мнению экспертов, наибольшее влияние на качество продукции оказывают выемочно-погрузочные работы, близки по влиянию процесс подготовки пород к выемке и процесс переработки и отгрузки. Наименьшее влияние отмечено для процесса транспортирования угля. Результаты опросов были использованы при дальнейших расчетах.

«В решаемой задаче экспертные оценки можно представить как точки на числовой оси. Центр группировки точек можно определить как математическое ожидание (среднее значение) или как медиану случайной величины, а разброс количественно оценивается дисперсией случайной величины. Мерой согласованности оценок экспертов, т.е. компактности расположения точек на числовой оси, может служить отношение среднеквадратического отклонения к математическому ожиданию случайной величины» [107].

С помощью предложенной методики были выполнены расчеты для условий разреза ООО «Восточно-Бейский» за период с 2014 г. по 1 кв. 2020 г. на основе которых установлена эмпирическая зависимость приведенной теплоты сгорания от качества технологических процессов, имеющая вид возраст-

тающей функции (рис. 3.2). Координаты представленных на рисунке точек отличаются достигнутыми параметрами технологических процессов и соответствующими этим параметрам результатами. Так, например, в период с января 2014 г. по сентябрь 2015 г. коэффициент качества технологических процессов на разрезе составлял 0,44, при этом средняя приведенная теплота сгорания продукции в это период составляла 5345 ккал/кг, а за период с сентября 2018 г. по февраль 2020 г. значение коэффициента качества технологических процессов составило 0,94, при этом средняя приведенная теплота сгорания продукции - 5435 ккал/кг.



Рисунок 3.2 – Зависимость качества продукции от качества технологических процессов (ООО «Восточно-Бейский разрез», 2014 г. – 1 кв. 2020 г.)

Использование разработанной методики позволяет выбрать характер воздействия на технологический процесс и меры регулирования в зависимости от полученного диапазона значений коэффициента качества технологического процесса. По результатам выполненных исследований и расчетов предлагается ранжировать качество технологических процессов по величине значения коэффициента качества технологических процессов следующим образом:

0,25-0,50 – низкое качество технологических процессов;

0,50-0,75 – среднее качество технологических процессов;

0,75-1,00 – высокое качество технологических процессов.

Качество выполнения технологических процессов влияет на ценность продукции и, соответственно, на итоговые технико-экономические показатели работы угольного разреза. Для оценки влияния предлагаемых преобразований на показатели работы угледобывающего предприятия была разработана экономико-математическая модель.

3.2 Разработка экономико-математической модели оценки рациональности применения технологических решений

Экономико-математическое моделирование – процесс выражения экономических явлений математическими моделями. Экономическая модель – это «схематичное представление экономического явления или процесса с использованием научной абстракции, отражение их характерных черт. Разрабатываемые математические модели считаются одним из основных средств решения задач оптимизации любой деятельности, в том числе в горнодобывающей отрасли. Их важность для экономического анализа и оптимизации принимаемых решений состоит в том, что они позволяют оценить плановые задачи, определить ограничивающую группу оборудования, ресурсов, параметров и получить итоговые оценки при различном их соотношении. Математическое моделирование технико-экономических явлений и процессов дает возможность получить четкое представление об исследуемом объекте, охарактеризовать и количественно описать его внутреннюю структуру и внешние связи» [108]. Применительно к рассматриваемому в диссертации объекту исследования цель экономико-математического моделирования – показать связь качества технологических процессов и затрат, направленных на достижение требуемого качества, с ценностью продукции и, в итоге, с экономическими показателями деятельности угольного разреза при производимых технико-технологических преобразованиях.

Повышение качества технологических процессов позволяет повысить качество, а, следовательно, и товарную стоимость продукции угольного разреза, на основе определения рациональных параметров и технологических решений. Результаты исследований, представленные на рис. 3.3 показывают, что освоение на разрезе рациональных параметров технологических процессов позволило повысить более чем в 2 раза коэффициент качества технологических процессов, увеличить приведенную теплоту сгорания добываемого угля более чем на 100 ккал/кг и почти в 2 раза увеличить объемы продаж продукции с максимальной товарной стоимостью.

Для оценки рациональности применения новых технологических решений, направленных на повышение качества технологических процессов, а следовательно и товарной стоимости продукции, разработана экономико-математическая модель. Целевая функция модели выглядит следующим образом:

$$V_{\text{оц}} * TC_{\text{оц}} + V_{\text{вц}} * TC_{\text{вц}} + V_{\text{ц}} * TC_{\text{ц}} + V_{\text{мц}} * TC_{\text{мц}} \rightarrow \max, \quad (3.2)$$

где $V_{\text{оц}}$, $V_{\text{вц}}$, $V_{\text{ц}}$, $V_{\text{мц}}$ – объемы продукции по категориям «особо ценная», «высокоценная», «ценная», «малоценная», соответственно, тыс. т;

$TC_{\text{оц}}$, $TC_{\text{вц}}$, $TC_{\text{ц}}$, $TC_{\text{мц}}$ – товарная стоимость продукции по категориям «особо ценная», «высокоценная», «ценная», «малоценная», соответственно, руб./т.

В предлагаемой модели имеется следующее ограничение:

$$(V_{\text{оц}} * TC_{\text{оц}} + V_{\text{вц}} * TC_{\text{вц}} + V_{\text{ц}} * TC_{\text{ц}} + V_{\text{мц}} * TC_{\text{мц}}) > V_{\text{ср}} * TC_{\text{ср}}, \quad (3.3)$$

где $V_{\text{ср}}$ – объемы продукции до реализации решений по повышению качества угля, тыс. т; $TC_{\text{ср}}$ – товарная стоимость продукции (средняя) до реализации решений по повышению качества угля, руб./т.

Величина $TC_{\text{ср}}$ – может быть определена для условий валовой добычи угля на месторождении. Величина средней товарной стоимости не является постоянной величиной, она изменяется с учетом изменения стоимости материалов, расценок на услуги аутсорсинговых компаний, роста тарифов и пр. По мере изменения ситуации на рынке данная величина может пересчитываться.

Приращение себестоимости предполагает увеличение затрат на улучшение качества технологических процессов для получения продукции с более высокой товарной стоимостью. Как было рассмотрено в главе 2, улучшение качества процессов предполагает дополнительные затраты на их производство. Однако, при изменившейся конъюнктуре рынка, например появлении новых покупателей продукции, отмене каких-либо ограничений у имеющихся покупателей, предприятие может выбрать иную стратегию реализации сырья, когда продукция с относительно низкой товарной стоимостью может быть выгодно реализована в определенном объеме. Очевидно, что такое сырье может быть добыто в одних и тех же горно-геологических условиях как и сырье с более высокой товарной стоимостью только с пониженным качеством технологических процессов. Пониженное качество технологических процессов может быть обеспечено снижением себестоимости добычи. Для таких условий в предлагаемой методике ΔC вычитается из значения $C_{ср}$. В случае если изменения, производимые в выполнении основных технологических процессах не приводят к изменению себестоимости, либо технологические процессы не изменяются по сравнению с общепринятой технологией, то ΔC принимается равной нулю.

Вводимое ограничение предполагает, что при оценке вариантов производимых на угольном разрезе изменений параметров технологических процессов итоговые экономические результаты деятельности будут выше, чем при условии разработки месторождения с неизменными параметрами, обеспечивающими усредненное качество продукции.

Использование разработанной экономико-математической модели позволяет определять рациональные параметры отработки каждого угольного

блока, вовлекаемого в разработку на основе прогноза прибыли от продаж угольной продукции.

Например, при отработке угольного блока 42-46 пл. 19 сложноструктурного Бейского месторождения в соответствии с разработанной технологической схемой, представленной на рисунке 3.3. существует не менее пяти вариантов технологии подготовки и выемки угля, для которых требуется провести расчеты и моделирование:

- 1 вариант – валовая выемка с долей крупного куска 50%;
- 2 вариант – селективная выемка в 2 слоя с долей крупного куска 50%;
- 3 вариант – селективная выемка в 3 слоя с долей крупного куска 50%;
- 4 вариант – селективная выемка в 4 слоя с долей крупного куска 50%;
- 5 вариант – селективная выемка в 4 слоя с долей крупного куска 70% (табл. 3.2).

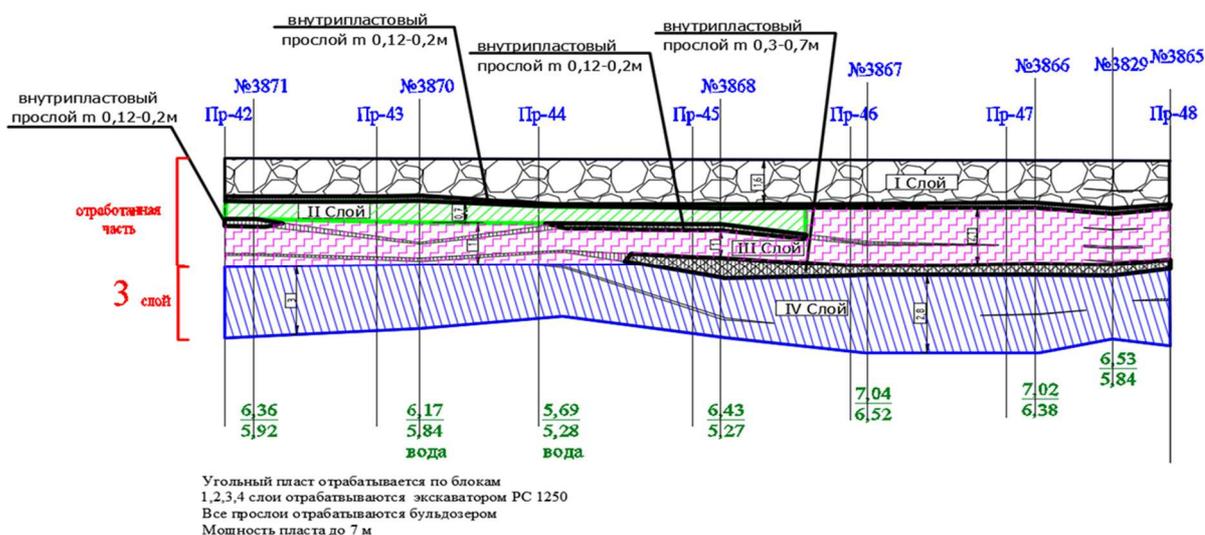


Рисунок 3.3 – Вариант технологической схемы отработки угольного блока 42-46 пл. 19 Бейского месторождения

В результате моделирования выбран наиболее эффективный вариант отработки – селективная выемка в 4 слоя с долей крупного куска 50% (вариант

4), качественная реализация которого позволит получить предприятию прибыль 36 647 тыс. рублей (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Результаты моделирования технологической схемы отработки угольного блока 42-46 пл. 19 Бейского месторождения

Таблица 3.2 – Моделирование вариантов отработки угольного блока 42-46 пл. 19 Бейского месторождения

Блок	Слой	Добыча, тыс. т	Зола,%	Влага,%	Теплота сгорания, ккал/кг	Доля угля на породовыборку, %	Потери при породовыборке, тыс. т	Приведенная теплота сгорания, ккал/кг	Прибыль	
									Руб./т	Всего, тыс. руб.
Вариант 1 - Валовая выемка										
19 42-46		105,0	15,8	12,4	5341	50	2,1	5461	-19	- 1 955
Вариант 2 - Селективная выемка, 2 слоя, доля крупного куска - 50%										
19 42-46	I	40	14,7	13,0	5367	50	0,8	5487	-19	- 745
	II	60	12,8	13,3	5455	50	1,2	5575	215	12 642
	ИТОГО	100,0					2,0	5540		11 897
Вариант 3 - Селективная выемка, 3 слоя, доля крупного куска - 50%										
19 42-46	I	35	14,63	13,0	5371	50	0,7	5491	-19	- 652
	II	25	18,11	13,3	5159	50	0,5	5279	-19	- 466
	III	35	8,4	13,3	5701	50	0,7	5821	1041	35 706
	ИТОГО	95,0			5437		1,9	5557		34 589
Вариант 4 - Селективная выемка, 4 слоя, доля крупного куска - 50%										
19 42-46	I	25	11	13,0	5574	50	0,5	5694	961	23 545
	II	16	15,8	13,3	5288	50	0,3	5408	-19	- 298
	III	15	11,5	13,3	5528	50	0,3	5648	961	14 127
	IV	39	15	15,0	5232	50	0,8	5352	-19	- 726
	ИТОГО	95,0			5378		1,9	5498		36 647
Вариант 5 - Селективная выемка, 4 слоя, доля крупного куска - 70%										
19 42-46	I	25	11	13,0	5574	70	0,7	5742	961	23 352
	II	16	15,8	13,3	5288	70	0,4	5456	-19	- 295
	III	15	11,5	13,3	5528	70	0,4	5696	881	12 845
	IV	39	15	15,0	5232	70	1,1	5400	-19	- 720
	ИТОГО	95,0			5378		2,7	5546		35 182

3.3 Разработка методики оценки качества технологических процессов и рекомендаций по обеспечению требуемого качества продукции

Алгоритм предлагаемого методического подхода к управлению качеством продукции предприятия в условиях отработки пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля представлен на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Алгоритм управления качеством продукции предприятия в условиях отработки пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля

Суть алгоритма заключается в оценке внешних и внутренних факторов функционирования угольного разреза, определении товарной стоимости угля для различных категорий угля по приведённой теплоте сгорания и соответственно ценности продукции, обосновании параметров технологических про-

цессов и дополнительных затрат на улучшение их качества для получения каждой категории продукции, итоговом выборе технологических решений обеспечивающих повышение эффективности деятельности угледобывающего предприятия.

Предложенный алгоритм предполагает:

- оценку сложившихся рыночных условий на предмет определения возможных объемов реализации продукции, возможной цены на продукцию соответствующего качества. Этот блок алгоритма очень важен, т.к. именно от анализа внешних условий и требований рынка зависит последующая стратегия принятия технологических решений на угольном разрезе;

- оценку имеющихся на месторождении запасов в пределах проектного контура угольного разреза. В данном случае оценка запасов производится по возможной потенциальной товарной стоимости угля из пластов без учета возможного разубоживания и снижения ценности при добыче;

- расчет производственной мощности с учетом разделения продукции по товарной стоимости - ценности. Данный расчет производится с ориентацией в первую очередь на потребности рынка, т.е. ориентирован на разработку наилучшего сценария для реализации полного объема добываемой продукции;

- принимаются технологические решения, производится расчет качества технологических процессов и определение величины приращения себестоимости для получения продукции определенного качества в объемах, позволяющих реализовать наиболее желаемый вариант реализации продукции потребителям;

- производится оценка на предложенное в экономико-математической модели ограничение. В случае, если данное ограничение не выполняется, производится пересмотр распределения продукции по объемам и качеству, далее расчеты повторяются;

- при получении положительных результатов (ограничение выполняется) производится календарное планирование горных работ на разрезе в соответствии с рассчитанной дифференциацией продукции по товарной стоимости

и, соответственно, ценности. В случае, если ограничение не выполняется, производится изменение параметров и показателей и, таким образом, реализуется управление качеством продукции до получения положительных, удовлетворяющих результатов;

- производится постоянный мониторинг обеспечения требуемого качества выполнения технологических процессов, позволяющих обеспечивать производство продукции заданной ценности.

На основе предлагаемых в диссертации технико-технологических решений были разработаны рекомендации по обеспечению требуемого качества продукции угольных разрезов, разрабатывающих пластовые месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля. Данные рекомендации более подробно раскрывают содержание некоторых блоков алгоритма, представленного на рис. 3.1., таких как: «Оценка имеющихся запасов и технологических возможностей», «Расчет производственной мощности с учетом дифференциации продукции», «Параметры тех. процессов», «Планирование горных работ с учетом принятых параметров и решений», «Учет и контроль качества технологических процессов».

При *оценке имеющихся запасов и технологических возможностей* необходимо учитывать, что сложноструктурное в геологическом плане месторождение характеризуется нестационарным характером угольных пластов, неравномерной и сильной изменчивостью содержаний качественных показателей угля и внутрипластовых включений (линзы, высокозольных включений) в пробах, а также весьма сложной морфологией. С горно-технологической точки зрения, при разработке сложного в структурном отношении месторождения неизбежно возникают сложности технологического плана, связанные выбором и управлением параметрами технологических процессов и т.д. При оценке запасов, подлежащих отработке в технической границе карьера на пластовом месторождении с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, происходит их разделение по блокам с отличающимися условиями, затем для каждого блока принимаются парамет-

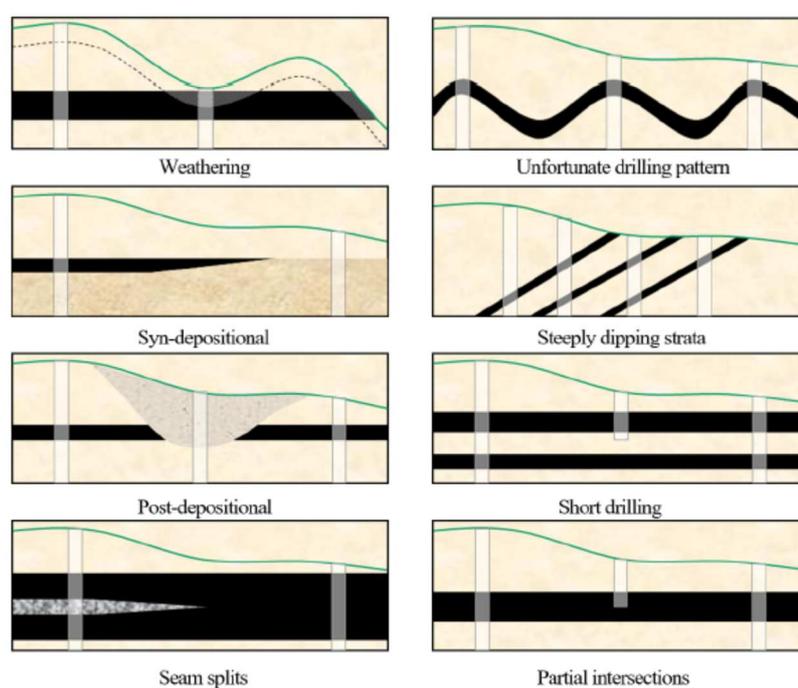
ры технологических процессов, обеспечивающие требуемое качество и ценность продукции.

Расчет производственной мощности с учетом дифференциации продукции предполагает определение объёмного угля с определенными качественными характеристиками, который может быть вовлечен в отработку в течение года. Целью дальнейших решений при обосновании качественных параметров технологических процессов является максимально возможное сохранение качества угля из массива по отдельным категориям и формирование качественных характеристик готовой продукции, обладающей максимальной ценностью для угледобывающего предприятия. Для этого предварительно предусматривается распределение оборудования по отдельным блокам и видам работ.

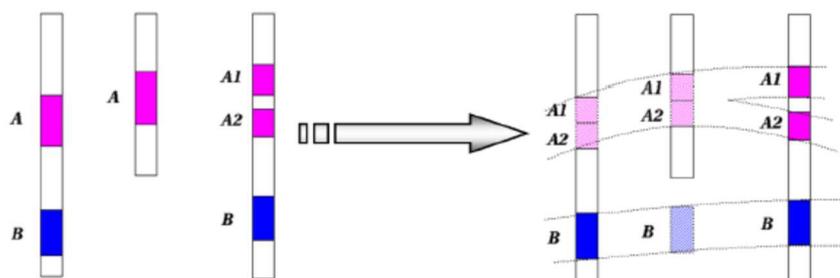
При обосновании *параметров технологических процессов* необходимо учитывать, что сложноструктурное месторождение может быть простым, когда оно рассматривается как объект ведения добычных работ и при этом применяется валовый способ подготовки и выемки полезного ископаемого. Для условий, когда ведется селективная подготовка пород к выемке и выемка угольных пластов, то месторождение является сложным не только в геологическом плане, но и в плане принятия и реализации технико-технологических решений. Валовая выемка, как правило, приводит к получению малоценной продукции угольного разреза, однако при определенной конъюнктуре на рынках минерального сырья продукция низкого качества может обладать достаточно высокой ценностью, это учитывается в предлагаемой экономико-математической модели.

При подготовке горных пород к выемке на пластовом месторождении с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля предложены следующие рекомендации по последовательности выполнения работ. После утверждения плановой программы ведения горных работ разрабатываются проекты на проведение буровых и взрывных работ. Для таких месторождений очень важно на стадии каждого технологического процесса определять

качество сырья. Так как подготовка горных пород к выемке является первым технологическим процессом, на стадии ее выполнения необходимо уточнять залегание угольных пластов в массиве. Для этого в диссертационном исследовании предусматривается использовать технологию Blast Maker и ее аналоги, которые позволяют уточнить залегание пластов. Эффективность использования этой технологии подтверждается многими исследованиями не только на российских, но и на зарубежных карьерах. По результатам бурения моделируется геологическая модель блока (рис. 3.6 а) и определяются места расположения зарядов и воздушных промежутков (рис. 3.6 б) [109].



а)



б)

Рисунок 3.6 – Уточнение геологической модели с использованием технологии Blast Maker: а) построение геологической модели; б) определение параметров скважинных зарядов

Данная технология предполагает существенные дополнительные затраты на оборудование буровых станков и дополнительное программное обеспечение, поэтому она рекомендована к применению для получения особо ценной продукции.

В зависимости от применяемого метода ведения добычных работ, выбирается определенная конструкция заряда. Для валового метода применяется сплошной заряд, который располагается в нижней части скважины. При применении селективного метода добычи используется рассредоточенный заряд. Конструкция рассредоточенного заряда предполагает, что часть взрывчатого вещества располагается на дне скважины, а часть - в верхней части угольного пласта. При такой конструкции заряда во внутрипластовых породных прослоях заряд отсутствует. Энергии взрыва будет достаточно для дробления угольного пласта, но при этом порода не перемешивается с углем. Наряду с этим происходит снижение удельного расхода ВВ на 0,01-0,02 кг/м³ (для условий Восточно-Бейского разреза), в связи с отсутствием необходимости дробить породный прослой.

Сетка скважин и конструкция заряда должна определяться в ходе расчетов буровзрывных работ службами, которые разрабатывают проекты массовых взрывов, при этом должны учитываться результаты ранее выполненных опытных взрывов. Сетка скважин при этом выбирается в зависимости от коэффициента крепости взрываемого угольного пласта (от 4х4 до 6х6), в целях управления крупностью куска, который должен быть оптимальным для обеспечения требуемой производительности выемочно-погрузочных работ и в то же время исключать переизмельчение угля.

В целях установления оптимальной конструкции заряда в определенных горно-геологических условиях отработываемого блока, отвечающего всем требованиям, предъявляемым для обеспечения требуемого качества товарной продукции, проводятся экспериментальные (опытные) взрывы. Все полученные результаты в ходе экспериментальных взрывов направляются в службу

участков буровзрывных работ для последующей разработки проектов массовых взрывов.

Уточнение качества угля в массиве для пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля необходимо осуществлять и перед переходом от подготовки пород к выемке к выемочно-погрузочным работам. Для этого после проведения взрывных работ проводится доразведка угольного пласта с использованием экскаватора. Для этого в шахматном порядке на протяжении всего блока на всю мощность угольного пласта необходимо производить экскавационные работы по проходке шурфов. Геологическая служба предприятия после исследования угольного пласта и установления структуры и мощности залегания внутрипластовых породных включений, составляет фактические горно-геологические разрезы. Также необходимо производить отбор проб из шурфов для проведения лабораторного анализа качественных показателей, так как только лабораторными испытаниями можно получить достоверную информацию по качеству сырья и на основе полученных данных определить приведенную теплоту сгорания угля в отрабатываемом блоке. По результатам анализов проб производится сравнение фактических данных с запланированными качественными характеристиками угольного пласта и, в случае несоответствия требуемого качества, производится смена направления ведения горных работ. Для этого на карьере необходимо иметь резервный угольный блок, который будет задействован в данном случае.

На основании представленных горно-геологических разрезов и результатов лабораторных испытаний разрабатываются локальные проекты производства работ по отработке угольного пласта. При применении селективного метода добычи для повышения ценности продукции в проекты включаются технологические схемы, на которых подробно изложена послойная отработка конкретного угольного пласта.

При использовании бульдозерной техники для формирования буртов, состоящих из внутрипластовых включений, в проект включается часть с бульдозерными работами по угольному пласту.

Проект производства работ по угольному пласту должен быть разработан, согласован и утвержден в соответствии с принятым на предприятии регламентом. Проектами должны быть обеспечены персонал горного участка, начальники смен, машинисты экскаваторов и операторы бульдозеров.

Исходя из полученных ранее результатов анализа качественных показателей определяется штабель или штабели, на которых будет размещаться угольная масса. Место размещения угольной массы сообщается техническим руководителям и задействованному линейному персоналу.

Производство выемочно-погрузочных работ осуществляется согласно разработанным проектам. При выполнении селекции угольного пласта и технической возможности разделить блок на части, необходимо выполнять бульдозерные работы по буртованию внутрипластовых включений одновременно с выемочно-погрузочными работами в целях подготовки для экскавации следующего за прослоем угольного слоя. Буртованные внутрипластовые включения формируются в вал или конус на угольном пласту в целях исключения дополнительных потерь при выталкивании их с пласта. Выемочно-погрузочные работы по буртованному прослою производятся при проходке забоем нижележащего угольного слоя. На данном этапе также важно следить за качеством селективной выемки. На каждом этапе при возникновении сомнений в качестве добываемой угольной массы или качестве выполняемых технологических процессов осуществляется дополнительный контроль.

При планировании горных работ с учетом принятых параметров и решений на месяц используются основные входные данные, на которых основывается вся дальнейшая работа. К ним относятся: подготовленные и вскрываемые запасы угля и объем товарной продукции с требуемым качеством, которыми необходимо обеспечить перерабатывающий комплекс для выполнения всех обязательств по контрактам. Данные об объемах товарной продукции с

требуемым качеством, необходимых для отгрузки, предоставляет соответствующая служба предприятия в установленные регламентом сроки. На сводно-совмещенном плане обозначаются все планируемые к добыче угольные пласты на текущий месяц. Для управления качеством при планировании периода и обеспечения требуемых качественных характеристик необходимо брать в расчет запас по объему добычных блоков от необходимых для выполнения плановых объемов добычи.

Производится расчет качественных показателей при разных способах ведения добычных работ, позволяющих обеспечить различную ценность продукции. Качественные показатели при селективном способе добычи должны рассчитываться с исключением показателей внутрипластовых включений. Далее обсуждается и принимается решение об окончательных объемах добываемой горной массы с рассчитанными качественными характеристиками. Определяется, на каких угольных пластах применять валовый, а на каких селективный метод добычи с учетом направления ведения горных работ согласно техническому проекту. Если качественные показатели планируемой к добыче горной массы превышают требуемое качество или объемы получились больше необходимых в требуемом качестве, то в этом случае добычные работы производятся с лучшими качественными показателями в целях дальнейшего доведения продукции до требуемого качества угля на складах.

Учет и контроль качества технологических процессов производится на каждом этапе. Контроль предполагает оценку качества продукции при выполнении каждого технологического процесса, что достигается подбором соответствующих параметров работы оборудования и технологии производства работ.

В карьере производится отбор проб для лабораторного анализа из пластов, сбуртованных зачисток, междупластий, внутрипластовых прослоев для установления качественных характеристик. После получения результата анализа устанавливается место размещения опробованной горной массы. После

технологических процессов в карьере контроль качественных показателей осуществляется при складировании угля путем контроля формирования штабеля и контроля выполнения запланированного качества отбором проб со штабеля в дни добычных работ.

Расчетные плановые, расчетные забойные и фактические качественные показатели на складе должны сводиться в единую систему учета, в которой фиксируется влажность, зольность и низшая теплота сгорания угольной массы за каждые сутки по пластам и послойно. Расчетным путем в системе учета проводится сравнительный анализ всех качественных показателей отдельно по каждому угольному пласту, а также за весь период работы. На основе полученных данных определяется приведенная теплота сгорания угля.

В ходе производства горных работ осуществляется ежедневный анализ полученных данных и при отклонении от запланированных качественных характеристик в худшую сторону производится корректировка параметров технологических процессов или направления ведения работ путем вовлечения в разработку резервных блоков.

На основе выполнения предлагаемых решений производится управление качеством технологических процессов и продукции предприятия для получения требуемой ценности готовой продукции.

Выводы

1. Разработана методика оценки качества технологических процессов в условиях отработки пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, позволяющая осуществлять количественную оценку производимых преобразований. Отличительной особенностью методики является учет влияния количества процессов, задействованных в повышении качества, и качества каждого технологического процесса для обеспечения требуемого качества продукции.

2. Разработана экономико-математическая модель оценки целесообразности применения новых технологических решений, направленных на повы-

шение качества продукции, дифференцированно учитывающая продукцию по ценности и объему каждого вида продукции и позволяющая обеспечить качество реализуемого угля, соответствующее сложившейся конъюнктуре рынка.

3. Предложен алгоритм управления качеством продукции предприятия в условиях отработки пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, включающий разработанную методику и экономико-математическую модель, определяющий последовательность выполнения технико-экономической оценки производимых преобразований на разрезе для повышения ценности продукции.

4. Определены рекомендации по обеспечению требуемого качества угольных разрезов, разрабатывающих пластовые месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля определяющие последовательность реализации предлагаемого методического подхода, касающиеся: оценки имеющихся запасов и технологических возможностей, расчета производственной мощности с учетом дифференциации продукции, определение параметров технологических процессов, планирования горных работ с учетом принятых параметров и решений, учет и контроль качества технологических процессов.

4 ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ ВОСТОЧНО-БЕЙСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

4.1 Особенности условий разработки Восточно-Бейского разреза

Бейское каменноугольное месторождение является самым перспективным в России по запасам высококачественных энергетических углей. Его запасы составляют порядка 4 миллиардов тонн. Российские угли марки Д потребляют порядка тридцати стран мира. Потребителями углей Бейского каменноугольного месторождения являются тепловые электростанции РФ, стран СНГ и дальнего зарубежья; коммунально-бытовые предприятия РФ; предприятия чёрной и цветной металлургии РФ. Сегодня на Бейском месторождении работают 4 угольных разреза, в будущем их количество увеличится вдвое. Ожидается, что объемы добычи угля в 2030 году по всему месторождению составят 37 миллионов тонн в год [110].

Восточно-Бейский разрез, являясь типичным представителем активно осваиваемого угольного кластера, имеет ряд важных особенностей функционирования и развития. Наиболее характерные особенности современного этапа развития Восточно-Бейского разреза сгруппированы и представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Особенности развития Восточно-Бейского разреза [111].

Особенности	Описание
Геологические	Сложная структура месторождения: добыча угля осуществляется из 11 пластов, разной мощности и отличающихся качественными характеристиками
Технологические	Готовая продукция не проходит цикла обогащения на фабрике, что обуславливает необходимость адаптации технологии добычи и переработки угля к требованиям покупателей: <ul style="list-style-type: none">• для обеспечения качества продукции необходимо дифференцировать продукцию по ценности на всех стадиях производства;• для снижения цены продукции необходимо обеспечивать постоянный рост производительности оборудования и труда
Региональные	Резкое усиление конкуренции, как следствие: <ul style="list-style-type: none">• усиление борьбы за квалифицированный персонал;• увеличение загруженности транспортных магистралей

ООО «Восточно-Бейский разрез» осуществляет разработку угольного месторождения ЧАЛПАН открытым способом (геологические участки Чал-

пан-1, Чалпан-2, Чалпан-3) в восточной части Бейского каменноугольного месторождения. Транспортные условия района месторождения благоприятные. Шоссейные и грунтовые дороги пригодны для движения автотранспорта в течение всего года. Бейское месторождение имеет железнодорожное сообщение с другими промышленными районами Сибири. Ближайший от участка Чалпан разъезд Сорокоозерки расположен в 12 км. От него до станции Камышта (южный ход Транссиба) – 60 км через трассы Абакан - Ачинск и Абакан-Тайшет. Основным источником электроснабжения ООО «Восточно-Бейский разрез» является главная понизительная подстанция 110/6 кВ «Чалпан». Данная подстанция подключена к энергосистеме АО «Хакасэнерго» по двухцепной ВЛ 110 кВ отпайкой от магистральной ВЛ 110 кВ «Лукьяновка - Райково». Добыча угля на разрезе в 2019 году составила 4000 тыс. т.

Горные работы на разрезе ведутся по проекту «Горно-транспортная часть ООО «Восточно-Бейский разрез» с увеличением мощности до 4,0 млн. т угля в год», разработанном в 2013 г. ООО «Управление проектных работ АО «Красноярскуголь» [111].

Участок Чалпан признан первоочередным к отработке открытым способом согласно Протоколу технического совещания при заместителе Министра угольной промышленности СССР от 29.03.1977 г. № 23. Детальная разведка участка проведена в 1977-1986 гг. Запасы защищены в ГКЗ СССР, протокол от 05.06.1987 г. № 10195.

Согласно протокола № 2775 заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых (ГКЗ Роснедра) от 18 мая 2012 г. утверждены следующие постоянные разведочные кондиции для подсчета балансовых запасов углей марки Д для условий открытой отработки по участку Чалпан Бейского месторождения (лицензия АБН № 00545 ТЭ):

- минимальная мощность пласта простого и сложного строения (по сумме угольных пачек и внутрипластовых породных прослоев) – 1,0 м;
- максимальная зольность угля с учетом 100% засорения внутрипластовыми породными прослоями – 35%.

Геологические балансовые запасы по чистым угольным пачкам по состоянию на 01.01.2020 г. составляют 124 572 тыс. т. Промышленные запасы в контуре разреза для открытого способа добычи составляют 124 721 тыс. т.

Сводно-совмещенный план разработки Восточно-Бейского угольного разреза представлен на рисунке 4.1, а литолого-стратиграфическая колонка угленосной толщи участка Чалпан Бейского каменноугольного месторождения представлена на рисунке 4.2.

Участок Чалпан, разрабатываемый ООО «Восточно-Бейский разрез», представляет собой многопластовую залежь на восточном замыкании Бейской синклинали, состоящую из 12 пластов средней рабочей мощностью 3,61 м при изменениях от 1,0 до 11,5 м с многочисленными прослойками и линзами угля мощностью менее 1,0 м.

Залегание угольных пластов центриклинальное, слабоволнистое, под углами от 3° до 10° (восточное крыло) и до 30° (южное крыло). Строение пластов – сложное, с включениями прослоев алевролитов и аргиллитов, часто углистых. Угольные пласты относительно выдержанные. Мощность междупластий в среднем изменяется от 3,29 до 47,2 м, мощность внешней вскрыши – от 11,6 до 52 м.

Повсеместно продуктивная толща на рассматриваемом участке перекрыта четвертичными отложениями средней мощностью 3 м, представленными элювиальными суглинками.

Коренные породы вскрыши представлены алевролитами, песчаниками, аргиллитами, гравелитами и конгломератами.

По прочности углевмещающие породы соответствуют IV-VI категории ($f = 1,5-2$) и относятся, в основном, к полускальным породам. Кроме этого, в них встречаются конкреционные кальцит-доломит-сидеритовые образования в количестве до 6 % от общего объема коренной вскрыши. Размеры их изменяются по мощности от 0,3 до 4,5 м, протяженность по простиранию от 10-15 до 150 м, крепость IV-VIII. По трудности экскавации породы вскрыши и уголь относятся в основном к III категории.

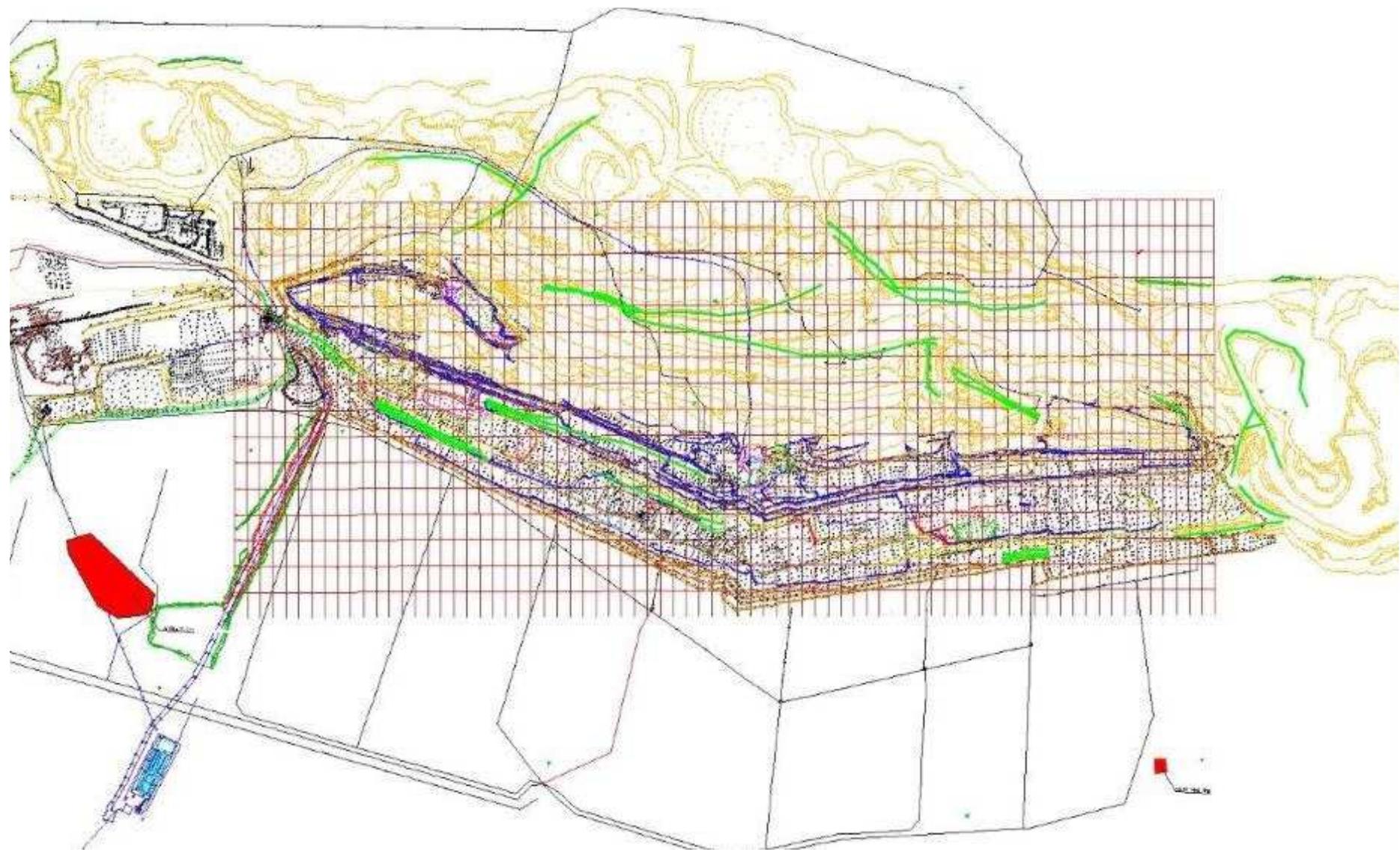


Рисунок 4.1. – Сводно-совмещенный план разработки Восточно-Бейского угольного разреза

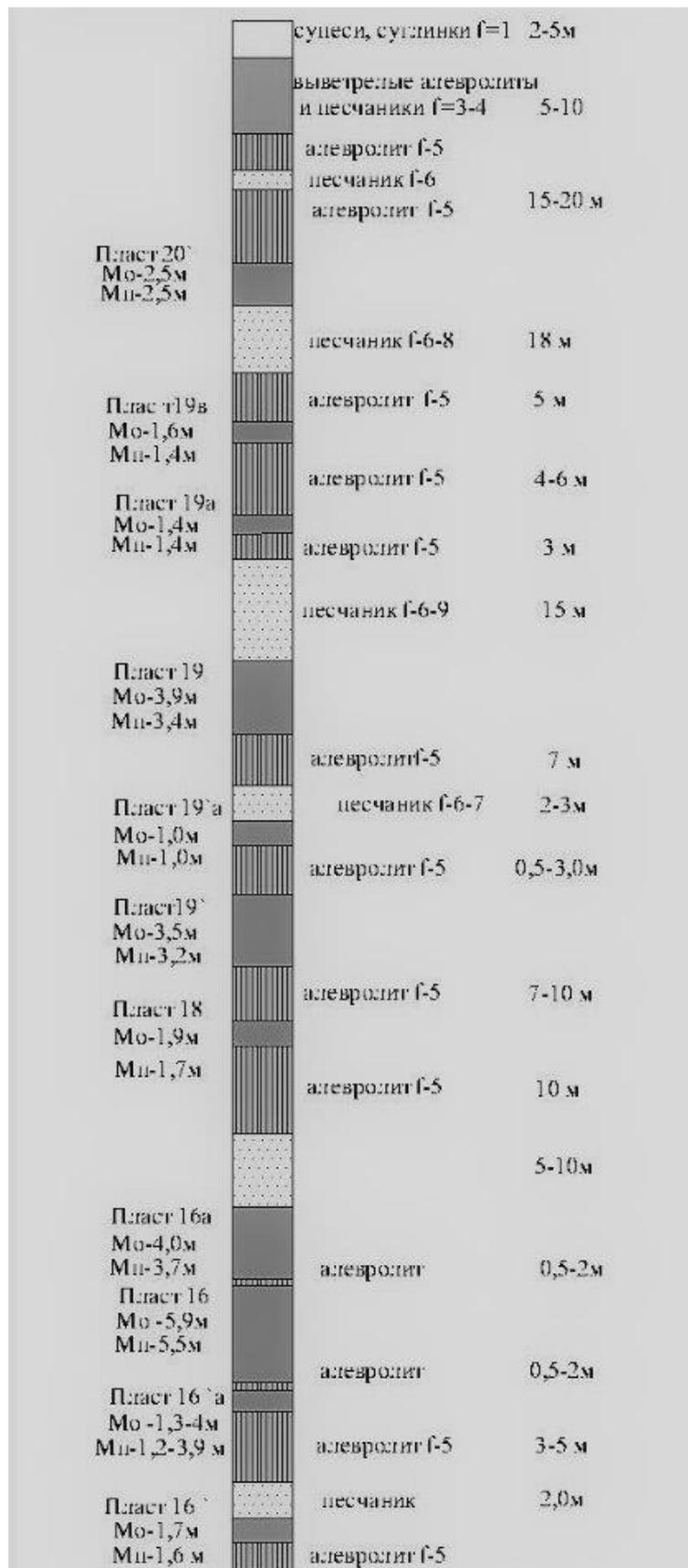


Рисунок 4.2. – Литолого-стратиграфическая колонка угленосной толщи участка Чалпан Бейского каменноугольного месторождения

В период детальной разведки был проведен комплекс работ по опробованию углей и пород. По всем пробам, отобраным на полный технический анализ, определялись зольность, влага аналитическая, выход летучих веществ, удельная теплота сгорания. В результате проведенной работы выявлено, что содержание аналитической влаги в углях участка изменяется от 1,6 до 9,2%. Зольность углей изменяется в широких пределах от 3,4 до 35, а низшая теплота сгорания в зависимости от разрабатываемого пласта при среднем значении 5664 ккал/кг варьируется в диапазоне 4608 – 5842 ккал/кг, то есть пределах 30% (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Низшая теплота сгорания углей участка Чалпан

Индекс пласта	Теплота сгорания по бомбе Q dafs, ккал/кг	Массовая доля рабочей влаги Wrt, %	Зольность рабочего топлива, Art, %	Содержание водорода на рабочее топливо Hг, %	Массовая доля общей серы Sdt, %	Низшая теплота сгорания Q gi, ккал/кг
20'	7616	9,8	9,1	5,23	0,53	5814
19в	7614	9,7	11,9	5,24	0,48	4608
19а'	7701	9,2	10,3	5,21	0,47	5842
19	7416	10	11,5	4,97	0,47	5474
19'а	7495	9,2	11,9	4,16	0,4	5616
19'	7501	10,4	10,6	5,21	0,51	5567
18	7526	9,5	10,4	5,29	0,5	5665
16а	7572	10	11,2	5,41	0,57	5593
16	7673	9	12,4	5,49	0,57	5659
16'а	7652	9,4	11,2	5,04	0,43	5728
16'	7658	8,7	12,6	5,23	0,46	5671
Среднее по участку	7601	9,5	11,3	5,16	0,49	5664

Плановые объемы добычи и качество добываемого угля на 2020 год представлено в таблице 4.3.

Экономические расчеты показали, что при сложившихся ценах на угольную продукцию без изменения себестоимости и тарифов перевозчиков целесообразность добычи существует только по пластам 18 и 20'. Добыча угля по остальным пластам принесет предприятию убытки. Этим обстоятельством обусловлены технологические особенности эксплуатации Восточно-Бейского угольного разреза.

Таблица 4.3 – Плановые объемы добычи и качество угля Восточно-Бейского разреза в 2020 г.

Наименование пласта	Добыча		Показатели качества					
	Тыс. т	%	Зольность, %	Влага, %	Выход летучих веществ, %	Сера, %	Теплота сгорания, ккал/кг	
							высшая	низшая
20'	47,4	1,5	10,4	13,6	39,6	0,52	7547	5655
19в	101,7	3,2	22,7	10,6	42,7	0,36	7373	4834
19'	448,0	14,0	13,6	10,9	40,5	0,49	7503	5472
18	110,0	3,4	13,9	10,6	40,8	0,50	7604	5569
16а	365,6	11,4	14,2	11,3	40,9	0,5	7602	5510
16'а	328,6	10,3	14,5	12,0	39,4	0,51	7580	5405
16'а слитый	606,5	18,9	13,1	11,4	39,4	0,44	7555	5511
16/	331,0	10,3	16,5	10,8	39,8	0,50	7647	5377
Итого	3204,7	100,0	14,5	11,2	40,3	0,49	7549	5426

Подготовка пород к выемке осуществляется буровзрывным способом. Работы по бурению и взрыванию выполняются подрядной специализированной организацией ООО «Управление по буровзрывным работам». Буровзрывные работы рассчитаны в соответствии с «Типовым проектом производства буровзрывных работ на открытых горных работах АО «Разрез Изыхский» и ООО «Восточно-Бейский разрез».

Для бурения взрывных скважин на разрезе применяются буровые станки DML-1200 и DML-1600. В качестве взрывных веществ (ВВ) используются Гранулит «ПС-2», «Березит Э-70» и патронированные.

Основные направления совершенствования процесса подготовки пород к выемке заключается в снижении удельного расхода и себестоимости при одновременном увеличении объема взрывного блока и выхода горной массы. С точки зрения обеспечения требуемой крупности взрываемого угля и недопущения его засорения пустыми (вскрышными) породами – основное направление совершенствования буровзрывных работ заключается в подборе рациональной конструкции заряда и сетки скважин с использованием технологии Blast Maker и зонировании карьерного поля.

Разработка вскрышных пород производится электрическими и дизельными гидравлическими экскаваторами-мехлопатами Komatsu PC-4000, PC-3000, PC-1250, а также драглайнами ЭШ-10/70 в соответствии с технологическими схемами, утверждаемыми главным инженером угольного разреза. Технологические схемы экскаваторных работ адаптируются к конкретным горно-геологическим условиям и совершенствуются в части поддержания и наращивания производительности горно-транспортного комплекса в целом, изменения схем подъезда, повышения технической готовности экскаватора, сокращение плановых и неплановых простоев.

Угольные пласты разрабатываются гидравлическими экскаваторами PC-3000, PC-1250 и PC-300 с погрузкой в автосамосвалы БелАЗ-75131, оснащенные увеличенными углевозными кузовами. До начала экскаваторных работ кровля угольного пласта может быть зачищена бульдозером и специальной механической щеткой. Далее производится подготовка к выемке взрывом. Порядок отработки определяется с использованием горно-геологической карты, разрабатываемой геолого-маркшейдерской службой на каждый угольный блок и экономико-математической модели (см. рис. 3.4, 3.5).

Перемещение вскрышных пород в отвал и добытых углей на склад производится автосамосвалами БелАЗ-75131 и БелАЗ-75306 грузоподъемностью 130 т и 220 т, соответственно.

Несмотря на высокую динамику производственно-технических показателей, перед руководством предприятия и компании с 2014 года стоит задача поиска и реализации путей сохранения конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности разреза, что обусловлено особенностями развития региона – ростом конкуренции среди компаний-углепроизводителей [113]. Открытие новых предприятий с более доступными и качественными запасами угля и выгодным расположением относительно железнодорожных магистралей привело к частичной потере рынков сбыта и возникновению ограни-

чений в объемах отгрузки дешевым (относительно автомобильного) железнодорожным транспортом.

Основным направлением формирования лидирующих позиций в регионе было выбрано технологическое развитие, которое представляет собой управляемое закономерное изменение, обусловленное освоением новых технологий и технологических параметров на базе использования новых знаний, в результате чего формируется качественно новая технологическая система, обеспечивающая конкурентоспособный уровень качества продукции и производительности ресурсов угледобывающего предприятия [113].

С начала 2014 г. коллектив разреза приступил к решению задачи достижения лидирующих позиций в региональном и отраслевом масштабе. На сегодняшний день реализовано более 70 проектов различного масштаба, направленных на развитие технологической дисциплины и культуры производства, персонала, технологических процессов, ассортимента и качества угольной продукции, многие из которых получили признание и развитие на других предприятиях компании «СУЭК» (рис. 4.3) [114-118].



Рисунок 4.3 – Структура организационно-технологических проектов, реализованных в ООО «Восточно-Бейский разрез» за период 2014-2018 гг. [121]

С целью повышения качества товарного угля на предприятии разработан и осваивается регламент управления качеством, также проведено техническое перевооружение погрузочно-сортировочного комплекса, изменена процедура реализации угля на самовывоз.

Наиболее значимые проекты в плане развития персонала предприятия предусматривают связь результатов и оплаты труда операторов горно-транспортного и вспомогательного карьерного оборудования [119-123].

Освоена визуализированная система учета производительных часов и рейтинг операционного персонала. Разработана и освоена система оценки руководителей всех уровней, рейтинги начальников участков, начальников смен, горных мастеров [124].

Таким образом, наиболее характерные особенности развития Восточно-Бейского разреза обусловлены геологическими, технологическими и региональными факторами, которые взаимосвязаны и оказывают взаимное влияние. Для минимизации негативных горно-геологических и региональных факторов на разрезе осваивается система технологического развития, цель которой – обеспечить требуемый уровень и динамику эффективности добычи угля.

4.2. Реализация технологических решений для обеспечения требуемого качества продукции на Восточно-Бейском угольном разрезе

Управление процессом освоения технологических параметров и решений, обеспечивающих требуемое качество продукции на Восточно-Бейском угольном разрезе происходило в несколько последовательных этапов.

I этап. В результате проведенного в конце 2013 года организационно-технологического аудита производственной системы Восточно-Бейского разреза были выявлены дефекты, устранение которых создает новые возможности повышения эффективности угледобычи и ценности товарной продукции:

- наличие «рваных» совмещенных угольно-породных откосов с нависями пород и недоборами углей по нижней бровке добычного уступа на кон-

такте с совмещенным угольно-породным откосом следующей вскрышной заходки;

- горные работы осуществляются на коротком в 1,5 км фронте работ, как следствие, не соблюдение рациональной длины экскаваторных блоков;

- большие потери рабочего времени на непроизводительную работу горнотранспортного оборудования, приводящие к снижению производительности и одновременному росту себестоимости;

- потери качества добытых углей, обусловленные отсутствием соответствующих проектных решений при том, что все 11 пластов, находящихся в разработке, распачкованы породными прослоями.

В результате проведенного аудита руководство разреза определило первоочередной задачей стандартизацию работы экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК) с целью обеспечения требуемого качества процессов выемки и транспортирования горной массы и достижения ежедневного использования оборудования в режиме 9,5-10,5 производительных часов. Основные задачи разрабатываемого стандарта ЭАК:

1. Достижение целевого показателя производительности в месяц.
2. Получение экономического эффекта за счет снижения удельных затрат на 1 м³ автотранспортной горной массы.
3. Повышение уровня заработной платы персонала, задействованного в работе вскрышного комплекса.

Оборудование ЭАК в соответствии с принятым стандартом включает: гидравлический экскаватор-мехлопата; нормативное количество автосамосвалов; два бульдозера – в забое и на отвале; колесный автогрейдер; три автомобиля КамАЗ – вахта, топливозаправщик, передвижная столовая.

Для обеспечения работы ЭАК в соответствии с разработанной циклограммой и технологической схемой разрабатываются соответствующие организационно-технологические мероприятия, реализация которых обеспечивает выход каждого комплекса на целевые показатели работы [125].

Кроме стандартов ЭАК на разрезе разрабатываются такие формы упорядочивания рабочих процессов как технологическое руководство; технологический регламент; технологическая карта; организационный регламент и памятка.

Проводимая работа по стандартизации рабочих процессов позволила не только повысить производительность труда, но и послужила основой для повышения профессионализма операционного и руководящего персонала и согласованности их взаимодействия.

II этап. Стандарты легли в основу процедуры обучения и оценки профессионализма персонала разреза, на их основе были разработаны билеты и контрольные задания для проверки знаний.

Важным элементом производственного обучения стала форма ежедневного производственного совещания линейных руководителей, получившая название «Школа горного инженера», в рамках которой в формате обучающего семинара участники:

- получают новые знания и отрабатывают навыки разбора потерь качества товарной продукции и часовой производительности;
- ведут персонифицированный учет потерь объемов горной массы и полувагонов в смене;
- обсуждают функционал и зоны ответственности каждого должностного лица на смене в аспекте обеспечения требуемого качества процессов и продукции;
- вносят предложения по усовершенствованию процедуры подготовки, выдачи и контроля наряд-заданий;
- разрабатывают мероприятия по улучшению условий труда и оценивают эффективность реализации разработанных ранее мероприятий.

В рамках «Школы горного инженера» в августе 2015 года была проведена серия семинаров по разработке комплекса мер повышения качества производимой на разрезе продукции с участием Председателя Правления и 50-ти административно-управленческих работников ООО «ВБР», руковод-

ства «УБВР» и специалистов ОТК. В результате проведенной масштабной работы по вовлечению персонала всех уровней управления в повышение качества продукции на предприятии был утвержден стандарт управления качеством продукции и план мероприятий, представленный в Приложении 4.

Реализация разработанных мероприятий позволила существенно повысить качество технологических процессов, результатом чего стал многократный рост количества осваиваемых стандартов технологических процессов, что отразилось на производительности труда и оборудования, использовании материально-технических ресурсов, ассортименте товарной продукции. Количественные показатели изменения преобразования технологических процессов Восточно-Бейского разреза за период 2014-2019 г. представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Динамика результатов преобразования технологических процессов Восточно-Бейского разреза за период 2014-2019 г.

Показатель	Год					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Уровень стандартизации технологических процессов						
1. Осваиваемые стандарты рабочих процессов, шт. (с накоплением)	3	9	17	32	64	76
Производительность труда ср.списочного работника						
- по товарной продукции, т/чел. в месяц	549	614	590	624	640	590
- по горной массе, тыс. м³/ чел. в месяц	4055	3 931	4 200	4 669	5 255	

Показатель	Год					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ПОДГОТОВКА К ВЫЕМКЕ						
1. Удельный расход ВВ, кг/м³	-	0,562	0,595	0,597	0,521	0,530
2. Объем буровых работ, тыс. пог. м	-	530,6	568,6	625,2	608,4	748,3
3. Объем взорванной горной массы, тыс. м³	-	14173	16213	19706	20156	23998
Расход ВВ, т	-	7963	9642	11761	10508	12724
4. Выход взорванной горной массы, м³/пог. м	-	26,7	28,5	31,5	33,1	37,5
ВЫЕМКА						
Удельная производительность оборудования, тыс.м³ / м³ емкости ковша в год						
5. Средняя по парку, в том числе:	336	340	382	399	439	409
- мехлопаты	376	400	417	430	443	498
- драглайны	257	265	265	285	300	312
Коэффициент использования						
- мехлопаты	0,77	0,77	0,84	0,85	0,86	0,88
- драглайны	0,70	0,72	0,80	0,82	0,80	0,81
ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ						
Удельная производительность оборудования, тыс.ткм /1 т грузоподъемности в год						
Средняя по парку	41,7	41,7	44,8	42,8	42	48
Коэффициент использования						
Средний по парку	0,66	0,71	0,82	0,83	0,82	0,84
Удельный расход материально-технических ресурсов						
Дизельное топливо, г/ткм	98,9	94	95	92,2	92,2	85,3
Автошина, км пробега	78 547	94 377	84 856	81 195	128 567	131 507
СКЛАДИРОВАНИЕ						
Количество штабелей	4	4	6	6	8	10
ПЕРЕРАБОТКА						
Количество сортов товарной продукции	4	4	5	5	8	8

III этап. Немаловажным условием реализации разработанных мероприятий и планов стало изменение системы оценки результатов труда и включение показателей качества как для операционных работников (измене-

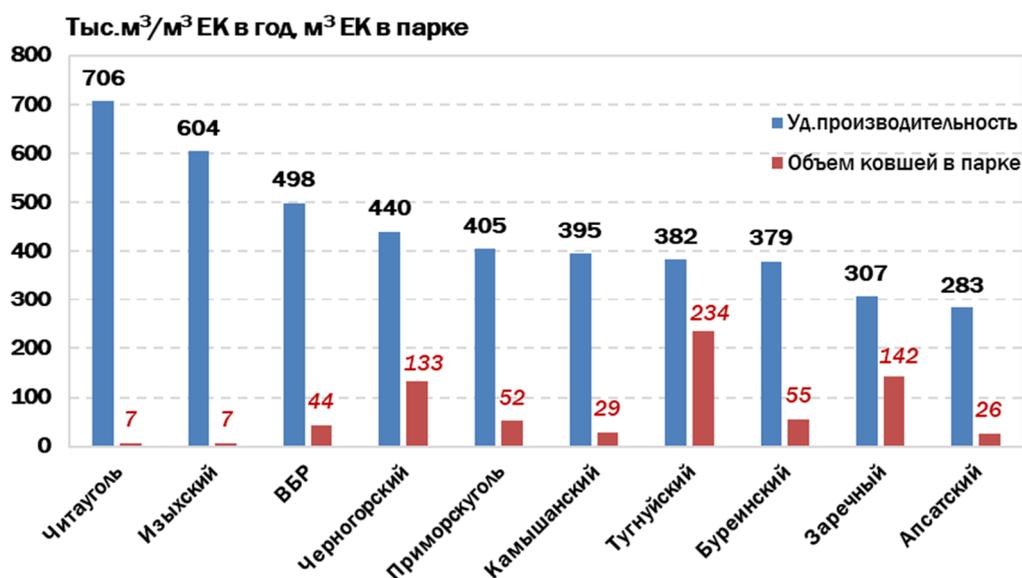
ние расценок при работе на добыче), так и для руководящего состава в форме ключевых показателей эффективности и рейтингов [126].

Повышение мотивации и квалификации работников, участвующих в разработке и освоении стандартов рабочих процессов, а также в реализации разработанных планов обеспечило изменение важных параметров разреза – длина фронта увеличилась в 2,8 раза, а среднемесячное количество взрыводней сократилось в 2,2 раза (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Технологические параметры Восточно-Бейского разреза за период 2013-2019 гг.

Показатель	Год						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Длина фронта работ, км	1,3	1,5	2,5	3	3,2	3,9	3,6
Среднемесячное количество взрыводней	14,1	6,7	11,7	8,3	7,0	6,75	6,4
Средний объём блока по углю, м3	16	40	46	40	48	55	45
Средний объём блока по вскрыше, м3	93	158	145	159	234	248	288

Принятые технология и организация выемочно-погрузочных работ позволяют обеспечивать высокую производительность экскаватора, снижать потери ресурсов от непроизводительной работы и простоев (рис. 4.4).



* ВБР – Восточно-Бейский разрез

Рисунок 4.4 – Сравнение удельной производительности парка гидравлических экскаваторов на предприятиях АО «СУЭК»

IV этап. К концу 2018 года стало очевидным, что «в постоянно ужесточающейся конкурентной борьбе для предприятия зачастую недостаточно повышать эффективность только в привычных для горного инженера областях – технико-технологические улучшения имеют свой предел эффективности и без улучшения качества основополагающих процессов, особенно планирования производства, невозможно обеспечить требуемую динамику эффективности угледобычи» [127].

При этом планирование должно отвечать современным требованиям, подробно описанным в технологиях гибкого управления проектами SCRUM и Agile [128], а также в методологии планирования переходных процессов, разработанной чл.-корр. РАН В.Л. Яковлевым и д.т.н. Азевым В.А., в которых основным направлением развития становится формирование эффективных рабочих групп, визуализация задач и результатов деятельности, ориентация на качество конечного продукта, непрерывное инновационное развитие [129, 130].

Для реализации выбранной методологии планирования существенно должны измениться методы, средства и стиль управления предприятием [131-133].

В 2019 году в связи падением цен на угольную продукцию и ограничением по объемам отгрузки готовой продукции в связи с отсутствием требуемых транспортных коммуникаций задача повышения качества продукции Восточно-Бейского разреза существенно актуализировалась – стала единственным способом сохранения безубыточности предприятия и доходов коллектива.

В этой связи на предприятии была создана рабочая группа по повышению качества продукции, в которую при необходимости могут быть привлечены любые сотрудники разреза. Цель работы группы – поиск, подготовка, реализация и оценка эффективности организационных и технологических мер обеспечения требуемого на рынке качества угля. Формат работы группы – ежедневное свободное взаимодействие участников, еженедельное подведение итогов с участием главного инженера разреза.

Пример разрабатываемого плана работы группы на месяц представлен в Приложении 5 и включает мероприятия по следующим направлениям: дол-

госрочное планирование; качество подготовки угля к выемке, качество выемки, транспортирования, складирования и переработки угля; контроль за выполнением мероприятий, экспериментальные предложения и улучшения. Группа работает с августа 2019 г. по настоящее время.

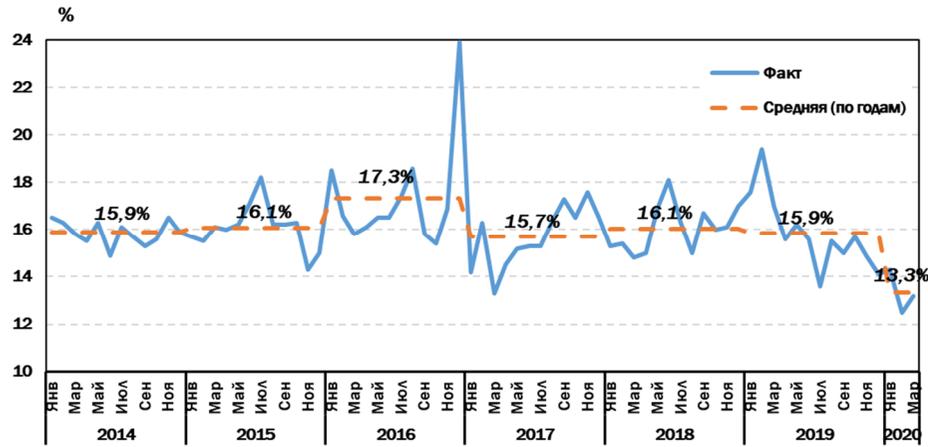
Одним из экспериментальных предложений повышения качества, осваиваемых на разрезе, является организация недельного планирования с учетом производственных рисков. Форма такого планирования представлена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Форма недельного планирования объемов экскаваторных работ с учетом производственных рисков

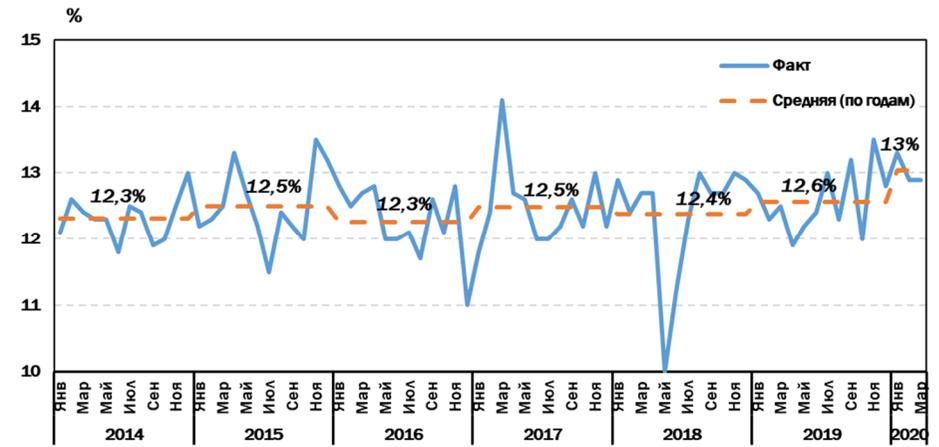
ЭАК	Объем экскавации горной массы, м3	Оценка риска, %					СРЗН АЧ	Уровень риска	Масштаб риска	Причины риска	Мероприятия по устранению риска
		0	30	50	80						
Экскаваторы-мехлопаты											
РС-1250 №1	41294	1	2	2		32	Высокий	Средний	Неконтролируемый спуск воды в забой, недостаточный фронт работ	Обеспечить готовность ЦНС	
РС-1250 №5	66470	1	4			24	Средний	Высокий	Неподтверждение качества угля (влажность)	Подготовить резервный забой	
РС-3000 №2	99000	3	2			12	Средний	Очень высокий	Берма, недопостижение плановой производительности (нагрузки)	Перераспределить объем работ с РС-4000	
РС-4000 №7	35000	4		1		10	Средний	Средний			
Экскаваторы-драглайны											
301	49500	4	1			6	Низкий	Средний			
338	48500	1	2	1		28	Средний	Средний	Качество подготовки горной массы, аварийность		
447	49000	2	1	1		20	Средний	Средний	Недостаточный фронт		

Вовлечение персонала в процесс планирования повышения качества технологических процессов позволило добиться положительной динамики показателей, отражающих объем и качество производимой товарной продукции, которые представлены на рисунке 4.5.

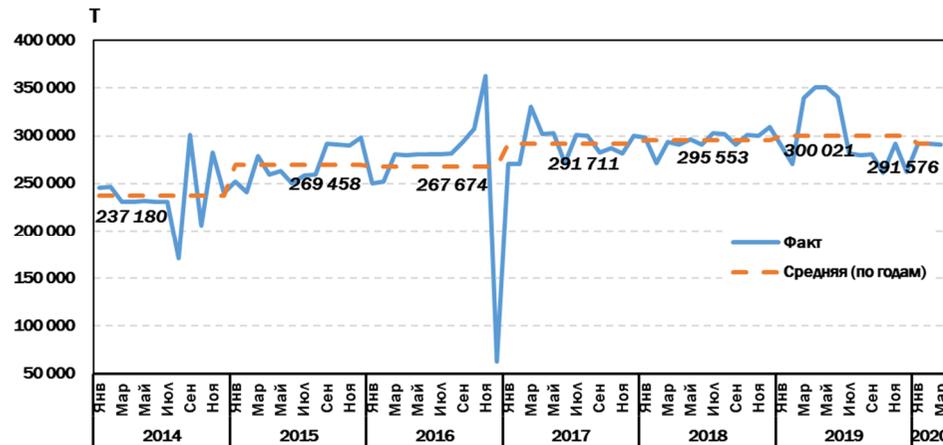
а) зольность, %



б) влага, %



в) объем добычи угля, %



г) низшая теплота сгорания добываемого угля, ккал/кг

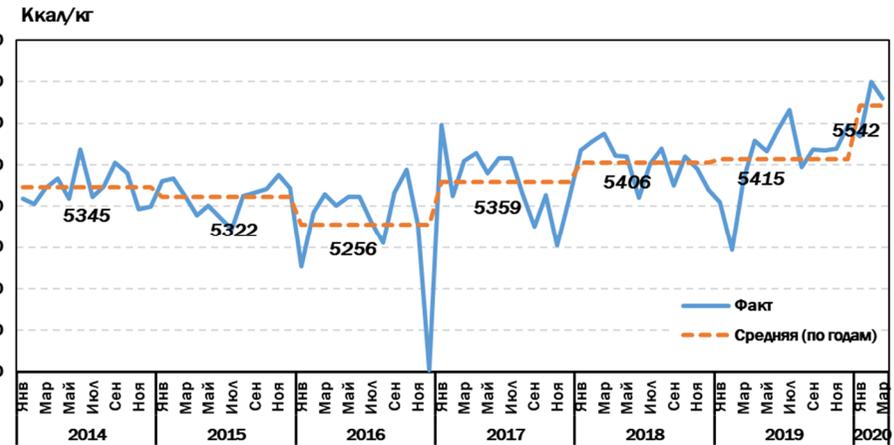


Рисунок 4.5 – Динамика показателей качества продукции ООО «Восточно-Бейский разрез» за период 2014-2019 гг.

Изменения в качестве товарной продукции отразились, главным образом, на увеличении в 2 раза доли продаж особо ценного угля (с низшей теплотой сгорания 5600 ккал/кг), что представлено на рисунке 4.6.

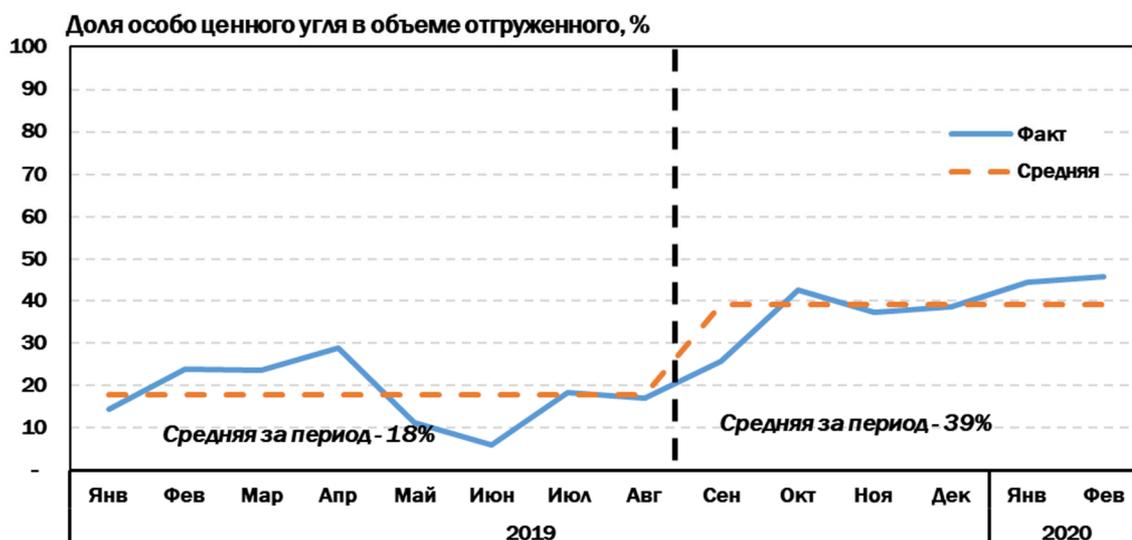


Рисунок 4.6 – Помесячная динамика доли особо ценной продукции в общем объеме отгрузки ООО «Восточно-Бейский разрез» за период январь 2019 г.-февраль 2020 г.

Таким образом, повышение качества технологических процессов на Восточно-Бейском разрезе было достигнуто методами стандартизации, вовлечения и повышения профессионализма персонала, гибкого планирования повышения качества с участием рабочей группы, ставшими основой для дальнейшего обоснования и использования новых технологических параметров. Работа по повышению качества технологических процессов обеспечила прирост низшей теплоты сгорания добываемого угля в среднем на 197 ккал/кг или 3,6% за период с января 2014 по март 2020 гг., что позволило разрезу увеличить долю продаж особо ценного угля в общем объеме с 18% до 39%.

4.3. Расчет экономического эффекта от применения предлагаемых технологических решений

Методика расчета ежемесячного экономического эффекта от применения предлагаемых технологических решений повышения качества товарной

продукции ООО «Восточно-Бейский разрез» (Ξ_3) за текущий период (принят с сентября 2019 г. по февраль 2020 г.) основана на оценке увеличения доли особо ценной продукции в общем объеме отгрузки и представлена формулами:

$$\Xi_3 = \Pi_{\text{баз}} - \Pi_{\text{тек}} \quad (4.1)$$

где $\Pi_{\text{баз}}$, $\Pi_{\text{тек}}$ – среднемесячная прибыль от продажи особо ценной товарной продукции в базовом и текущем периоде, соответственно, тыс. руб.

Поскольку цена на товарную продукцию меняется ежедневно, то среднемесячную прибыль от продажи особо ценной товарной продукции целесообразно рассчитывать в фиксированных ценах базового и текущего периода, по формулам:

$$\Pi_{\text{баз}} = V_{\text{баз}} * (P_{\text{баз}} - C_{\text{баз}}) \text{ или } \Pi_{\text{баз}} = V_{\text{баз}} * (P_{\text{тек}} - C_{\text{тек}}), \quad (4.2)$$

$$\Pi_{\text{тек}} = V_{\text{тек}} * (P_{\text{тек}} - C_{\text{тек}}) \text{ или } \Pi_{\text{тек}} = V_{\text{тек}} * (P_{\text{баз}} - C_{\text{баз}}) \quad (4.3)$$

где $V_{\text{баз}}$, $V_{\text{тек}}$ – среднемесячный объем особо ценной товарной продукции в базовом и текущем периоде, соответственно, тыс. т;

$P_{\text{баз}}$, $P_{\text{тек}}$ – средняя цена продажи 1 т особо ценной товарной продукции в базовом и текущем периоде, соответственно, руб.;

$C_{\text{баз}}$, $C_{\text{тек}}$ – средняя себестоимость добычи 1 т особо ценной товарной продукции в базовом и текущем периоде, соответственно, руб.

Средняя цена продажи 1 т особо ценной товарной продукции рассчитана как среднеарифметическая за рассмотренный период. В условиях существующей системы бухгалтерского и управленческого учета в ООО «Восточно-Бейский разрез» средняя себестоимость добычи 1 т особо ценной товарной продукции в базовом и текущем периоде принята равной 1309 руб./т.

Расчет ежемесячного экономического эффекта от применения предлагаемых технологических решений повышения качества товарной продукции ООО «Восточно-Бейский разрез» представлен в таблице 4.7.

Таким образом, ежемесячный экономический эффект составил 19,8 млн. рублей в ценах текущего периода и 51,6 млн. рублей в ценах базового периода, что подтверждает высокую эффективность применения предлагаемых

технологических решений повышения качества товарной продукции на угольном разрезе Восточно-Бейский.

Таблица 4.7 - Расчет ежемесячного экономического эффекта

Месяц	Объем продаж особо ценного угля, тыс. т	Цена, руб.	Себестоимость, руб.	Прибыль, тыс. руб.		
				в факт ценах	в ценах базового периода	в ценах текущего периода
2019_Янв.	42,0	3257	1309	81 866	40 507	15 547
2019_Фев.	64,4	2845	1309	98 942	62 082	23 828
2019_Мар.	80,2	2778	1309	117 788	77 313	29 674
2019_Апр.	101,3	1638	1309	33 358	97 653	37 481
2019_Май	39,4	1822	1309	20 217	37 982	14 578
2019_Июн.	20,6	2023	1309	14 698	19 858	7 622
2019_Июл.	51,6	1964	1309	33 783	49 742	19 092
2019_Авг.	47,6	1857	1309	26 095	45 886	17 612
Базовый (январь-август 2019 г.)	55,9	2273	1309	53 343	53 878	20 679
2019_Сен.	72,5	1823	1309	37 264	69 890	26 825
2019_Окт.	111,0	1785	1309	52 845	106 965	41 055
2019_Ноя.	108,4	1691	1309	41 413	104 498	40 108
2019_Дек.	101,5	1661	1309	35 748	97 846	37 555
2020_Янв.	130,0	1621	1309	40 566	125 272	48 082
2020_Фев.	133,2	1495	1309	24 767	128 405	49 284
Текущий (сентябрь 2019 г - февраль 2020 г.)	109,4	1679	1309	38 767	105 479	40 485
Экономический эффект ($P_{тек} - P_{баз}$), тыс. руб.					51 601	19 806

Акт внедрения результатов диссертационного исследования представлен в приложении 6.

Выводы

1. Наиболее характерные особенности развития Восточно-Бейского разреза обусловлены геологическими, технологическими и региональными факторами, которые взаимосвязаны и оказывают взаимное влияние.

2. Повышение качества технологических процессов на Восточно-Бейском разрезе было достигнуто методами стандартизации, вовлечения и повышения профессионализма персонала, гибкого планирования повышения качества с участием рабочей группы, ставшими основой для дальнейшего обоснования и использования новых технологических параметров.

3. Расчетами доказано, что применение предлагаемых технологических решений повышения качества товарной продукции на угольном разрезе Восточно-Бейский позволяет повысить получаемую прибыль предприятия в 2 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, являющейся законченной научно-квалификационной работой, содержится решение актуальной научно-практической задачи обоснования технологических параметров разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей для эффективного управления качеством товарной продукции угледобывающих предприятий, что имеет существенное значение для угольной промышленности России.

В ходе исследований получены следующие результаты:

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

2. Для управления качеством товарной продукции угольных разрезов предложено использовать показатель приведенной теплоты сгорания угля, учитывающий изменение таких характеристик, как зольность, влажность и крупность куска. По величине данного показателя следует осуществлять разделение фронта горных работ на отдельные блоки, выбор порядка и параметров их отработки.

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

- при производстве буровзрывных работ – исключением перемешивания различных сортов угля и засорения вскрышными породами; достижением требуемой крупности угля за счет применения рассредоточенной кон-

струкции заряда на добычных уступах и подсыпкой забоя скважины на вскрышных уступах, расположенных над пластами угля;

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

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

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

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

4. Разработана методика оценки качества технологических процессов в условиях отработки месторождения каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей, позволяющая осуществлять количественную оценку принимаемых решений. Отличительной особенностью методики является учет влияния количества процессов, задействованных в повышении качества, и качества каждого технологического процесса на обеспечение требуемой товарной стоимости продукции. Установлено, что для условий Бейского каменноугольного месторождения изменение параметров основных технологических процессов обуславливает увеличение приведённой теплоты сгорания от 5100 ккал/кг до 5800 ккал/кг, затрат на добычу угля в 1,27 раза (с 1100 до 1400 руб./т), что позволяет увеличить товарную стоимость продукции более чем в 2,4 раза.

5. Выявлена зависимость качества продукции, измеряемого приведенной теплотой сгорания, от показателя качества технологических процессов угольного разреза для условий ООО «Восточно-Бейский разрез» за период с 2014 г. по 1 кв. 2020 г. Использование полученной эмпирической зависимости, имеющей вид возрастающей линейной функции, позволяет модели-

ровать рациональные параметры процессов подготовки к выемке, экскавации, транспортирования, складирования угля и переработки продукции. Освоение на разрезе рациональных параметров технологических процессов позволило повысить более чем в 2 раза коэффициент качества технологических процессов, увеличить приведенную теплоту сгорания добываемого угля более чем на 100 ккал/кг и почти в 2 раза увеличить объемы продаж продукции с максимальной товарной стоимостью.

6. Разработана экономико-математическая модель оценки рациональности применения технологических решений, отличающаяся совместной оценкой эффективности процессов добычи и переработки углей различного качества с использованием показателя приведенной теплоты сгорания полезного ископаемого. Использование предложенной модели позволяет выбрать технологические решения, обеспечивающие качество реализуемого угля, соответствующее сложившейся конъюнктуре рынка.

7. Предложен алгоритм управления качеством продукции предприятия в условиях отработки месторождения каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей, включающий: районирование фронта горных работ по показателю приведенной теплоты сгорания угля, оценку качества технологических процессов и экономико-математическое моделирование рациональности применения технологических решений. Алгоритм определяет последовательность осуществления технологических улучшений на разрезе для повышения эффективности его деятельности.

8. Установлено, что практическое применение разработанного методического подхода управления качеством товарной продукции для условий разреза «Восточно-Бейский» позволило ежемесячно получать фактический экономический эффект в течение второго полугодия 2019 г. – первого квартала 2020 г. более 19 млн. рублей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев, В.Б. Глобальный рынок угля: состояние и перспективы / В.Б. Кондратьев, В.В. Попов, Г.В. Кедрова // Горная промышленность. – №2 (144). – 2019 г. – стр. 6-12. DOI: 10.30686/1609-9192-2019-2-144-6-12.
2. Волков, С.А. Повышение инновационной активности и результативности человеческого капитала угольной компании: дис. ... канд. экон. наук : Спец. 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (управление инновациями)» /Сергей Александрович Волков; [Место защиты: «Юго-Западный государственный университет»]. – Курск, 2019. – 130 с.
3. Таразанов, И.Г., Губанов, Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2019 года // Уголь. – 2020. – № 3. – С. 54-69.
4. Проект энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г. [эл. ресурс: <https://minenergo.gov.ru/node/1920>].
5. Артемьев, В.Б. и др. Промышленная безопасность, охрана труда, экология и медицина труда в СУЭК: итоги 2018 года. Задачи 2019 года. Культура, организация, безопасность и эффективность труда — основа развития производства в АО «СУЭК» / В.Б. Артемьев, В.В. Лисовский, С.А. Волков, В.А. Галкин, А.М. Макаров, И.Л. Кравчук //Отдельная статья горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). – М.: Изд-во «Горная книга», 2019. – 54 с. (Сер. «Б-ка горного инженера-руководителя». Вып. 35). ISSN 0236-1493.
6. Щадов В.М. Открытая разработка сложноструктурных угольных месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока. — 2-е изд., стер. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. — 298 с. ISSN 5-7418-009 N2.
7. Гатаулин, Г.Р. Обоснование методики выбора рационального направления углубки и построения предельного контура рудного карьера/ Герман Романович Гатаулин //автореферат дис. ... канд. техн. наук: 25.00.21 /

[Место защиты: «Московский гос. геологоразведоч. акад. им. С. Орджоникидзе (МГГА)»]. - Москва, 2001. - 44 с.

8. Федотов, И.П., Винницкий, В.С. Открытая разработка сложноструктурных угольных пластов.-М., Недра, 1982.-143 с.

9. Щадов, М.И. Системное управление качеством углей при открытой разработке месторождений / М.И. Щадов, Е.В. Фрейдина, А.А. Ботвинник, А.Н. Дворникова // Уголь. - 2003. - № 2. - С. 15-20.

10. Велик, Н. М. Комплексная система управления качеством угля в объединении «Экибастузуголь» / Н.М. Велик, И.Г. Антоненко, А.Н. Цыганков // Уголь. - 1991. - № 10. - С. 57-59.

11. Батугин, С.А. Геотехнологии открытой добычи минерального сырья на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями: монография / С. А. Батугин, В. С. Литвинцев, В. И. Ческидов [и др.] ; отв. ред. С. М. Ткач; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН. - Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. - 308 с.

12. Состояние и перспективы развития проектов государственно-частного партнёрства в контексте комплексного освоения недр ; отв. ред. А.Э. Конторович, С.М. Никитенко, Е. В. Гоосен. - Кемерово : «Сиб. издат. группа», 2015. - 331 с.

13. Щадов, В. М. Методология формирования технологии открытой разработки сложноструктурных угольных месторождений / В. М. Щадов // Горн. информ. -аналит. бюл. - 2000. - № 4. - С. 27-31.

14. Гаврилов, В. Л. Влияние внешней конкурентной среды на работу угольного комплекса Якутии / В. Л. Гаврилов // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития, производительных сил Севера - 2014: материалы 4 Всерос. науч. семинара, г. Сыктывкар, 24-25 сент. 2014 г. В 2 ч. – Сыктывкар, 2014. - Ч. 1. - С. 270-277.

15. Артемьев, В.Б. Технологические и организационные механизмы эффективного функционирования угольной компании при комплексном

освоении месторождений : автореферат дис. ... докт. техн. наук : Спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)», 05.02.22 «Организация производства (горная промышленность)» /Владимир Борисович Артемьев; [Место защиты: Московский государственный горный университет]. – Москва, 2004. – 44 с.

16. Исследование характера распределения, изменчивости и взаимосвязей показателей качества угля пласта «Мощный»: отчёт о НИР / ИГДС СО АН СССР; рук. : С. А. Батугин; исполн. : В. Л. Гаврилов, В. Н. Чин. - Якутск, 1985. - 97 с.

17. Системный анализ развития горнодобывающих предприятий (проблемы теории и методологии); под ред. Н. Н. Мельникова. - Л. : Недра, 1991. - 183 с.

18. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли ; под ред. К. Н. Трубецкого. - М. : Изд-во АГН, 1997. - 478 с.

19. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Учебник для Вузов. В двух частях. Часть 2. Технология и комплексная механизация. 4-е изд. Перераб. и доп. – М.: Недра. – 1985. – 549 с.

20. Трубецкой, К. Н. О новых подходах к обеспечению устойчивого развития горного производства / К. Н. Трубецкой, С. В. Корнилков, В. Л. Яковлев // Горн. журн. - 2012. - № 1. - С.15-19.

21. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. – М.: «Недра», – 1970. – 320 с.

22. Гавришев С.Е. Обоснование организационно-технологических методов повышения надежности и эффективности работы карьеров: Дис. ...д-ра. тех. наук. – Магнитогорск, 2002. – 305с.

23. Галкин, В.А. Технологические основы проектирования и планирования грузопотоков на рудных карьерах с автомобильным транспортом / дисс. ... на соискание ученой степени докт. техн. наук. – Магнитогорск – 1987. – с. 290.

24. Галкин В.А. и др. Проектирование горных работ при формировании карьерного пространства зонами концентрации. - Магнитогорск: МГМИ, 1991. – 57 с.
25. Истомин В.В. Об изучении грузопотоков. – М.: МГГУ, 1994.
26. Пикалов, В.А. Методологические принципы формирования эффективных организационных систем высокопроизводительных угледобывающих предприятий: Дис. ... д-ра техн. наук. Спец. 05.02.22 «Организация производства» (горная промышленность) / Вячеслав Анатольевич Пикалов. – Москва, 2003. – 265 с.
27. Комбинированная Геотехнология / Д.Р. Каплунов, В.Н. Калмыков, М.В. Рыльникова. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 560с.
28. Саканцев, М.Г. Обоснование границ карьеров при проектировании разработки сложноструктурных рудных месторождений: дис. ... д-ра техн. наук / Саканцев М.Г. – Екатеринбург, 2006.
29. Саканцев М.Г., Тарабанов В.Г., Брылин В.Д. Определение минимальной ширины рабочих площадок при работе экскаваторов в тупиковых забоях// Совершенствование технологии добычи руд цветных металлов открытым способом и методов их обогащения. – Свердловск, 1981. – С21-27.
30. Соколовский, А.В. Методология проектирования технологического развития действующих карьеров: Дис. ... д-ра техн. наук. Спец. 25.00.21 «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»; 05.02.22 «Организация производства (горная промышленность)» / Александр Валентинович Соколовский. – Челябинск, 2009. – 275 с.
31. Холодняков Г.А Проектирование карьеров, разрабатывающих комплексные месторождения. – Л.: ЛГИ, 1987. – 84с.
32. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений. – М.: «Недра», 1991. – 336 с.
33. Хохряков В.С. Проектирование карьеров. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Недра», 1980. 336 с.

34. Артемьев, В.Б. Стратегия организационно-технологического развития угледобычи в ОАО «СУЭК» /В.Б. Артемьев //Уголь. – 2008. – Спецвыпуск. – С. 11.
35. Артемьев, В.Б. и др. Взаимосвязь организации и технологии горного производства /В.Б. Артемьев, А.Б. Килин, В.А. Галкин, А.М. Макаров // Открытые горные работы в XXI веке: результаты, проблемы и перспективы развития-1. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining Informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2017. – № 12 (специальный выпуск 37). – С. 68-76.
36. Гончарова, Н. В. Разработка технологии структурирования запасов угольного месторождения сложного строения: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / Гончарова Н. В.; [Место защиты: Ин-т горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН]. - Новосибирск, 2016. - 25 с.
37. Ермолаев, В.А. Развитие технологии открытой угледобычи при разработке сложноструктурных месторождений: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.15.03 / В.А. Ермолаев; Кузбасский государственный технический университет. – Кемерово, 1996. – 40 с.
38. Ненашев, А.С. Технология ведения горных работ на разрезах при разработке сложноструктурных месторождений: учеб. пособие / А.С. Ненашев, В.Г. Проноза, В.С.Федотенко. – Кемерово : Кузбассвуиздат, 2010. –248 с.
39. Колесников, В. Ф. Технология ведения выемочных работ с применением гидравлических экскаваторов / В. Ф. Колесников, А. И. Корякин, А. В. Стрельников. - Кемерово : Кузбассвуиздат, 2009. - 143 с.
40. Колесников, В. Ф. Разработка угленасыщенных зон карьерных полей выемочно-транспортным комплексом / В. Ф. Колесников, А. И. Корякин, А. В. Селюков. - Кемерово : Кузбассвуиздат, 2010. - 247 с.
41. Мельник В.В. и др. Организационно-технологическое и научно-методическое обеспечение проектирования угледобывающих предприятий /

В.В. Мельник, В.В. Агафонов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № S1. – С. 286-299.

42. Порцевский, А.К. Систематизация признаков сложноструктурных месторождений // Горный журнал, 2006, № 1, С. 30-33.

43. Смирнов, В.П., Лель, Ю.И. Теория карьерного большегрузного автотранспорта. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 355 с.

44. Ермаков, С. А. Улучшение качества угля за счёт селективной разработки сложноструктурного Эльгинского каменноугольного месторождения / С. А. Ермаков, В. Л. Гаврилов, Д. В. Хосоев, Е. А. Хоютанов // Наука и образование. - 2012. - № 1. - С. 24-29.

45. Чебан, А.Ю. Технология разработки сложноструктурного месторождения апатитов и выемочно-сортировочный комплекс для ее осуществления // Записки Горного института. 2019. Т. 238. С. 399-404.

46. Гаврилов, В. Л. Обоснование использования конечных звеньев цепей разрез- потребитель для управления качеством угля при разработке сложноструктурных месторождений : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.15.03 / Гаврилов Владимир Леонидович. - Якутск, 1989. - 20 с.

47. Паначев, И. А. Особенности открытой добычи и переработки углей сложноструктурных месторождений Кузбасса / И. А. Паначев, А. Г. Нецветаев, И. И. Цепилов, В. И. Удовицкий. - Кемерово : Кузбассвузиздат, 1997. - 220 с.

48. Васильев, П. Н. Технология усреднения качественных показателей углей при разработке сложноструктурных угольных месторождений / П. Н. Васильев, В. Л. Гаврилов, В. П. Зубков // Горн. информ.-аналит. бюл. - 2012. - № 7. - С. 17-21.

49. Смагин, В. П. Анализ использования комбайна Wirtgen 2200SM при разработке сложноструктурных угольных пластов на разрезе «Черемховский» / В. П. Смагин, П. В. Федорко, Н. А. Федорко // Горн. промышленность. - 2015. - № 2. - С.74- 75.

50. Юматов, Б.П., Байков, Б.Н., Смирнов, В.П. Открытая разработка сложно-структурных месторождений цветных металлов. – М.: Недра, 1973, 192 с.
51. Яковлев, В.Л. и др. Исследование переходных процессов при комбинированной разработке рудных месторождений /В.Л. Яковлев, И.В. Соколов, Г.Г. Саканцев, И.Л. Кравчук //Горный журнал. – 2017. – № 7. – С. 46-50.
52. Яковлев, В.Л. Переходные процессы в технологии разработки сложноструктурных месторождений полезных ископаемых /В.Л. Яковлев // Открытые горные работы в XXI веке – 1. Матер. II Междунар. науч.-практ. конф. Т.1: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 10 (специальный выпуск №45-1). – С. 65-76.
53. Бастан, П. П. Усреднение руд на горнообогатительных предприятиях / П.П. Бастан, Н.Н. Болошин — М., 1981. — 280 с.
54. Бастан, П. П. О влиянии дисперсии качества руды на извлечение металла в концентрат Текст. / П. П. Бастан, Е. Н. Ключкин // Обогащение руд.- 1976.-№ 1.- С. 24-25.
55. Винницкий, К.Е. Оптимизация технологических процессов на открытых разработках. – М.: Недра, 1976. – 183 с.
56. Ломоносов, Г. Г. Горная квалиметрия: учебное пособие для вузов / Г. Г. Ломоносов. - М.: Горн. книга, 2007. - 201 с.
57. Aykul, H. Equipment selection for high selective excavation surface coal mining / H. Aykul, E. Yalcin, I.G. Ediz, D.W. Dixon-Hardy, H. Akcakoca // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. - 2007. - V.107. - pp. 195-210.
58. Beretta, F. S. Reducing coal quality attributes variability using properly designed blending piles helped by geostatistical simulation / F. S. Beretta, J. F. Costa, J. C. Koppe // International journal of coal geology. - 2010. - № 84. - pp. 83-93.

59. Экономика качества. Основные принципы и их применение ; под ред. Д. Кампанеллы ; пер. с англ. А. Раскина ; науч. ред. Ю. П. Адлер и С. Е. Щепетова. - М. : РИА «Стандарты и качество», 2005. - 232 с.
60. Эванс Джеймс, Р. Управление качеством: учеб. пособие для студентов вузов ; пер. с англ. под ред. Э. М. Короткова / Эванс Р. Джеймс. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2007. - 671 с.
61. Гаврилов, В. Л. Подходы к управлению качеством в инновационном развитии предприятия / В. Л. Гаврилов // Инновационная политика хозяйствующего субъекта: цели, проблемы, пути совершенствования: материалы 1 Международной научно- практической конференции в рамках Международной специализированной выставки «Станкостроение - 2011». - М., 2011. - С. 100-108.
62. Гальянов А. В. Технология формирования качества руды при открытой разработке месторождений: диссертация ... доктора технических наук : 05.15.03. – Екатеринбург, 1996. – 368 с.
63. Лаптев, Ю.В., Гордеев, В.А Управление качеством минерального сырья на основе комплексной оценки контрастности руд и результатов геометризации месторождения (на примере ОАО "ЕВРАЗ КГОК") / Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2019. – №1. – С. 67-78.
64. Курленя, М. В. Стратегия повышения качества и конкурентоспособности углей при открытой разработке месторождений Кузнецкого бассейна / М. В. Курленя, А. Н. Соболев, Е. В. Фрейдина // Физ.-техн. пробл. разраб. полезн. ископаемых. - 1996. - №- С. 50-62.
65. Толкацер, Д. Я. Цена и качество угольной продукции / Д. Я. Толкацер. - М. : Недра, 1982. - 200 с.
66. Велик, Н. М. Комплексная система управления качеством угля в объединении «Экибастузуголь» / Н. М. Велик, И. Г. Антоненко, А. Н. Цыганков // Уголь. - 1991. - № 10. - С. 57-59.

67. Голина, М. И. Проблемы и пути повышения качества угля на разрезах концерна «Кузбассразрезуголь» / М. И. Голина, С. И. Протасов, К. С. Дьяченко // Уголь. - 1992. - № 1. - С. 50-52.
68. Фрейдина, Е. В. Основы управления качеством добываемых углей в контексте международных стандартов ISO 9000-2000 / Е. В. Фрейдина, А. А. Ботвинник, А. Н. Дворникова // Физ.-техн. пробл. разраб. полезн. ископаемых. - 2008. - № 6. - С. 67-85.
69. Угольная база России. Том V. Кн. 2: Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока России (Республика Саха, Северо-Восток, о. Сахалин, п-ов Камчатка). - М. : ЗАО «Геоинформмарк», 1999. - 638 с.
70. Гресов, А. И. Метаноресурсная база угольных бассейнов Дальнего Востока России и перспективы её промышленного освоения. Т. 2: Углетановые бассейны Республики Саха (Якутия) и Северо-Востока / А. И. Гресов. - Владивосток : Дальнаука, 2012. - 468 с.
71. Фаткулин, И. Я. Угли Алдано-Чульманского района и основные закономерности формирования их свойств : автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. / Фаткулин Ильгис Ярулович - М., 1975. - 18 с.
72. Фролов, В. И. Метаморфизм Углей Алдано-Чульманского района / В. И. Фролов. - Новосибирск : Наука, 1975. - 76 с.
73. Церищенко, А. П. Автоматизированная система исследования комплекса полей пространственных переменных / А. П. Церищенко // Математика и ЭВМ в геологии : сб. науч. тр. - Якутск : ЯФСО АН СССР, 1985. - С. 19-25.
74. Чин, В. Н. Применение ЭВМ в управлении качеством угля при добыче на Нерюнгринском угольном разрезе / В. Н. Чин, В. Л. Гаврилов, В. Н. Машир, С. М. Ткач [и др.] // Тезисы докл. респ. конф. - Якутск: ЯФСО АН СССР, 1986. - Ч. 2.- С. 51-52.
75. Саратикянц, С. А. Формирование качества угля в процессе добычи / С. А. Саратикянц, Г. Л. Майдуков, В. М. Лобкин. - М. : Недра, 1983. - 184 с.

76. Ридель, Р. И. Прогнозирование и оптимизация качества угля на разрезах / Р. И. Ридель. - М. : Недра, 1980. - 135 с.
77. Vallee, M. Sampling quality control. in: quality assurance, continuous quality improvement and standards in mineral resource estimation // Exploration and Mining Geology. 1998. - Vol. 7. - Nos. 1 and 2. - pp. 107-116.
78. Vallee, M. Resource/reserve inventories: performance without liabilities / The Gangue. G.A.C. - Mineral Deposits Division. - 1999. - № 61. - pp. 1-10.
79. Mendez, A. S. A Discussion on Current Quality-Control Practices in Mineral Exploration. Applications and Experiences of Quality Control / Prof. Ognyan Ivanov (Ed.), ISBN: 978-953-307-236-4, InTech, DOI: 10.5772/14492. (2011). pp. 595-610. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.intechopen.com/books/applications-and-experiences-of-quality-control/a-discussion-on-current-quality-control-practices-in-mineral-exploration>.
80. Li Yingde Study on whole process quality control in coal production based on industry engineering / Li Yingde, Wu Yanzhong // Proceedings of 2008 International conference of logistics engineering and supply chain. - 2008. - pp. 886-890.
81. Srivastava, R. R. Quality management of Iron ore and coal by raw material division of Tata Steel / R. R. Srivastava, S. Mohan R., S. Verma // [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.eoq.org/fileadmin/user_upload/Documents/Congress_proceedings/Budapest_June_2011/Proceedings/3_7_srivastava_s.pdf.
82. Акимов, Л.М. Обоснование эффективности технологических схем, обеспечивающих повышение качества добываемого угля: автореферат дис. ... канд. техн. наук : Спец. 25.00.21 «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем» / Леонид Михайлович Акимов. – Новочеркасск, 2002. – 19 с.
83. Снетков, Д.С. Обосновании технологии и направления развития горных работ для управления качеством угля на разрезах : автореферат дис. ... канд. техн. наук : Спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и

строительная)» /Дмитрий Сергеевич Снетков; [Место защиты: Институт горного дела, геологии и геотехнологии ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»]. – Красноярск, 2010. – 19 с.

84. Косолапов, А.И. К вопросу управления качеством угля при разработке бурого угольных месторождений Красноярского края / А. И. Косолапов, Д. С. Снетков // Горн. информ.-аналит. бюл. - 2009. - № 8. - С. 110-116.

85. Хоютанов, Е.А. Обоснование резервов совершенствования процессов управления зольностью угля при разработке сложноструктурных месторождений (на примере Эльгинского месторождения) : дис. канд. техн. наук : Спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» /Евгений Александрович Хоютанов. – Якутск, 2016. – 155 с.

86. Москаленко, Т.В. Разработка технологических способов и технических решений для повышения качества добываемого угля : автореферат дис. ... канд. техн. наук : Спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)», 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэродинамика и горная теплофизика» / Татьяна Владимировна Москаленко; [Место защиты: Институт горного дела ДВО РАН]. – Хабаровск, 2003. – 18 с.

87. Самойленко, А.Г. Совершенствование методов управления качеством энергетических углей Харанорского разреза : автореферат дис. ... канд. техн. наук : Спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» / Алексей Геннадьевич Самойленко; [Место защиты: Забайкальский государственный университет]. – Чита, 2014. – 23 с.

88. Васильев, С.Б. Исследование способов усреднения качества угля на добывающем предприятии : автореферат дис. ... канд. техн. наук : Спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» / Сергей Борисович Васильев; [Место защиты: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет»]. – Иркутск, 2009. – 23 с.

89. Benndorf, J. Application of efficient methods of conditional simulation for optimizing coal blending strategies in large continuous open pit mining operations // International journal of coal geology. - 2013. - № 112. - pp. 141-153.
90. Hindistan, M. A. Geostatistical coal quality control in longwall mining / M. A. Hindistan, A. E. Tercan, B. Unver // International journal of coal geology. - 2010. - № 81. - pp. 139-150.
91. Budge, G. Process Review of the worldwide status of coal preparation technology / G. Budge, J. Brough, J. Knight, Baker // Report No. Coal R199 DTI/Pub URN00/1205. RJB Mining consultancy Ltd, 2000. - 88 p.
92. А.А. Арынов Повышение роли низшей теплоты сгорания как интегрированного показателя качества энергетических углей. Горная промышленность. Энергетика. Вестник КарГУ. 2007.
93. Валуев, А. М. Об одном подходе к интеграции информации из независимых баз данных в системах автоматизированного управления / А. М. Валуев, А. С. Панкратов // Горн.информ.-аналит. бюл. - 2010. - № 12. - Т. 5. - С. 52-62.
94. Шкурат, Н. П. Применение геоинформационных систем для геологического моделирования / Н. П. Шкурат, Е. В. Мельникова // Геология, география и глобальная энергия. - 2010. - № 4 (39). - С. 40-44.
95. Басаргин, А. А. Создание цифровых моделей месторождений полезных ископаемых с применением современных технологий / А. А. Басаргин // Вестник СГГА. - 2014. - № 1 (25). - С. 34-39.
96. Потапов, В. П. Геоинформационная база данных по угольной промышленности Кузбасса / В. П. Потапов, С. Е. Попов // Горн.информ.-аналит. бюл. - 2009. - Отд. вып. № 7. - С. 29-43.
97. Уймин, А. Г. Облачные технологии в организации базы данных горногеологической информационной системы / А. Г. Уймин, В. И. Суханов // Научно-технический вестник Поволжья. - 2012. - № 5. - С. 340-343.

98. Наговицын, О. В. Автоматизированные инструменты инженерного обеспечения горных работ в системе MINEFRAME / О. В. Наговицын, С. В. Лукичев // Горн.информ.-аналит. бюл. - 2013. - № 7. - С. 184-192.
99. Просекин, Б. А. Цифровые технологии трехмерного моделирования горных работ на Приаргунском горно-химическом объединении / Б. А. Просекин // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. - 2009. - № 3 (34). [Электронный ресурс]-Режим доступа: [www.credo-dialogue.com/journal/all_numbers/%E2%84%96-3\(34\).aspx](http://www.credo-dialogue.com/journal/all_numbers/%E2%84%96-3(34).aspx).
100. Хоютанов, Е. А. Цифровое моделирование сложноструктурного месторождения / Е. А. Хоютанов // Проблемы горной науки: взгляд молодых ученых: материалы научной конференции молодых ученых и специалистов ИГДС СО РАН, посвящ. памяти академика РАН Н. В. Черского, г. Якутск, 7 февр. 2012 г. - Якутск : Изд-во ФГБУН Ин-т мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2013. - С. 118-123.
101. Vann, J. Turning geological data into reliable mineral resource estimates. In: Davies, T., and Vann J., The Estimation and Reporting of Resources and JORC: The Role of Structural Geology // AIG Bulletin 42m The Australian Institute of Geoscientists (Perth). - 2005. - pp. 9-16.
102. Webber, T. Using borehole geophysical data as soft information in indicator kriging for coal quality estimation / T. Webber, J.F. Leite Costa, P. Salvatoretti // International journal of coal geology. - 2013. - № 112. - pp. 67-75.
103. Oliver, M. A. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modeling variograms and kriging / M. A. Oliver, R. Webster // Catena. - 2014. - № 113. - pp. 56-69.
104. Hindistan, M. A. Geostatistical coal quality control in longwall mining / M. A. Hindistan, A. E. Tercan, B. Unver // International journal of coal geology. - 2010. - № 81. - pp. 139-150.
105. Попов, Д.В. Методика управления качеством товарной продукции угольных разрезов с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля (на примере Бейского месторождения каменного угля) // Горный

информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 9 (специальный выпуск 28). — С. 3–21. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-9-28-3-21.

106. Азев, В.А., Попов, Д.В. Управление качеством товарной продукции в условиях отработки сложноструктурного угольного месторождения. Горные науки и технологии. 2020;5(2):119-130. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-2-119-130.

107. Кириченко А.В., Барложецкая Н.Ф. Акмеологический анализ причин ошибок экспертной оценки профессиональной деятельности // Акмеология. 2013 №1 (45) с. 65-72.

108. Ашманов, С.А. Введение в математическую экономику. М.: Наука, 2006. 296 с.

109. Maptek Pty Ltd. (2016). ISM Stratified Geologic Modelling, Maptek Vulcan Training Manual.

110. Бейский угольный кластер выведет Хакасию в лидеры России [эл. источник]: <http://vg-news.ru/n/116051>

111. Кавышкин, В.П. Система операционных улучшений в ООО «Восточно-Бейский разрез» / В.П. Кавышкин, Д.В. Попов, С.И. Захаров / Управление развитием угледобывающего производственного объединения: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Специальный выпуск 62. – М.: Издательство «Горная книга». – 2015. – С. 53-57.

112. Технический проект отработки участков «Чалпан-2» и «Чалпан-3» Бейского каменно-угольного месторождения. Дополнение № 1» разработанного ООО «Сибниинуглеобогащение», г. Красноярск 2017 г.

113. Попов, Д.В. Организационное обеспечение технологического развития угольного разреза «Восточно-Бейский» // Открытые горные работы в XXI веке: результаты, проблемы и перспективы развития (Материалы III международной научно-практической конференции): Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining

Informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2017. – № 12 (специальный выпуск 37). – С.327-334.

114. Попов, Д.В. ООО «Восточно-Бейский разрез»: работа предприятия и перспективы развития // Уголь. – 2018. – №8. – С. 18-20.

115. Кулецкий, В.Н. Создание организационно-технологических условий для высокопроизводительной работы экскаваторов Bucyrus 495 HD / В.Н. Кулецкий, Д.В. Попов // Уголь. – 2012. – №12. – С. 4-9.

116. Ясюченя, С.В. Рекорды как способ выявления и освоения потенциальных возможностей экскаваторно-автомобильного комплекса / С.В. Ясюченя, П.И. Опанасенко, В.Н. Кулецкий, А.И. Каинов, Д.В. Попов // Уголь. – 2013. – №8. – С. 19-21.

117. Ясюченя, С.В. Опыт проведения приемочных испытаний опытно-промышленного образца смесительно-зарядной машины с универсальным бункером эмульсионной матрицы в условиях ОАО «Разрез Тугнуйский»(СУЭК) / С.В. Ясюченя, П.И. Опанасенко, В.Н. Кулецкий, А.И. Каинов, Д.В. Попов // Уголь. – 2013. – №9. – С. 10-12.

118. Каинов, А.И., Попов, Д.В. Мероприятия по увеличению эффективности производства ОАО «Разрез Тугнуйский» за 2012 год / А.И. Каинов, Д.В. Попов // Уголь. – 2013. – №9. – С. 10-12.

119. Попов, Д.В., Захаров, С.И. Организация технологического развития угольного разреза «Восточно-Бейский» в 2014-2017 гг. // Стратегия, тактика и практика инновационного развития угледобывающего производственного объединения: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 12 (специальный выпуск 39). – С.95-101.

120. Попов, Д.В. ООО «Восточно-Бейский разрез»: работа предприятия и перспективы развития // Уголь. – 2020. – №8. – С. 32-34. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-8-32-35.

121. Попов, Д.В. Организационные способы повышения производительности труда водителей автосамосвалов / Д.В. Попов, Ф.К. Мухин, С.Ф.

Стребкова, Г.Г. Блинов, Т.В. Немцова // Организация и управление горным предприятием: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельный выпуск.– М.: Издательство «Горная книга». – 2015. – №ОБ5. – С. 169-178.

122. Попов, Д.В. Система оплаты труда водителей карьерных автосамосвалов за производительное время работы / Д.В. Попов, Ф.К. Мухин, С.И. Захаров // Проблемы недропользования: Сетевое периодическое научное издание. Рецензируемый сборник научных статей / ФГБУН ИГД УрО РАН. - 2016. - Вып. 1. - С. 105-112. - Доступ: <https://trud.igduran.ru/edition/8>

123. Попов, Д.В. Опыт формирования системы учета результатов труда руководителей производственных участков (на примере автоколонны угледобывающего предприятия) /Д.В. Попов, Т.В. Немцова, С.И. Захаров // Нормирование и оплата труда на автомобильном транспорте.– 2017. – №3. – С. 21-26.

124. Буйницкий, А.И. Инструментарий для оценки классности и рейтинга персонала / А.И. Буйницкий, Д.В. Попов, И.Н. Сухарьков, С.И. Захаров // Уголь. – 2015. – №2. – С. 42-44.

125. Мухин, Ф.К. и др. Освоение стандарта высокопроизводительной работы экскаваторно-автомобильного комплекса/ Ф.К. Мухин, Ю.Г. Андреев, Д.А. Пыхалов // Организация и управление горным предприятием: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельный выпуск.– М.: Издательство «Горная книга». – 2015. – №ОБ5. – С. 179-184.

126. Попов, Д.В. Развитие системы учета результатов экономической деятельности производственных подразделений на угольном разрезе / Д.В. Попов, Е.В. Тихонова, В.С. Алексенко, С.И. Захаров / Организация и управление горным предприятием: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельный выпуск.– М.: Издательство «Горная книга». – 2015. – №ОБ5. – С. 239-243.

127. Гартман, А.А., Андреев, Ю.Г. Определение параметров разреза нового технико-технологического уровня в условиях Бейского месторождения //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал).) Mining Informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2017. – № 12 (специальный выпуск 39). – с. 108-116.
128. Сазерленд, Д. SCRUM. Революционный метод управления проектами = SCRUM. The art of doing twice the work in half the time.- Изд. «Манн, Иванов и Фербер».- 2016.- 288 с.- ISBN 978-5-00057-722-6.
129. Яковлев, В.Л. Внутрипроизводственное планирование в условиях инновационного развития угледобывающего предприятия /В.Л. Яковлев, В.А. Азев, А.М. Макаров. – Челябинск: АБРИС, 2019. – 164 с. ISBN 978-5-91744-123-8.
130. Азев, В.А. Методология комплексного планирования горного производства в условиях инновационного развития угледобывающего предприятия: дис. ... докт. техн. наук: 05.02.22 / Азев Владимир Александрович; [Место защиты: ИГД УрО РАН],– Екатеринбург, 2018. – 258 с.
131. Буйницкий, А.И. О функционале исполнительного директора / А.И. Буйницкий, Ю.А. Килин, Д.В. Попов, А.М. Макаров // Уголь. – 2014. – №4. – С. 24-27.
132. Попов, Д.В. Совершенствование системы организационно-экономических отношений в ООО «Восточно-Бейский разрез» / Д.В. Попов, Е.В. Тихонова, В.С. Алексенко, А.В. Морозов, С.И. Захаров // Уголь. – 2014. – №4. – С. 28-30.
133. Ошаров, А.В. Оценка деятельности руководителя: методический подход / А.В. Ошаров, Д.В. Попов, А.М. Макаров //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №11. – Спецвыпуск №62. – С. 65-69.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 Определения термина «Качество»

Термин	Определение	Источник
Качество	Степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям	Национальный стандарт РФ. ГОСТ Р ИСО 9000-2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. ISO 9000:2005, 2009
Качество	Совокупность свойств, признаков продукции, товаров, услуг, работ, труда, обуславливающих их способность удовлетворять потребности и запросы людей, соответствовать своему назначению и предъявляемым требованиям	Райзберг Б.А. и др. Современный экономический словарь, 2004
Качество	То, что делает предмет таким, каков, какой он есть; отражает внутренние признаки, присущие предмету(филос.)	Толковый словарь Ушакова. Д.Н. Ушаков. 1935-1940
Качество	Степень, определяющая совокупность возможностей удовлетворять свои потребности	Круглова Н.Ю. «Хозяйственное право», 2001
Качество	Совокупность характеристик объекта, относящиеся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности	Энциклопедия терминов, определений и пояснений строительных материалов, 2010
Качество труда работника	Совокупность свойств процесса трудовой деятельности, обусловленных способностью и стремлением работника выполнить определенное задание в соответствии с требованиями	Справочник технического переводчика, 2009-2013
Качество	Критическая оценка потребителем степени соответствия ее свойств, показателей качества, индивидуальным и общественным ожиданиям, обязательным нормам в соответствии с ее назначением	Оценка качества. Структура квалитологии. http://www.klubok.net/article244.html , 2007?
Качество трудового процесса	Степень соответствия состояния его элементов и параметров безопасности целевому уровню.	Жунда С.В., 2018
Качество производственного процесса	Совокупность свойств и характеристик взаимосвязанных компонентов производственного процесса, обуславливающих его способность выпускать продукцию в соответствии с установленными требованиями государства, производителя и конечного потребителя	[Титова Л.А. теоретические основы обеспечения качества производственных процессов. ЭКОНОМИНФО. 2007. № 7]

Приложение 2 Качественные характеристики угля

Таблица 1 - Качественные характеристики угля при валовой добыче до 2019 года.

Показатели качества планируемого к добыче угля в марте 2020 года предприятия ООО "Восточно-Бейский разрез".																						
наименование пласта	добыча		Мощность, м				Удельный вес, т/м3				Зольность, %				Показатели качества							
			эксплуатационная	общая	угольных пачек	породных прослоев	эксплуатационный	общий	угольных пачек	породных прослоев	эксплуатационный	общий	угольных пачек	породных прослоев	Влага, %	Выход летучих веществ, %	Сера, %	Теплота сгорания, ккал/кг				
	тыс. тонн	%																высшая	низшая	низшая с учетом в пересчете на эксплуатационную зольность		
19 35-41	101,0	34,8			5,99	5,99	5,40	0,60	1,48	1,46	1,39	2,01	17,8	16,5	10,3	51,1	12,0	40,6	0,5	7516	5346	5162
16а 9-11	3,0	1,0			4,57	4,57	4,36	0,21	1,39	1,38	1,38	2,37	12,5	12,4	10,5	55,0	12,0	43,0	0,5	7432	5622	5434

Таблица 2 - Качественные характеристики угля при применении новой технологии начиная с 2019 года.

Показатели качества планируемого к добыче угля в марте 2020 года предприятия ООО "Восточно-Бейский разрез".																						
наименование пласта	добыча		Мощность, м				Удельный вес, т/м3				Зольность, %				Показатели качества							
			эксплуатационная	общая	угольных пачек	породных прослоев	эксплуатационный	общий	угольных пачек	породных прослоев	эксплуатационный	общий	угольных пачек	породных прослоев	Влага, %	Выход летучих веществ, %	Сера, %	Теплота сгорания, ккал/кг				
	тыс. тонн	%																высшая	низшая	низшая с учетом в пересчете на эксплуатационную зольность		
19 35-41	101,0	34,8			5,37	5,47	5,33	0,14	1,48	1,46	1,39	2,01	12,2	10,9	9,9	51,1	13,1	40,6	0,5	7516	5346	5440
в том числе по слоям при селективной отработке																						
1 слой	21,0	20,8			1,00	1,10	1,10	0,00			1,39		9,5	8,5	8,1		13,0					5619
2 слой	35,0	34,7			1,87	1,87	1,75	0,12					14,0	12,3	9,5		12,4					5376
3 слой	45,0	44,6			2,50	2,50	2,48	0,02					12,0	11,0	11,0		13,8					5406
16а 9-11	3,0	1,0			3,70	3,70	3,70	0,00	1,39	1,38	1,38	2,37	10,4	9,5	9,5	55,0	12,0	43,0	0,5	7432	5622	5565
в том числе по слоям при селективной отработке																						
1 слой	1,5	50,0			2,20	2,20	2,20						11,0	10,0	10,0		12,0					5528
2 слой	1,0	33,3			0,90	0,90	0,90						10,0	9,1	9,1		12,0					5592
3 слой	0,5	16,7			0,60	0,60	0,60						9,5	8,6	8,6		12,0					5623

Приложение 3 Таблица показателей качества товарной продукции

Таблица 1 - Сводная таблица показателей качества товарной продукции по 19 угольному пласту.

Угольный пласт	Слой пласта	Дата ведения добычи	Профильные линии	№ штабеля	Объем угля на штабеле, т.т.	Объем добытого угля, т.т.	Зольность, %			Влажность, %			Низшая теплота сгорания, ккал/кг			Зольность, % ЧУП
							План	Факт (забой)	Факт (склад)	План	Факт (забой)	Факт (склад)	План	Факт (забой)	Факт (склад)	
19	Середина + низ	1	42-47			250,00	11,5	11,7		14,0	14,2		5491	5465,8		5,8
		2	42-47			66,00	11,5	11,9		14,0	14,5		5491	5434,4		5,8
		12	42-47			3183,2	12,2	12,8		14,0	12,6		5491	5542,2		5,8
	Верх	14	42-47			11287,2	11,0	11,6		13,0	13,4		5540	5477,3		5,8
		15	42-47			14742,4	11,0	13,7		13,0	13,8		5540	5322,5		5,8
			42-47	шт 1	9744,7					13,9		12,8		0,0	5478	5,8
			42-47	шт 3	724					30,8		8,6		0,0	4073	5,8
		16	42-47	шт 1	3948,3					14,0		12,6		0,0	5478	5,8
			42-47	шт 3	2964,2					22,4		10,7		0,0	4662	5,8
	42-47				11772,1	11,0	17,4		13,0	12,1		5540	5195		5,8	
	Середина	14	42-47			289,2	15,8	14,7		13,3	12,5		5278	5396		5,8
		17	42-48			4372,3	15,8	12,2		13,3	12,6		5278	5548		5,8
		18	42-48			11816,2	15,8	12,9		13,3	12,3		5278	5523		5,8
			42-47	шт 1	4319,4					14,2		12,5		0	5630	5,8
		19	42-47			8607,9	15,8	12,1		13,3	12,4		5278	5567		5,8
			42-47	шт 1	3765,8					10,1		12,8		0	5864	5,8
			42-47	шт 3	3084,1					13,6		12,1		0	5524	5,8
		20	42-47			12586,2	15,8	16,5		13,3	12,4		5278	5288		5,8
	42-47		шт 1	5116					10,1		12,8		0	5854	5,8	
	42-47		шт 3	2962,4					13,6		12,1		0	5524	5,8	
	Низ	21	42-47			5582,7	11,5	8,2		15,0	14,1		5431	5693		5,8
			42-47	шт 1	6082,1					11,9		13,6		0	5558	5,8
			42-47	шт 3	684					22,3		10,7		0	4861	5,8
		24	42-47			2305,6	11,5	10,6		15,0	13,4		5431	5590		5,8
			42-47			2356,9	11,5	9,0		15,0	14,0		5431	5650		5,8
		25	42-47	шт 1	2225,9					11,9		13,6		0	5554	5,8
			42-47			12601,45	11	10,0		15,0	14,1		5431	5550		5,8
		26	42-47	шт 1	11085,0					12,1		13,9		0	5604	5,8
			42-47			13267,1	11	14,2		15,0	13,6		5431	5322		5,8
		27	42-47	шт 1	11162,2					16,9		12,8		0	5255	5,8
42-47					8480,8	11	10,3		15,0	14,2		5431	5525		5,8	
28		42-47	шт 1	7653,7					11,6		14,7		0	5515	5,8	
Среднее по пласту					75521,8	123567,3	12,5	12,9	13,7	13,8	13,2	13,0	5419	5436	5482	5,8
Низшая теплота сгорания, ккал/кг									<5250	5250-5350	5351-5450	5451-5550	5551-5650	5651-5750	>5750	
Объем по пласту (план), т.т.									0,0	37671,8	44594,6	41300,9	0,0	0,0	0,0	
Объем по пласту (забой), т.т.									11772,1	40595,7	355,2	51991,2	13270,4	5582,7	0,0	
Объем по пласту (склад), т.т.									4372,2	11162,2	0,0	27393,2	23712,4	0,0	8881,8	

Таблица 2 - Сводная таблица показателей качества товарной продукции за месяц

Сводная таблица показателей качества ТП по пластам за февраль 2020																	
Угольной пласт	Слой пласта	Дата ведения добычи	Профильные линии	№ штабеля	Объем угля на штабеле, т.т.	Объем добытого угля, т.т.	Зольность, %			Влажность, %			Низшая теплота сгорания, ккал/кг			Зольность, % ЧП	Примечание
							План	Факт (забой)	Факт (склад)	План	Факт (забой)	Факт (склад)	План	Факт (забой)	Факт (склад)		
Итого средние показатели по всем пластам с начала месяца					135419,50	291348,15	13,2	12,5	13,4	13,1	12,9	12,6	5458	5519	5542	8,1	
Низшая теплота сгорания, ккал/кг									<5250	5250-5350	5351-5450	5451-5550	5551-5650	5651-5750	>5750	Общий объем, т.т	
Объем по месяцу (план), т.т.									0,0	56762,4	65840,6	123364,7	45380,5	0,0	0,0	291348,2	
									0%	19%	23%	42%	16%	0%	0%		
Объем по пласту (забой), т.т.									18903,1	56707,0	10176,3	73989,6	63565,0	49756,9	18250,3	291348,2	
									6%	19%	3%	25%	22%	17%	6%		
Объем по пласту (склад), т.т.									16227,5	20645,1	9332,5	32420,2	15796,1	3407,2	37590,9	135419,5	
									12%	15%	7%	24%	12%	3%	28%		

**Приложение 4 План мероприятий по повышению качества готовой
Продукции на 2015-2018 гг.**

Мероприятие	Отв.	Контроль
1. Организация опробования блока продольными скважинами силами УБВР	УБВР	Зав. горными работами
2. Внести изменения в паспорт бурения – детализация длины каждой скважины на блоке	УБВР	Зав. горными работами
3. Учитывать время, необходимое для передачи бурового блока, в планеграмме	Нач. участка добычи угля	Гл. инженер
4. Организовать приемку обуренного блока по акту (с замером глубины скважины)	Нач. участка добычи угля	Гл. инженер
5. Дооборудовать буровой станок инструментами для колонкового бурения	УБВР	Зав. горными работами
6. Сформировать типовые технологические паспорта для селективной выемки угля экскаватором РС-1250, проработать с горными мастерами, машинистами экскаваторов	Нач. технического отдела	Нач. участка добычи угля
7. Расценить стоимость выемки 1м³ машинистом экскаватора при селективной выемке угля	Нач. участка добычи угля	Исп. директор
8. Освоить действующее на предприятии «Положение о браковке работ»	Гл. маркшейдер	Исп. директор
9. Разработать положение о браковке управленческих решений		Исп. директор
10. Организация совместной приемки угольного блока ОТК с участковым геологом		Нач. участка добычи угля
11. Организация опробования блока продольными скважинами силами УБВР	УБВР	Зав. горными работами
12. Внести изменения в паспорт бурения – детализация длины каждой скважины на блоке	УБВР	Зав. горными работами
13. Учитывать время, необходимое для передачи бурового блока, в планеграмме	Нач. участка добычи угля	Гл. инженер
14. Организовать приемку обуренного блока по акту (с замером глубины скважины)	Нач. участка добычи угля	Гл. инженер
15. Дооборудовать буровой станок инструментами для колонкового бурения	УБВР	Зав. горными работами
16. Сформировать типовые технологические паспорта для селективной выемки угля экскаватором РС-1250, проработать с горными мастерами, машинистами экскаваторов	Нач. технического отдела	Нач. участка добычи угля

17. Расценить стоимость выемки 1м3 машинистом экскаватора при селективной выемке угля	Нач. участка добычи угля	Исп. директор
18. Освоить действующее на предприятии «Положение о браковке работ»	Гл. маркшейдер	Исп. директор
19. Разработать положение о браковке управленческих решений		Исп. директор
20. Организация совместной приемки угольного блока ОТК с участковым геологом		Нач. участка добычи угля

Приложение 5 Пример месячного плана работ по повышению качества продукции (ООО «ВБР, сентябрь 2019 г.)

№ п/п	Мероприятие	Описание эффекта от реализации	Требование к исполнению	Исполнитель
1. Долгосрочное планирование качества				
1.1	Предоставление прогноза плана реализации угольной продукции по качественным характеристикам, с учетом складских остатков	Планирование качества добываемого угля на долгосрочный период, с учетом плановой отгрузки	Контроль за выполнением мероприятия	Зам. исп. директора по коммерческим вопросам
2. Получение первичных данных для планирования качества				
2.2	Геологоразведку производить путем проходки шурфов, экскаватором Komatsu PC-300, по периметру угольного пласта с шагом 25 метров	Определение мощности внутрипластовых прослоев, обеспечение качественного планирования селективной выемки	Предоставление техники	Зам. исп. директора по производству
			Опробование качества пласта	Начальник ОТК
			Геологическая зарисовка структуры пласта	Главный геолог
			Геологическая зарисовка структуры пласта. Шаг не более 50 м	Главный геолог
2.3	Документация рабочего борта угольного пласта		Прогноз горных работ по каждому пласту	Главный геолог
2.4	Разработка горно-геологических прогнозов			Главный геолог
3. Качество подготовки угля к выемке				
3.1. Снижение зольности				
3.1.1	При наличии ложной почвы по угольным пластам производить подсыпку взрывных скважин	Исключение разрыхление кровли нижележащего вскрышного уступа, и как следствие снижение разубоживания угля по подошве	Определение ложной почвы	Начальник ОТК
			Определение мощности подсыпки	Главный геолог
			Контроль за выполнением мероприятия	Зам. гл. инженера по БВР
3.1.2	Выбор конструкции скважинного заряда, при производстве взрывных работ по угольным пластам, производить на основе детальных геологических данных (на основе шурфов)	Исключение перемешивание внутрипластовых прослоев с угольной массой, обеспечение селективной выемке	Контроль за выполнением мероприятия	Зам. гл. инженера по БВР

Продолжение таблицы

3.2. Обеспечение требуемой крупности				
3.2.1	Выбор параметров буровзрывных работ, исключаящих выход негабаритных кусков угля (свыше 500ммx500ммx500мм)	Обеспечение требуемой крупности добываемого угля, снижение рисков забутовки приемного бункера, обеспечение выпуска сортовой продукции	Контроль за выполнением мероприятия	Зам. гл. инженера по БВР
3.3. Снижение влаги				
3.3.1	До начала отработки пласта, проходить траншеею для отвода воды из пласта вдоль рабочего борта	Понижение влажности добываемого угля, исключение случаев засорения угольного пласта промывами с вышележащих уступов	Контроль за выполнением мероприятия	Зам. исп. директора по производству
3.3.2	Производить зачистку угольного пласта от снежного покрова, колесным бульдозером (автогрейдером)	Снижение влажности угольных штабелей		
4. Качество выемки угля				
4.1	Планирование направлений ведения горных работ с обеспечением качества добываемых пластов исходя из планируемой отгрузки на месяц	Наличие угля необходимого качества на складах ПСК для обеспечения планируемой отгрузки	Контроль за выполнением мероприятия	Главный инженер
4.2	Планирование ведения горных работ с учетом обеспечения ведения добычных работ в течении месяца одним забоем учитывая все подготовительные операции и время на их исполнение	Обеспечение непрерывной работы добычного комплекса с обеспечением выполнения всех подготовительных операций	Контроль за выполнением мероприятия	Главный инженер
4.3	Составление схемы отработки пласта согласно горно-геологического прогноза	Исключение случаев засорения угольного пласта путем не правильной отработки с прихватыванием породных прослоев	Контроль за выполнением мероприятия	Инженер технолог
4.4	Исключение случаев прихватывания кровли вскрышного уступа, при добыче угля.	Исключение засорения добываемого угля в подошве	Контроль за работой экскаватора, внесение корректировок, выдача рекомендаций по отработке	Мастер ОТК совместно с горным мастером
			Доведение информации до персонала на нарядах	Начальник участка горных работ
			Контроль за выполнением мероприятия	Зам. исп. директора по производству
4.5	Оконтуривание угольного пласта, со стороны свободных поверхностей, перед проведением добычных работ	Исключение засорения добываемого угля	Контроль за выполнением мероприятия	Зам. исп. директора по производству

Окончание таблицы

4.6	Недопущение перемешивания добываемого угля с ложной почвой угольного пласта, путем оставления 10 см по подошве	Исключение засорения добываемого угля	Выявление ложной почвы	Начальник ОТК
			Контроль за работой экскаватора, внесение корректировок, выдача рекомендаций по отработке	Мастер ОТК совместно с горным мастером
			Доведение информации до персонала на нарядах	Начальник участка горных работ.
			Контроль за выполнением мероприятия	Зам. исп. директора по производству
4.7	Соблюдение технологической схемы отработки пласта- недопущение завала рабочего борта	При завале рабочего борта невозможно провести качественную документацию и провести пластовое опробование.	Контроль за выполнением мероприятия	Начальник участка горных работ
5. Контроль за выполнением мероприятий				
5.1	Контроль соблюдения принятой схемы отработки пласта (паспорта)	Повышения уровня планирования	Контроль за выполнением мероприятия	Главный инженер
5.2	Контроль подтверждения горно-геологических прогнозов		Контроль за выполнением мероприятия	ОТК. Геологическая служба.
5.3	Организация в сетевой папке "планирование" раздела "качества", сбор информации и подтверждающих документов по каждому пласту в течении месяца		Контроль за выполнением мероприятия	Начальник тех. отдела
6. Экспериментальные предложения по повышению качества				
6.1	Организация работы добычного комплекса РС-300 + автосамосвал БелАЗ 75131	Селективная отработка низкочольных участков угольных пластов, а также маломощных пластов до 1 метра.	Контроль за выполнением мероприятия	Зам. исп. директора по производству

Приложение 6 Акт внедрения результатов диссертационного исследования

655796, Россия, Республика Хакасия, Бейский район, п. Кирба, ул. Майская, 6
тел.: (3902) 25-93-13, (39044) 3-01-54, факс: (39044) 3-35-60
e-mail: Priemnaya_VBR@suek.ru

ИНН/КПП 1902064188/424950001
Р/с 40702810492000001087 Газпромбанк (АО) в г. Москва
БИК 044525823, К/с 30101810200000000823



УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
ООО «Восточно-Бейский разрез»,
Д.В. Вавилов
«06» апреля 2020 г.

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы Попова Дениса Владимировича

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы «Обоснование технологических параметров разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля», подготовленной Поповым Д.В. на соискание ученой степени кандидата технических наук, были использованы в ООО «Восточно-Бейский разрез» при разработке и реализации планов мероприятий по повышению качества товарной продукции в 2018 г.-1 квартале 2020 г.

Использование разработанных автором методических положений и рекомендаций позволило:

- оценить резервы повышения экономической эффективности деятельности предприятия от повышения качества товарной продукции;
- организовать на разрезе работу творческого коллектива (рабочей группы) по повышению качества продукции;
- разработать и освоить регламент управления качеством товарной продукции разреза;
- повысить среднее значение теплоты сгорания угля более чем на 100 ккал/кг и в 2 раза увеличить объемы продаж экспортной продукции.

Ежемесячный экономический эффект от реализации мероприятий по повышению качества товарной продукции в 2019 г.-1 квартале 2020 г. составил более 20 млн. рублей, что во многом определило устойчивость функционирования разреза в условиях мирового экономического кризиса.

Комиссия ООО «Восточно-Бейский разрез» в составе:

Зам. исп. директора по производству

 Андреев Ю.Г.

Главный экономист



Алексенко В.С.