

Карагандинский технический университет

УДК 622.063

На правах рукописи

ДАУЛЕТЖАНОВ АСЫЛБЕК ЖАНАСЫЛОВИЧ

**Разработка технологических решений управления качеством угля и
продуктов его переработки при добыче и складировании**

6D070700 – Горное дело

Диссертация на соискание ученой степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты
доктор технических наук,
профессор
Н.А. Дрижд

доктор технических наук,
профессор
С.А. Эпштейн

Республика Казахстан
Караганды, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ.....	13
1.1 Теоретические основы окисления угля.....	13
1.2 Исследование факторов выветривания и самовозгорания.....	18
1.3 Основные стадии окисления угля.....	22
1.4 Обнаружение очагов самовозгорания угольной продукции.....	24
1.5 Способы предупреждения выветривания и самовозгорания угля....	31
2 АНАЛИЗ ГОРНЫХ РАБОТ НА ШУБАРКОЛЬСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ И НА ОБЪЕКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	38
2.1 Шубаркольское месторождение: геология, схемы разработки.....	38
2.2 Технологическая схема использования спецкокса на АО «Казхром».	43
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. ПОЛЕВЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АНТИПИРОГЕННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	50
3.1 Описание методологии и полевых работ.....	50
3.2 Исследование генетических признаков Шубаркольского угля.....	57
3.3 Технический анализ углей и спецкокса в динамике.....	59
3.4 Исследование кинетики самовозгорания спецкокса.....	65
3.5 Ситовый анализ.....	67
3.6 Температурный контроль исследуемых штабелей.....	73
3.7 Экономическая оценка применения антипирогенов.....	76
4 ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ.....	78
4.1 Описание покрытия.....	78
4.2 Технология производства нового полимерного антипирогена.....	79
4.3 Результаты испытания полимерного покрытия.....	80
4.4 Моделирование влияния крупности спецкокса и количества антипирогена на содержание влаги.....	83
4.5 Уравнения регрессии содержания влаги в спецкоксе.....	85
5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДОБЫЧИ И СКЛАДИРОВАНИЯ УГЛЯ И СПЕЦКОКСА ШУБАРКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	92
5.1 Технология складирования угля на открытых складах.....	92
5.2 Многослойная пленка для транспортирования угля и спецкокса.....	98
5.3 Технология отработки пласта и закладки выработанного пространства на угольных шахтах.....	98
5.4 Технология отработки угольных пластов при открытых горных работах на примере Шубаркольского угольного разреза.....	102

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	105
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	108
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	117

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

Требования к безопасности углей и производственных процессов их добычи, переработки, хранения и транспортировки: технический регламент: утв. постановлением Правительства Республики Казахстан от 17 июля 2010 года, №731.

Общие требования к пожарной безопасности: технический регламент: утв. приказом Министра внутренних дел Республики Казахстан от 23 июня 2017 года, №439.

Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к объектам угольной промышленности»: утв. приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к объектам промышленности» от 20 марта 2015 года, №236.

СТ РК 1526-1-2016. Угли Шубаркольского месторождения Угли участков «Центральный» и «Западный».

СТ РК 1527-2006. Топливо твердое минеральное Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

СТ РК 1382-2011. Угли Определение окисленности.

ASTM D7582-15. Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis.

ГОСТР 55662-2013. Методы петрографического анализа углей. Метод определения мацерального состава.

ГОСТ 25543-2013. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам.

ГОСТ 2093-82. Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава.

ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.

ГОСТ Р 57719-2017. Горное дело. Выработки горные. Термины и определения.

ГОСТ ISO 1213-1-2014. Топливо твердое минеральное. Словарь. Часть 1. Термины, относящиеся к обогащению угля.

ГОСТ 27313-2015. Топливо твердое минеральное. Обозначение показателей качества и формулы пересчета результатов анализа на различные состояния топлива.

ГОСТ 17070-2014. Угли. Термины и определения.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Полезное ископаемое - продукция горнодобывающей промышленности и разработки карьеров, содержащаяся в фактически добытом (извлеченном) из недр (отходов, потерь) минеральном сырье (породе, жидкости и иной смеси), первая по своему качеству соответствующая национальному или международному стандарту.

Уголь - твердая горючая осадочная порода, образовавшаяся преимущественно из отмерших растений в результате их биохимических, физико-химических и физических изменений.

Окисленный уголь - (выветрелый уголь) уголь, изменивший свойства в результате воздействия кислорода и влаги при залегании в пластах или при хранении.

Спецкокс – кокс специального назначения из энергетических углей Казахстана, представляет собой твердый углеродистый восстановитель для электрометаллургических производств.

Выработанное пространство - пространство, образующееся после извлечения полезных ископаемых или вмещающих горных пород, в результате ведения очистных работ.

Высота очистной выработки - Кратчайшее расстояние между кровлей и почвой выработки.

Горная выработка - искусственное сооружение в недрах Земли или на ее поверхности, созданное в результате ведения горных работ с целью выполнения ее функционального назначения и сохранения в течение определенного срока времени.

Открытая выработка - горная выработка, образуемая в пределах карьерного поля и имеющая незамкнутый контур поперечного сечения, вследствие ее примыкания к земной поверхности.

Разрез - совокупность открытых горных выработок карьера, служащих для эксплуатации месторождения угольных и рассыпных ископаемых открытыми горными работами.

Бровка уступа карьера - линия пересечения откоса уступа карьера с его кровлей или подошвой.

Верхняя бровка карьера - линия пересечения борта карьера с вышележащей неразработанной поверхностью.

Нижняя бровка карьера - линия пересечения борта карьера с его подошвой.

Откос борта карьера - условная поверхность, касательная к верхней и нижней бровкам карьера.

Уступ карьера - часть борта карьера в форме ступени, разрабатываемая самостоятельными средствами отбойки, погрузки и транспорта.

Производственный процесс - совокупность технологических и иных необходимых для производства процессов; рабочих (производственных) операций, включая трудовую деятельность и трудовые функции работающих.

Технологический процесс - упорядоченная последовательность взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения требуемого результата.

Антипирогены - материалы, предотвращающие самовозгорание полезных ископаемых (угля, руды, торфа и др.) в шахтах, на карьерах, в отвалах и т.п.

Риск - название и мера случайного причинения вреда, совокупно сочетающая степень возможности причинения вреда и степень его медицинской, или технической, или социально-экономической значимости (тяжести).

Рудничные газы - природные газы, выделяющиеся из различных источников газовыделения в горные выработки, выработанное пространство и газы, образующиеся в выработках в результате химических и биологических реакций, протекающих между воздухом и полезными ископаемыми, вмещающими его породами, крепью.

Витрен - литотип угля, встречающийся в пластах угля в виде линз и прослоев, блестящий, однородный, хрупкий, с раковистым изломом, с хорошо выраженной эндогенной трещиноватостью, перпендикулярной наслоению.

Фюзен - литотип угля, встречающийся в пластах угля в виде линз и прослоев, матовый, с шелковистым блеском, волокнистой структурой, сажистый, очень хрупкий.

Органическая масса - масса угля, включающая все органические соединения углерода, водорода, азота, кислорода и серы.

Технический анализ - определение влаги, серы, зольности, выхода летучих веществ и расчет нелетучего углерода.

Общая влага - сумма внешней влаги и влаги воздушно-сухого угля.

Влага аналитической пробы - влага, содержащаяся в аналитической пробе угля после ее приготовления и доведения до воздушно-сухого состояния.

Зольность - масса золы, определяемая в установленных стандартом условиях, отнесенная к единице массы угля и выраженная в процентах.

Летучие вещества - вещества, образующиеся при разложении угля в условиях нагрева без доступа воздуха.

Низшая теплота сгорания - количество тепла, равное высшей теплоте сгорания за вычетом теплоты испарения воды, выделившейся при сгорании угля.

ОМУ – органическая масса угля

ОГР – открытые горные работы

ПГР – подземные горные работы

ПАВ – поверхностно-активное вещество

ТГА – термогравиметрический анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Современная или новейшая стадия горной науки направлена на решение комплексных проблем, в частности, развитие технологий подземной и открытой угледобычи в условиях истощения минерально-топливных ресурсов и преобладания экологических и социальных факторов в мировой экономике [1].

Управление качеством продукции является неотъемлемым аспектом деятельности горного предприятия и затрагивает каждый этап производственного цикла, начиная со вскрытия шахтного поля, с вскрышных работ при открытых горных работах, отработки и продолжается на стадиях отваловообразования, складирования полезного ископаемого.

Все усилия по совершенствованию технологии добычи и управления качеством угля следует направлять, в первую очередь, на рентабельность разработки месторождений, повышение комплексного использования добытого сырья с максимальным извлечением ценных компонентов, содержащихся в них. Комплексное использование, уменьшение или утилизация промышленных отходов, обеспечивает, прежде всего снижение себестоимости минерального сырья и улучшение экологической обстановки региона. Резолюции о важности сохранения темпов угольной генерации энергии и, вместе с тем, необходимости продвижения в сферах углехимии и глубокой переработки угля с целью повышения использования угольного потенциала страны выдвинуты на первом казахстанском Форуме угольной промышленности «Новые возможности угольной промышленности в условиях технологической модернизации».

Без сохранения или улучшения качества добываемого сырья развивать новую и рационализировать существующую перерабатывающую отрасль невозможно. Таким образом, перед угледобывающими предприятиями стоят задачи пересмотра каждого этапа производственного цикла и внедрение методик селективной выемки угольной породы и сохранение потребительских качеств угля и угольной продукции.

Горнодобывающая индустрия является совокупностью отраслей производства, и включает в себя разведку и добычу полезных ископаемых в качестве основных процессов, а также процессы первичной переработки с получением их полуфабрикатов, условно отнесенные к вспомогательным [2].

Основные и вспомогательные технологические процессы проводятся последовательно и производственный цикл угледобычи следует разделить на два этапа [3, 4].

Первый этап включает в себя следующие шаги:

- 1) подготовка горных пород к выемке;
- 2) выемочно-погрузочные работы;
- 3) транспортирование горной массы;

- 4) отвалообразование пустых пород;
- 5) разгрузка и складирование полезных ископаемых.

Второй этап завершается уже отгрузкой угля потребителю или первичной переработкой угля.

При открытых горных производствах затрачиваются большие усилия на подготовку карьеров, которая сопровождается скоплением пустой горной породной массы, зачастую сравнимой с количеством угольной горной массой, поступающей на переработку и отгрузку потребителям, когда как вскрышные материалы направляются на покрытие и завершение выработанных участков, которая является не менее важной частью добычных работ и качество проведения закладочных работ напрямую влияет на безопасность и продолжительной горной деятельности.

Таким образом, в работе будут рассмотрены проблемы и пути сохранения потребительских свойств угля и продуктов его переработки в процессе добычи, складирования и транспортирования на иные производственные площадки.

Практика показала, что при разработке и складировании углей ряда месторождений Казахстана (Карагандинское, Экибастузское, Шубаркольское, Шарынокское, Каражыринское, Майкубенское и др.) в определенных условиях происходят окислительные процессы, приводящие к разрушению теплотворных и иных характеристик угольной продукции и зачастую к их самовозгоранию [5].

Самовозгорание угля при вскрытии угольных пластов, процессах выемки, первичной обработки и складировании на аварийных или временных открытых площадках наносят значительный ущерб экономике предприятия и окружающей среде. При самовозгорании угля сжигается большое количество угольных ресурсов, снижается теплотворная способность угля и, как результат, выбрасывается существенное количество токсичных и парниковых газов. Продуктами горения являются механические взвеси, в виде сажи, также отравляющие и токсические вещества, в том числе, окись углерода (CO), сернистый газ (SO₂), углеводороды и прочее [6, 7].

На самовозгорание угля приходится более 90% пожаров, происходящих на угольных месторождениях Китая. По неполным статистическим данным за период с 2001 по 2014 год в Китае было зарегистрировано около 32 случаев взрыва газа или пожара в подземных угольных шахтах, приведшего к гибели 614 человек, а за историю эксплуатации Карагандинского угольного бассейна зарегистрировано около 170 случаев самовозгорания угля при добычных работах [8, 9]. В августе 2019 произошло возгорание угля в выработанном горном уступе разреза «Западный» Шубаркольского месторождения. Самовозгорание угля и спецкокса является причиной колоссальных финансовых потерь у пользователей, так зафиксированы случаи возгорания на Актюбинском ферросплавном заводе в бункерах временного хранения.

Вследствие горения породных отвалов содержание окиси углерода, сернистого ангидрида и сероводорода на расстоянии до 2 км от отвалов превышает допустимые санитарные нормы.

В нашей стране и за рубежом выполнен большой объем научно-исследовательских работ по изысканию мер профилактики самовозгорания углей. Выбор способов и средств борьбы с самовозгоранием для каждого конкретного предприятия осуществляется с учетом местных условий и экономической целесообразности.

Актуальность разработки технических решений по сохранению угля и угольной продукции, в том числе, подтверждается задачами:

1. Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года: развитие технологий и альтернативное использование угля.

2. Послание народу Казахстана «Казахстанский путь-2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее».

3. Концепции инновационного развития Республики Казахстан до 2020 года:
- использование сырьевого потенциала страны;
- привлечение новейших технологий и создание высокотехнологических производств.

Цель диссертационной работы состоит в получении технологии сохранения потребительских свойств угля и продуктов его переработки в период добычи и хранения.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе поставлены следующие задачи:

- изучить геологические и горнотехнические условия и факторы окисления и самовозгорания угольной продукции;

- изучить механизмы окислительных процессов и мировой опыт предупреждающих мер ухудшения свойств угля;

- установить причины снижения крупности и случаи самовозгорания угля на разрезах «Центральный», «Западный» АО «Шубарколь комир» и спецкокса на базе Актюбинского завода ферросплавов;

- произвести полевые экспериментальные исследования эффективности антипирогенных материалов в предупреждении окисления угля и спецкокса в условиях хранения на производственной площадке Шубаркольского месторождения;

- исследовать качественные характеристики угля и выявить компоненты, способствующие и катализирующие окислительные процессы, которые, в свою очередь, приводящие к самовозгоранию угля и продуктов его переработки;

- произвести испытания существующих и вновь разработанного полимерного антипирогенного покрытия, увеличивающего срок сохранности угля из вторичных продуктов производства;

- разработать технологические решения по поддержанию потребительских свойств угля и спецкокса во время отработки угольных пластов, хранения на открытых, закрытых площадках, бункерах и вагонах при транспортировании.

Идея диссертационной работы Потребительские, технологические свойства угля и угольной продукции возможно сохранить от последствий выветривания, самовозгорания в очистных забоях, горных уступах и увеличить срок хранения путем применения эффективных изолирующих материалов для покрытия поверхности полезных ископаемых при подземных и открытых горных работах, штабелей во время складирования на рабочих участках и складских площадках для хранения до момента отгрузки потребителю.

Методы исследования в работе. В диссертационной работе использованы ряд методик, включая оценку и аналитический обзор научно-исследовательских трудов и технической документации; лабораторные и опытно-промышленные испытания, математическое моделирование.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

- применение полимерных покрытий и смеси 5% жидкого стекла и 1% ПАВ (Прогресс) при добыче и складировании угля позволяет уменьшить нарушение фракционного состава в пределах 50-300 мм в среднем до 17% и предотвращает размельчение до фракций 0-6 мм на 5%;

- вновь произведенный полимерный изолирующий материал (антипироген) на основе вторичного сырья коксохимического производства эффективно предотвращает разрушение технологических свойств угольной продукции и сохраняет уровень фиксированного углерода на уровне 85%, а уровень зольности в среднем до 4,8% в период 6 месяцев.

Основные научные результаты:

- оценена эффективность применения изолирующих покрытий в сохранении крупности угля в заданных фракционных границах во время добычи и складирования;

- получен полимерный антипирогенный материал из вторичных продуктов коксохимического производства;

- доказана эффективность разработанного изолирующего (антипирогенного) материала на основании математического моделирования;

- установлены кинетические показатели и закономерности протекания самонагревания и самовозгорания спецкокса, включая эффективную энергию активации и динамику изменения показателей адиабатической скорости самовозгорания;

- разработан комплекс технологических решений и рекомендаций для внедрения в производственный процесс добычи, первичной обработки и глубокой переработки угля.

Научная новизна работы состоит в разработке полимерного антипирогена из вторичных отходов коксохимического производства; разработке комплекса

технологических решений и рекомендаций для проведения опытно-промышленных работ по предотвращению самовозгорания и продлению сроков сохранности угля и продуктов его переработки.

Практическая значимость работы. Реализация идей и научных положений работы позволит создать эффективные технологические решения повышения качества продуктов горной промышленности за счет решения проблемы самовозгорания и пассивации факторов, способствующих разрушению качественных характеристик полезного ископаемого при открытом и подземном способах разработки угольных пластов в горно-геологических условиях Карагандинского угольного бассейна и иных месторождениях Республики Казахстан. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования закладочных работ во время угледобычи. Научные и опытно-промышленные испытания в рамках реализации проекта предложат возможности улучшения экологической обстановки и условий охраны труда за счет технологии переработки вторичных отходов коксохимического производства в рамках решения проблемы самовозгорания угля и спецкокса.

Ожидаемый социальный эффект разработок заключается в повышении уровня безопасности ведения горных работ на угольных разрезах шахтах в связи со снижением риска возгорания угля на подземных, открытых площадках и выработанных пространствах.

Ожидаемый экономический эффект технологических решений заключается в сокращении потерь добытого сырья и выпускаемого продукта, что комплексно отражается на стабилизацию себестоимости и эффективное планирование производственных операций.

Объекты и предметы исследования. В данной работе изучены влияния процессов выветривания, окисления на качество угля и спецкокса. Проведены расчеты, ряд исследований, позволяющий разработать регламент по хранению и использованию. Для изучения физико-химических факторов были выбраны угли марки Д Шубаркольского месторождения. Также для исследований использовался спецкокс ТОО «Сары-арка Спецкокс» Работа выполнена в Испытательной лаборатории метановой энергетики в горно-металлургическом комплексе Карагандинского технического университета и на площадках угольных хранилищ разреза «Центральный».

Реализация работы. Результаты полевых, лабораторных испытаний и основные выводы были опубликованы в 5 научных статьях, в 2 тезисах научных конференций и 1 полезной модели (Приложение Г).

Участие в НИР, хозяйственно-договорных работах:

- договор №286/17 от 18.05.2017 с АО «Шубарколь комир» «Исследование факторов, влияющих на самовозгорание спецкокса, произведенного из Шубаркольского угля и разработка рекомендаций по условиям хранения спецкокса в емкостях, складах и открытых площадках»;

- договор №45-НИР/17 от 05.09.2017 корпорацией с ERG «Исследование влияния факторов выветривания, способов и технологии хранения рядового угля, и разработка мероприятий по повышению и сохранности его крупности».

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и получили одобрение: на научных семинарах кафедры РМПИ КарТУ и научно-технических советах КарТУ, международных научно-практических конференциях «Сагиновские чтения-10», «Сагиновские чтения-12» и 1 онлайн конференции в Польше. Результаты научных исследований, полученных в ходе выполнения диссертационной работы, были приняты корпорацией ERG и АО «Шубарколь комир» для рассмотрения и включения научных результатов в производственный процесс и вновь разрабатываемый технический регламент (Приложение Д).

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5-ти разделов, заключения и содержит 116 страниц текста, 68 рисунка, 24 таблиц, список используемых источников из 118 наименования.

Благодарности. Докторант благодарит казахстанского и зарубежного научных консультантов за рекомендации и помощь проведение экспериментальных работ и выполнении отдельных этапов диссертационной работы, а также руководство АО «Шубарколь комир» за предоставление экспериментальной площадки и предметов исследований.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

1.1 Теоретические основы окисления угля

Эндогенный пожар происходит в результате самовозгорания угля. В свою очередь, самовозгорание можно описать как постепенное возрастание температуры в массиве или в скоплении разрыхленного угля, в результате приводящее к воспламенению. На практике, к потенциально пожароопасным объектам можно отнести промышленные участки добычи и хранения угля, где присутствуют условия, благоприятствующие, появлению очагов и протеканию самонагревания [3, с.17-19].

На самом деле в любом производственном цикле происходят внеплановые остановки, требующие длительного технического обслуживание, в результате чего угольная порода, подготовленная для выемки, откладывается в бункера временного хранения, очистные горные работы приостанавливаются, оставляя очистные выработки не завершенными. В результате подобного простоя или добычи угля разной морфологии существует риск появления очагов самовозгорания.

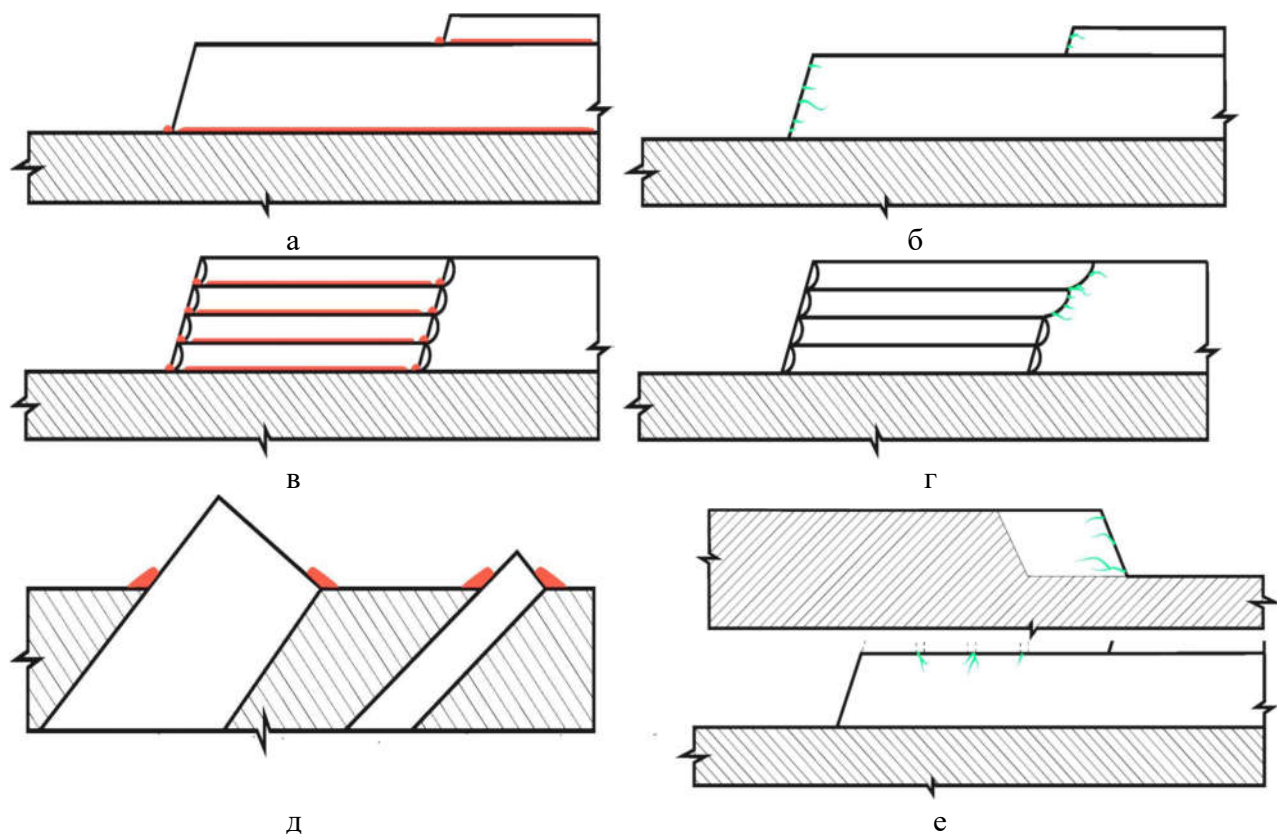
Все три основные элементы для возникновения и поддержания пожара кислород, тепло и топливо присутствуют на производственных участках угледобычи (рисунок 1.2). В угольных шахтах уголь является основным источником топлива, кислород необходим рабочим, а тепло вырабатывается экзотермической реакцией угля, и кислород, в свою очередь, поставляется непрерывно вентиляционными системами для обеспечения трудовой и технологической деятельности, поэтому ни один из этих элементов не может быть удален из окружающей среды.

На примере открытых угольных разрезов очагами самовозгорания (рисунок 1.3) могут послужить участки горных разработок и мест временных и постоянных отвалов пород и извлеченного угля [3, с.96-99; 10, 11]:

- некачественно зачищенные откосы угольных уступов, кровли вскрытых пластов, в том числе, разрушения пластов в результате взрывания пород вскрыши;
- подземные горные работы, подготовленные открытыми работами, на участках геологических нарушений и оползней;
- целики угля на контакте с породами внутренних отвалов бестранспортной вскрыши;
- угольные и смешанные уступы, оставляемые на длительную консервацию;
- (породно-угольные скопления, прилегающие к откосу уступа), образующиеся за счет сбрасывания экскаватором части взорванного блока при послыйной разработке пластов большой мощности без оставления транспортных берм между слоями, некачественной зачистки элементов уступа и выветривания породно-угольного массива под действием атмосферных факторов;

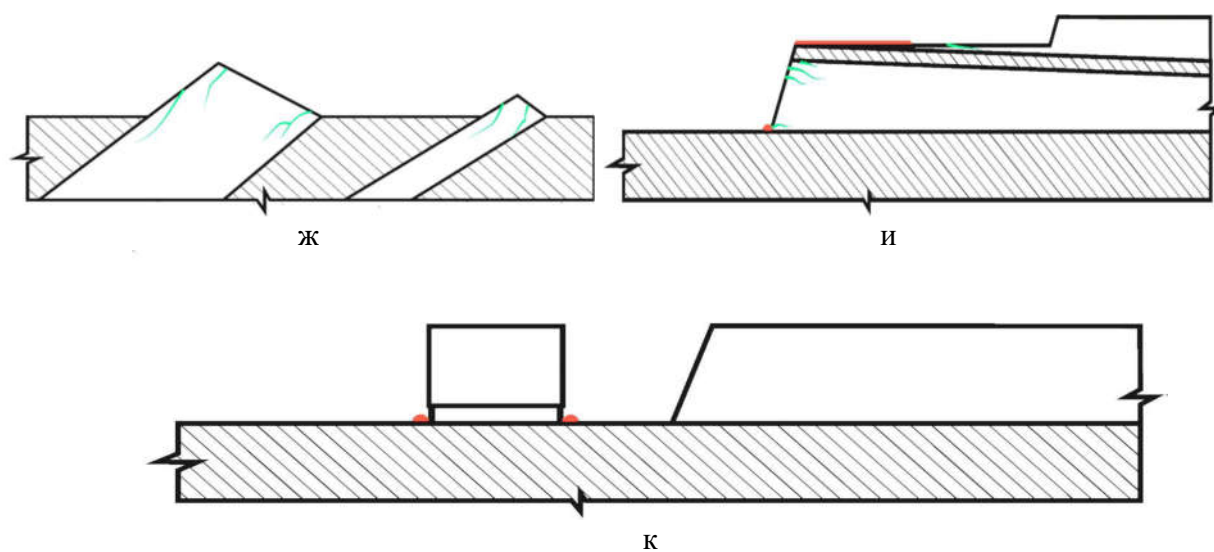
- насыпи под железнодорожными путями и конвейерными линиями, путепроводы тоннельного типа и автотракторные съезды, сформированные из горной массы, содержащей горючий материал;
- внутренние бульдозерные отвалы, сформированные на отвалах бестранспортной вскрыши, содержащей горючий материал от зачистки кровли угольного пласта и валовой выемки маломощных пластов;
- внешние породные отвалы, в горной массе которых содержится большое количество горючих материалов (угля или углесодержащих пород);
- штабели резервных складов угля.

В исследовательской работе И.И. Ивановой был произведен анализ и схематически описаны потенциальные участки очагов самовозгорания в применении разных технологических схемах (рисунки 1.1).



а - осыпи угля, с борта карьера при отработке забоя экскаватором; б - трещины, образующиеся при обработке экскаватором-мехлопатой; в - осыпи угля на полках и почве забоя, при отработке забоя роторным экскаватором; г - трещины, образующиеся в результате оползновения парносближенных подступов; д - угольная мелочь, образовавшаяся после выветривания кондиционных или некондиционных целиков угля, находящихся на дневной поверхности; е - трещины в результате выветривания или проведения буровзрывных работ

Рисунок 1.1 (а-и) - Участки вероятного возникновения самовозгорания, лист 1



ж - тещины, образованные в результате выветривания кондиционных или некондиционных целиков, находящихся на дневной поверхности; и - участки контакта угля с вмещающими породами; к - просыпи во время погрузки угля в авто и/или ж/д транспорт

Рисунок 1.1 (а-и), лист 2



Рисунок 1.2 - Пожар в пласте

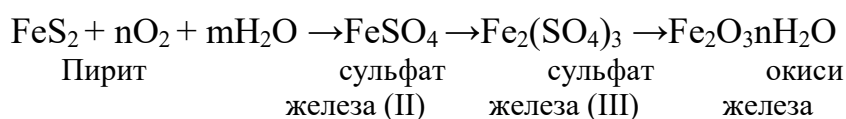


Рисунок 1.3 - Очаг самовозгорания бурого угля после выгорания

Фундаментальные исследования причин и механизма самовозгорания угля возникли примерно с середины IX века и продолжаются по сегодняшний день. В основном, ученые видят причины в химических особенностях отдельных компонентов, входящих в состав угольной породы, а также в сочетании различных внешних факторов, усиливающих склонность к окислительным реакциям [12, 13].

Исследователи указывают минеральную составляющую углей в качестве причин самовозгорания угля. В 1861-1866 годах было выдвинуто предположение немецких ученых Р. Гудманом и Ю. Либихом о ключевой роли пирита. Согласно их заключениям, самовозгорание угля происходит вследствие наличия в примесях пирита, способного вступать во взаимодействие с кислородом воздуха и водой. Однако, как показала практика, не все угли с высоким содержанием сернистого железа склонны к самовозгоранию и, наоборот, также продолжают самовозгораться угли с незначительным содержанием серы и пирита. Часто самовозгораются угли не только с высоким, но и с низким содержанием пирита.

В то же время данная теория поддерживается и по сей день многими учеными [14-17]. Так, серные соединения железа и, в целом, ионы железа (Fe^{2+}) являются катализаторами окисления органической массы угля. Окислительные процесс является экзотермическим и протекает со значительным выделением тепла, в результате чего происходит самонагревание угольной массы.



Эти теории подтверждаются также в исследованиях химической активности органических компонентов в составе углей: фенольных и альдегидные групп, гидроароматических соединений [18-21]. В фенольной теории окисления, Г.Л. Стадников предположил, что именно окисление иглистых аргиллитов служит причиной самовозгорания, где активную роль отдает окислам железа.

В электрохимической теории аналогично предыдущим авторам считают, считают ионы двухвалентного железа (Fe^{2+}) инициируют самовозгорания, разделяя весь процесс на две стадии, в которых составные части угля выполняют задачи гальванических элементов, за счет чего температура угольной толщ поднимается до 60°C , в условиях которых запускаются цепные реакции окисления, приводящие к самонагреванию до 500°C [15, с.38].

Вышеперечисленные теории основываются на химической активности и окисляемости углеродсодержащих веществ кислородом за счет аккумулированного тепла, не учитывая реальных условий месторождения, геологических характеристик и способа ведения горных работ.

Прикладной характер исследования приобрели в начале прошлого столетия благодаря трудам А.А. Скочинского, В.С. Веселовского и других исследователей в последующих годах и по настоящий день. Значительные наработанные материалы по влиянию горнотехнических факторов представляются также зарубежными учеными из Китая, Индии, США и по сегодняшний день [23-28].

Обобщая вышеуказанное, можно сделать вывод, что самовозгорание угля происходит в результате окисления угольной массы с запуском при низкотемпературных условиях и со стремительным повышением интенсивности от выделяемого тепла. В результате химических превращений меняется и характер протекания химических процессов в сумме геолого-технических особенностями угольного месторождения и технологиями применяемых горных работ стадии самонагревания становятся цепными и необратимыми в естественных условиях (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 - Схема самонагревания и ускорения окислительных процессов

В большинстве случаев причиной эндогенных пожаров являются неконтролируемые процессы самовозгорания угля при добыче, транспортировании и хранения угля на открытых и закрытых складовых площадях. Уголь легко окисляется, что вызывает проблемы на многих угольных шахтах по всему миру.

1.2 Исследование факторов выветривания и самовозгорания

На сегодняшний день очень много работ проводятся по исследованиям отдельных факторов, благоприятствующих очагам самовозгорания и усиливающих окислительные процессы до этапа воспламенения

Самовозгорание углей происходит при соблюдении общих условий возникновения любого пожара (рисунок 1.5), а именно:

- наличие угля, способного окисляться при низких температурах;
- достаточное количество кислорода для смещения химического равновесия;
- количество теплоты должно аккумулироваться в достаточном количестве для поддержания и усиление последующих экзотермических реакций окисления.

Так к факторам самовозгорания можно отнести все элементы, способствующие обеспечивающие вышеперечисленные условия. И пожароопасность угольных разрезов в целом определяется совокупностью целого ряда различных факторов.

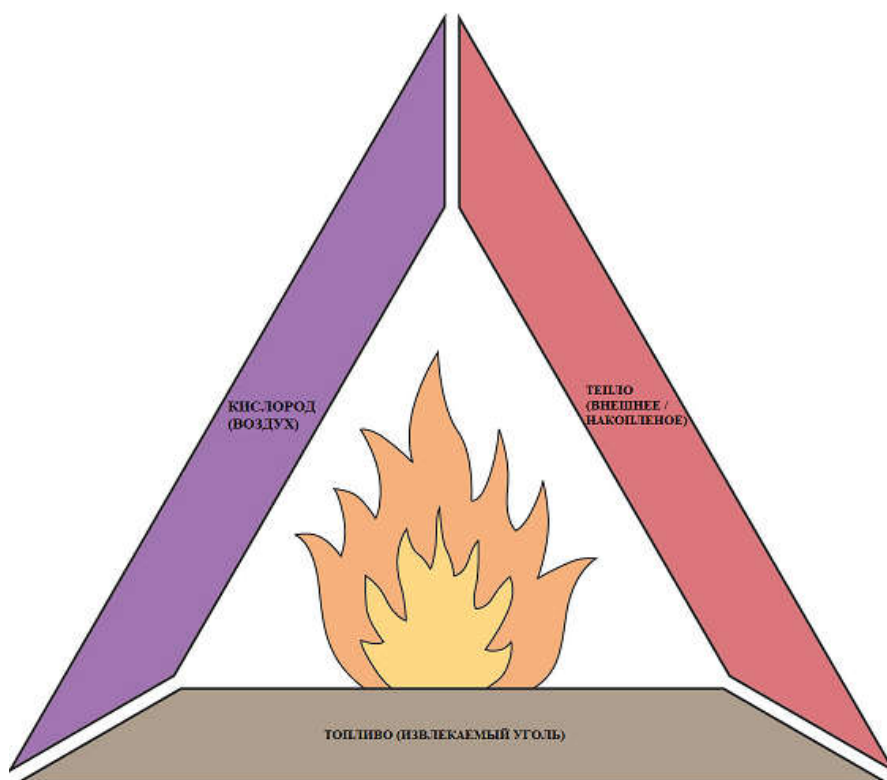


Рисунок 1.5 - Основные элементы огня (пожара)

Все факторы, способствующие самовозгоранию угля, часто разделяют на 2 группы: геологические и горнотехнические [29-32].

Геологические факторы, влияют на самовозгорание углей в естественных условиях, и изучение параметров угольных пластов и качественных характеристик углей, способствуют созданию эффективных мер профилактики и безопасного ведения горных работ.

Таблица 1.1 - Факторы, влияющие на возникновение эндогенных пожаров

<i>Геологические факторы</i>		<i>Горно-технологические факторы</i>
<i>характеристики угля</i>	<i>характеристики угольного пласта</i>	
Петрографический состав	Толщина пласта	Способы добычи
	Уклон пласта (угол падения)	Темп продвижения лавы
	Разломы	Условие столба
Гранулометрический состав	Выбросы угля	Условие крыши
Влажность	Пористость угля	Разрушение пород
Содержание серы	Глубина залегания	Закладка
Физико-механические свойства	Мощность пласта	Влияние древесных материалов (пр. опор)
Минералогический состав	Газоносность	Утечки
Наличие бактерий	Доступность воздуха	Многопластовые разработки
	Температура	Потери угля
	Тектонические характеристики	Выработанные пространства
		Вентиляционные системы, влажность рабочей среды

Мощность пласта и условия залегания пластов - большая склонность угля к самовозгоранию в мощных пластах связана, прежде всего, с теплоизоляционными условиями, препятствующими оттоку тепла. Также следует учесть сложное строение пласта, содержащего различные минералы и органические составные, склонные или инициирующие окислительные процессы в толще пласта [29, с.65].

Угол падения угольного пласта - при разработке крутых пластов существует большая вероятность обрушений при ведении очистных работ, тем самым, нарушая систему вентиляции, создавая вероятность притока воздуха к выработанным пространствам и обрушенным зонам

Тектоническая нарушенность пласта - с нарушением структуры угольного пласта проявляется трещиноватость и происходит дегазация пласта, в результате горные работы приостанавливаются и разрыхленный уголь теряется для выемки и остается доступным для окислительных процессов нагнетенным воздухом.

Газоносность пласта - метан, заполняя поры угольных массивов является антагонистом кислорода, создавая дефицит его концентрации для смещения химического равновесия. Таким образом, метанозность создавая определенную опасность горным работам, предотвращает самовозгорание угля.

Степень метаморфизма углей - Принято считать, что угли с большей степенью метаморфизма менее склонны самовозгоранию. Так, наиболее склонными к самовозгоранию углей относят бурые угли, менее склонными – каменные угли, а вероятность самовозгорания антрацитов считают ничтожной, что также подтверждается экспериментальными [21, с.341; 32, с.128].

Петрографический состав угля - склонность самовозгоранию обуславливают также наличием микрокомпонентов группы витринита, в связи с его высокой пористостью и наличием активных радикалов. Большинство исследователей не придают большого значения фюзинита в процессах самовозгорания, однако, экспериментальными данными предполагается, что при низких температурах окисляется сначала фюзиниты, однако с повышением температуры более склонным к окислению становится витринит, в то время как фюзоновые вещества более устойчивыми [29, с.64-65; 32-35].

Зольность и минеральный состав - зольность следует рассматривать как количественное выражение минеральной этой части конечный угля, а именно, наличия склонных к окислению минералов, например, конечному сульфидов целом железа (пирита и марказита). О пиритной теории самовозгорания упоминалось в предыдущей главе, где отмечено, о каталитических свойствах соединений железа. При сравнительно небольшой теплоемкости пирита, в результате поглощения одинакового количества тепла температура пирита возрастает в несколько раз больше угля. Однако, реактивная способность пирита в сухой массе незначительна, и лишь при повышении влажности экзотермические реакции окисления пирита усиливаются неконтролируемо [36-38].

Влажность - еще в середине прошлого столетия установлено, что влага является необходимым элементом самовозгорания углей, однако, на сегодняшний день, нет четкого представления о природе воздействия воды на процесс окисления в силу сплетения физических и химических явлений, происходящих в толщах угольного массива. При этом важно различать состояния влаги угля при рассмотрении воздействия на окисление. Влагу подразделяют обобщенно на внешнюю и внутреннюю, которые, в свою очередь, отличаются по прочности связанности с угольной массой. По экспериментальным данным предположено, что активирующим агентом служит именно гигроскопическая (аналитическая) влага, в то время как внешняя влага, увлажняя угольную поверхность, заполняя поры, препятствует сорбции кислорода, временно притормаживая процесс окисления [39-43].

Летучие вещества - под летучими веществами в угле понимают все газообразные компоненты угля, кроме воды, выделяемые при его нагреве при высоких температурах без доступа кислорода. Результате нагрева частиц разного размера (от 37 до 5000 мкм) со скоростью 293°C/мин исследователи пришли к выводу, что угли с высоким выходом летучих веществ несут в себе повышенный риск спонтанного самовозгорания [44].

В силу выбранного объекта исследования ниже приводится ряд горнотехнических факторов, способствующих самовозгоранию угля при открытых горных разработках [10, р.10-16; 31, с.194-202; 32, с.126-128; 45-47]:

Протяженность очистного фронта - в силу большой площади отрабатываемого участка пласта уголь, подготовленный к выемке, подвергается климатическому воздействию, порождая частые очаги самовозгорания, в случаях затяжных очистных работ после вскрытия.

Высота и обновляемость угольных уступов - угольные уступы используются для постепенной очистки от верхнего слоя до нижнего, где они подвергаются механическому и климатическому воздействию, в результате чего с обрушением проявляется активность вышеназванных факторов самовозгорания. При слишком высоких уступах эффективность механической обработки снижается и верхние части уступа, подготовленные взрывными работами, остаются некачественно очищенными.

Планирование и проекция отвалов вскрыши и горной породы - в случаях скопления горной породы и вскрышного материала в зонах обработки происходит реактивный контакт с минеральной частью и вскрытого подготовленного угля, в результате чего инициируется и ускоряются окислительные процессы на поверхности угольного пласта. Большинство эндогенных пожаров происходят в породно-угольных скоплениях: навалах, осыпях, отвалах и штабелях угля составляет 30-80%. Так, из 8 пожаров, ежегодно возникающих на разрезе «Черногорский», 4 пожара - эндогенные в осыпях и навалах, 4 - экзогенные в целике от постоянных пожаров в отвалах. В свою очередь, очаги самовозгорания в скоплениях разрыхленного угля, часто являются причиной пожаров в целиках. Практически на всех разрезах страны не проводится никаких мероприятий по своевременному удалению скоплений или профилактике их самовозгорания.

Незапланированные и аварийные остановы - замедление очистных работ зачастую создают большой временный интервал достижения критической температуры самовозгорания.

Механизированный процесс очистки - теоретически механическое воздействие на уголь при добыче, погрузке и транспортировке (экскаваторы, грузовой транспорт: колесный и железнодорожный) или силами горного давления приводит к разрыву химических связей и образуются свободные радикалы, развивающие окислительные механизмы. Таким образом, при разрушении угля образуется большое количество активных центров, способных взаимодействовать с кислородом воздуха даже при низких температурах.

Выветривание углей при открытой разработке и складировании на открытых складах - выветриванием углей называют также окислительные разрушительные процессы в толще угля или в штабелях на открытых складах, зачастую приводящие к самовоспламенению при наличии условий. Различаются физическое и химическое выветривание. При физическом проявлении происходит разрыхление

угольной массы, понижение мощности угольного пласта и образование порошкообразной массы, непригодной для дальнейшей обработки и реализации. А под химическим выветриванием подразумеваются окислительные процессы, изменяющие качественный состав угля: уменьшение углерода, возрастание кислородсодержащих органических веществ в составе. В основном на открытом воздухе климатические условия являются разрушительной силой, приводящей уголь в не пригодное для народного хозяйства состояние [21, с.336; 48].

Большая высота угольных или смешанных уступов нередко является причиной резкого увеличения их деформации под действием сил тяжести, приводящей к частичному или полному разрушению уступов. Прочностные свойства уступа еще более снижаются, если он состоит из неоднородных пачек, что, например, имеет место на разрезах ПО "Экибастузуголь". На западном борту разреза "Северный" неоднократно возникали эндогенные пожары в осыпях, образовавшихся в результате оползания откосов угольных уступов по плоскостям напластования.

Эндогенная пожароопасность на разрезах зависит от вида применяемого технологического транспорта. На разрезе им. 50-летия Октября на участках с железнодорожным транспортом число пожаров в 2-5 раз меньше, чем на участках с автотранспортом.

Размещение углистых пород и угля из пластов нерабочей мощности во внутренних отвалах без принятия мер по предотвращению их самовозгорания приводит к тому, что значительные площади внутренних отвалов подвергаются горению. Следствием этого является загазованность атмосферы разрезов и возгорание угольных целиков в результате прямого контакта их с горящими отвалами или через осыпи и навалы [29, с.65].

1.3 Основные стадии окисления угля

Окисление угля начинается с экзотермических химических реакций, и его можно описать как процесс, включающий три последовательных этапа (рисунок 1.5):

- 1) физическая адсорбция кислорода на поверхности угля - перенос кислорода на поверхности частиц угля;
- 2) химическая абсорбция (хемосорбция), которая приводит к образованию угольно-кислородных комплексов и кислородсодержащих углеродов;
- 3) химическое взаимодействие между углем и O_2 .

Химическая реакция (стадия 3) расщепляет менее стабильные угольно-кислородные комплексы и приводит к образованию газообразных продуктов, обычно окиси углерода (CO), двуокиси углерода (CO₂) и водяного пара (H₂O). [49, p.111].

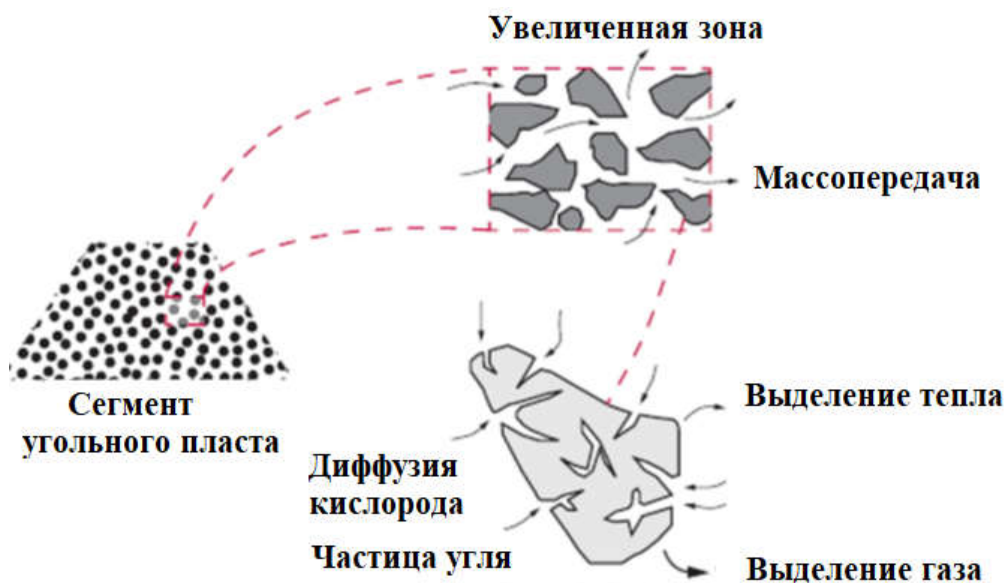
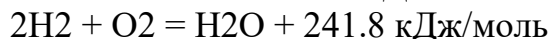
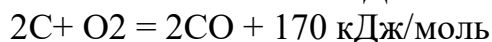
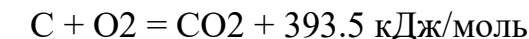


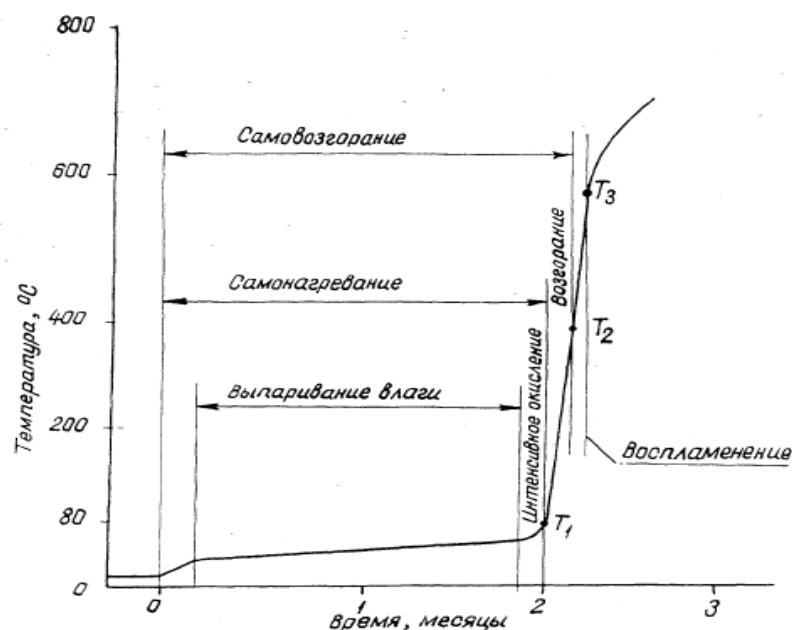
Рисунок 1.5 - Базовые явления, происходящие в процессе окисления угля

Критическая температура для ускорения окислительных процессов достигается в результате химических превращений типа [50]:



Из-за своей структуры, когда уголь вступает в контакт с кислородом, он адсорбирует кислород. При температуре выше 40°C адсорбция приводит к экзотермической реакции и вызывает повышение температуры окружающей среды, испарение влаги, раскрываются микропоры в угольном веществе и увеличивается реагирующая поверхность. Если это тепло не может быть удалено из окружающей среды, концентрации CO и CO₂ увеличиваются при температуре выше 70°C, а водяной пар выделяется при 125°C.

При снижении влажности на 60% от начальной наступает третья стадия, где, по существу, и формируется очаг самонагрева угля. При достаточном притоке воздуха переход процесса самонагрева угля в возгорание происходит в таких условиях в течение 5-7 суток (рисунок 1.6).



T_1 — критическая температура самонагревания; T_2 — критическая температура возгорания; T_3 — температура воспламенения

Рисунок 1.6 - Схема развития процессов самовозгорания и горения углей

1.4 Обнаружение очагов самовозгорания угольной продукции

1.4.1 Методы исследования склонности угля к окислению и самовозгоранию

На сегодняшний день представлено множество методов определения склонности углей к окислению или самовозгоранию. Эти методы основаны на определении качественных характеристик, оценки физико-химических свойств угля. При этом нет однозначности в применении общепринятого метода к углям всех типов, с разных месторождений [51, с.211; 52, с.310].

Большинство известных методов базируются на фундаментальных химических методиках оценки окисляемости как метод В.С. Крыма — окисление перманганатом в кислой среде, метод Лили и Горланда — окисление с помощью азотной кислоты, и бромом как в методе Фишера.

Известны методы, основанные на определении температуры возгорания при различном режиме воздействия на объект исследования: по возгоранию при неизменности заданной температуры (метод Денштета), возгоранию угля при потоке воздуха (кислорода) (метод Эрдмана).

В современных условиях подобные замеры тепловых свойств, химической активности проводятся на комплексных аналитических устройствах, позволяющих определять параметры возгорания наиболее точно с указанием прогрессии и направленности окислительных процессов [52, с.310; 53-57]. Методы исследования в большинстве случаев, исполнимы в лабораторных условиях, которые дают фундаментальные основы для оценки склонности угля к самовозгоранию.

Разумеется, данные лабораторных исследований не учитывают полевых условий, однако, их достаточно для разработки мероприятий по мониторингу и обнаружению очагов самовозгорания. В тоже время базовые лабораторные испытания проводятся периодически на базе промышленных предприятий по установлению инкубационного периода самовозгорания угля и отклонения от разработанных регламентов.

1.4.2 Обнаружение очагов самовозгорания при подземной добыче угля

Эндогенные пожары в угольных шахтах чаще всего возникают в выработанном пространстве, обуславливая тем самым трудность их обнаружения, предупреждения и тушения. Отсутствие необходимой информации о процессе самовозгорания в выработанном пространстве может привести к несвоевременному применению активных методов тушения и стать причиной изоляции выемочного участка. Низкая эффективность пассивного способа подавления очагов самовозгорания приводит к длительной изоляции участка, а зачастую и к потере подготовленных к выемке запасов угля и дорогостоящего оборудования.

На первый взгляд, благодаря замкнутости отрабатываемого участка и организованной схеме подачи воздуха применение прямых способов обнаружения участков скопления тепла и очагов самовозгорания кажется более приемлимым. При этом геологические и горно-технические особенности оказываются препятствием для избирательности и автоматизации систем детектирования.

Замер температуры. Для измерения температур горных пород и воздуха существует широкий выбор различных термометров, включающих как обычные контактные датчики (термопары, термосопротивления), так и устройства дистанционного контроля температуры. Предлагаемые на рынке средства температурного контроля, по сути, предназначены как для обнаружения процесса самовозгорания, так и для определения местоположения очага. Однако, на практике приборы оказываются малоэффективными по причине теплоизоляционных свойств угольных скоплений. Датчики дистанционного контроля температуры, закладываемые в скопления угля и передающие радиосигналы при повышении температуры, также теряют свою ценность в силу плохой или неоднородной проницаемости радиоволн в сложной системе угольных пород, хотя применим при открытых горных работах где отсутствуют множество факторов ограничения передачи сигнала [58, 59].

Замер электрических свойств угля и воздушной среды. Этот метод основан на измерении электрической проводимости воздуха и угольной массы вмещающих пород. Теоретически в случае интенсивности газовыделения в воздушную среду повышается и электропроводность, однако создаются затруднения при существенной разнородности пород в угольном массиве и воздействия внешних факторов, таких как влажность и температура [60, 61].

Мониторинг воздушной среды. Наиболее часто встречающийся метод обнаружения опасных участков шахты на сегодняшний день. Адаптация анализаторов происходит в зависимости от компонентного состава угля, так, например, при высоком содержании серных соединений, рекомендуется наблюдение за концентрацией двуокиси серы (SO_2), а зачастую это сводится к мониторингу уровня угарного и углекислого газа (CO , CO_2) или детектированию сочетания всех газов и их соотношения в воздушной среде [62-65].

Ограниченный лишь газовым анализом воздуха в горных выработках подход в основном оказывается слабодейственным в обнаружении очагов самонагрева и не способствует своевременным мерам предотвращения эндогенных пожаров. В связи с этим применение индикаторных газов, выделяющих специфические летучие соединения в атмосферу выработки при нагревании в очагах теплоскопления также рассматривается как действенный способ определения самовозгорания на ранней стадии:

- благодаря физическим и радиометрическим свойствам радона, позволяют применять его в качестве сигнализирующего признака, так как при температуре 50-100°C угля и породы интенсифицируется распад радона и всплеск концентрации в шахтной атмосфере определяется приборами радиационного контроля;

- предложено использовать различные соотношения индикаторных газов в рудничной атмосфере. Так, установлено, что для оценки температуры очага с температурой до 100°C можно применять соотношение окиси углерода к этилену, а свыше 100°C отношение этилена к ацетилену;

- мониторинг атмосферы с помощью масс-спектрометра позволяет обнаруживать тепловые процессы по содержанию веществ, одорантов заранее распределенного в пространстве. Например, бензол обнаруживается при температуре не ниже 20°C, ксилол - 100°C, аллиловый спирт - 150°C;

- во Франции и Японии проводили испытания вновь разработанных микрокапсул, заполненных бензальдегидом, прокладывая их в выработанном пространстве. Предполагается, что ароматическое соединение будет выделяться в рудничную атмосферу при повышении температуры.

Недостатком данных технических решений является невозможность размещения индикатора, помещаемого в капсулу, по всему объему выработанного пространства. Учитывая, что очаг самовозгорания, особенно в начальный период развития, имеет небольшие размеры и по условиям теплообмена находится в разрыхленном угле на некотором удалении от почвы пласта, существенно снижается вероятность попадания ампулы с индикатором в место возникновения очага.

Также существует вероятность выделения индикаторных пожарных газов в выработанном пространстве и очистном забое под влиянием различных естественных факторов внутреннего и внешнего происхождения, без повышения температуры угля, что искажает достоверность того или иного разработанного

метода. Немаловажным является то, что выделение детектируемого количества индикаторного газа свидетельствует об уже активном процесса окисления и обнаружить начальную стадию не удастся. Следует учитывать вредные свойства и токсичность индикаторных материалов и веществ при внедрении методики в технологический регламент.

Контроль первичных признаков самовозгорания не сводится лишь к анализу компонентного состава газа. Как известно, что при достижении критической температуры самонагревания происходит интенсивное испарение внешней и внутренней влаги, вследствие чего влажность атмосферы значительно увеличивается. Существуют ручные и автоматизированные средства (психрометры) определения влажности рабочей среды, точность которых не вызывают сомнения.

Индикацией процессов самовозгорания служит именно влагосодержание воздуха (d), когда как относительная влажность, определяемая психрометрами, используется для расчета:

$$d = 0.622 * \frac{P_p * \varphi}{P_0 - P_p * \varphi}$$

где P_p - давление насыщенного водяного пара;

P_0 - барометрическое давление воздуха;

φ - относительная влажность воздуха.

Таким образом, увеличение влагосодержания воздуха после прохождения через выработанное пространство свидетельствует об интенсификации процесса выпаривания влаги из угля в зонах с повышенной температурой. На практике данный метод был протестирован в горных выработках шахты «Распадская» Кузнецкого угольного бассейна в Российской Федерации [66, 67]. При простоте данного метода, есть существенные недостатки: в случаях относительной влажности воздуха около 100% данный способ практически не работает. В том числе, этот метод сигнализирует о происходящих теплообменных процессах без указания или локализации очагов.

Проведенный анализ показал, что большинство предложенных способов обнаружения и локализации очагов самовозгорания не применяется на шахтах, а используемые имеют ряд недостатков, затрудняющих обнаружение очагов самовозгорания на ранней стадии развития, не позволяющих определять местонахождение очагов пожара, параметры и тенденцию их поведения, а также момент ликвидации пожара. Широко используемый на шахтах контроль за составом рудничного воздуха нередко не позволяет обнаружить возникший эндогенный пожар при нагнетательном способе проветривания, приводящем к выносу атмосферы выработанного пространства на поверхность.

1.4.3 Обнаружение очагов самовозгорания при открытых горных работах

На каждом углеразрабатывающем разрезе, склонном к самовозгоранию должны осуществляться мероприятия по своевременному обнаружению очагов самонагрева угля. Аналогично подземным шахтам для обнаружения очагов самонагрева применимы термометрические, электрометрические и газоаналитические способы. Так как при интенсивных окислительно-восстановительных процессах происходят выделение пара, дыма, очаги определяемы визуально, однако полагаться на этот способ в качестве основного позволительно лишь на разрезах I и II категорий пожароопасности.

Ввиду доступности объекта исследования методы и производство контроля и оценки очагов самовозгорания более разнообразны и точны. На сегодняшний день испытываются и внедряются в производственный процесс методы тепловые, электрометрические и иные физические методы (оптические и термо-акусто-эмиссионные [68-73].

Геофизический метод. Данный метод заключается в дипольном электропрофилировании штабелей угля. Электрическое поле создавалось и регистрировалось синхронно перемещаемыми питающим и измерительным диполями, расположенными в разных выработках и ориентированными по высоте выработки [69, с.1-5; 70, с.180-182].

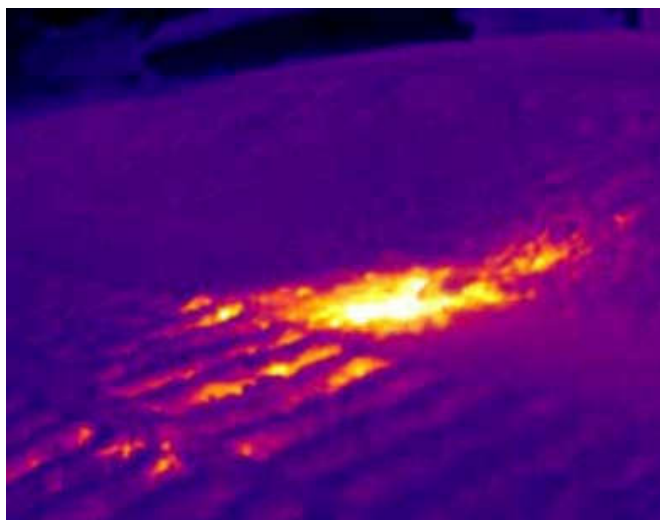
Термоакустический метод. Сущность термостимулированной акустической эмиссии заключается в регистрации акустической эмиссии в образце при его нагревании, оценивает параметры структуры горных пород, подвергавшихся термическому воздействию, и позволяет проводить испытания в полевых условиях.

Электрометрический метод. Методы основаны на измерении потенциалов естественного электрического поля на поверхности угольного массива, где увеличению потенциала ЕЭП соответствует рост температуры внутри угольного массива. Соответственно, по изменению потенциала ЕЭП можно судить о динамике процесса самонагрева. Также существует способ контроля на основе измерения электрических сопротивлений отдельных участков угольного массива или штабеля. По скорости изменения электрического сопротивления, измеряемого мегомметром, на участке между соседними датчиками, установленными в шпурах, пробуренных на расстоянии 50-100 м друг от друга, можно судить о характере процесса самонагрева.

Термический метод. Данный способ наиболее распространен для обнаружения и контроля очагов самонагрева разрезах. С помощью термодатчиков, устанавливаемых в массив (скопление) на глубину 0,8-1,2 м, измеряется температура начальной стадии. Оценить степень пожароопасности объекта позволяет метод, основанный на измерении тепловой энергии излучения с помощью индикатора инфракрасных лучей и тепловизора.



а

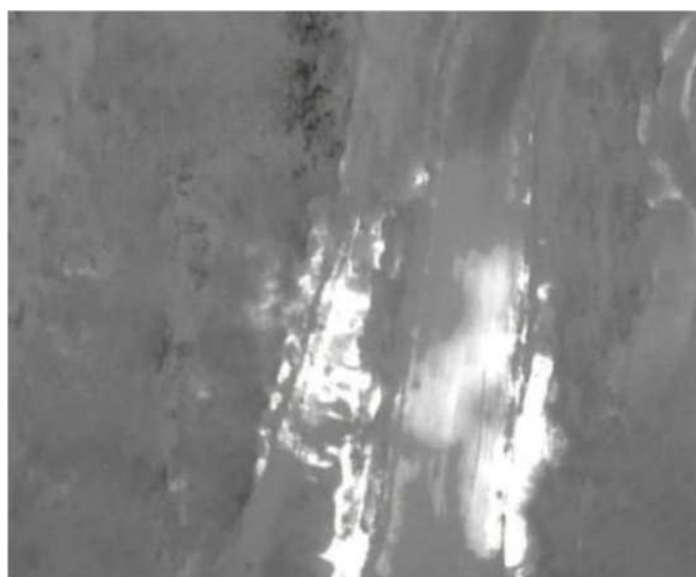


б

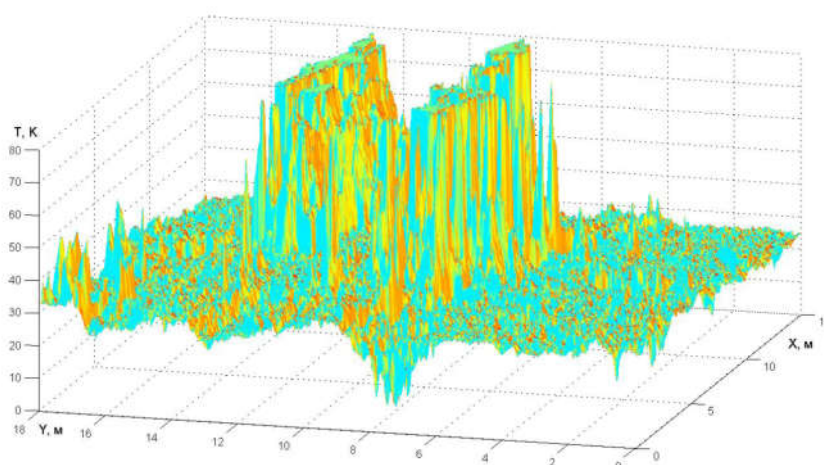
а - снимок штабеля угля; б - снимок штабеля тепловизорной камерой

Рисунок 1.7 - Съемка штабеля угля тепловизором

В настоящее время уже существуют технологии, позволяющие производить дистанционный тепловой контроль объектов [68, с.152-153]. Програмные решения представляют трехмерную проекцию объектов с отражением участков с их температурными данными (рисунок 1.8)



а



б

а - съемка горного массива беспилотным летательным аппаратом; б - 3-х мерное представление температурного поля

Рисунок 1.8 - Термомониторинг с обработкой данных тепловизорной съемки

Следует учитывать некоторые особенности и недостатки данного вида термомониторинга при использовании его для обнаружения очагов самовозгорания в горном массиве разреза при добычных горных работах, отвалах, хранении и штабировании готовой угольной продукции:

- применимо для термоконтроля и обнаружения ранних стадий самовозгорания в отвалах, вскрытых угольных полей и штабелей угля на складах хранения, так как критическая температура нагревания измерима на глубине до 3 метров (рисунок 1.9);

- технология не способна фиксировать глубинные тепловые процессы по съемке поверхностных температур, соответственно не удастся прогнозировать динамику развития очагов самовозгорания при подготовительных и начале вскрышных работ;

- для обработки больших массивов данных после визуального обследования угольного разреза с помощью БПЛА требуется соответствующее технологическое оснащение в полевых условиях и компетентности персонала особенно в потоковой (автоматической) съемке, при которой также весьма затруднительно заметить области повышенного риска эндогенного возгорания.

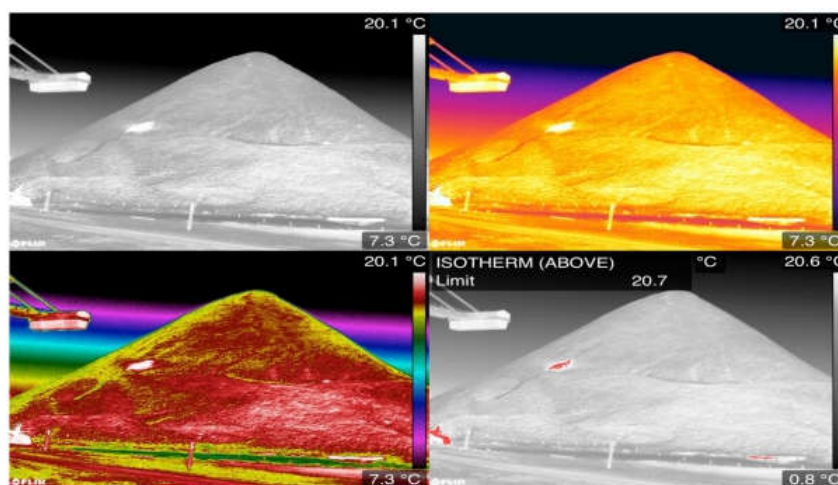


Рисунок 1.9 - Обнаружение очагов самовозгорания в штабелях

Таким образом, подобные решения полезны для использования на горных предприятиях при открытой добыче угля для осуществляющих мониторинга безопасности горных работ. Наиболее рациональными и приемлемыми для условий открытых горных разработок кажутся методы прямого температурного контроля несмотря на наличие меньших интерференций у электрометрических или геофизических способов регистрации очагов самовозгорания.

1.5 Способы предупреждения выветривания и самовозгорания угля

Породно-угольных скопления на разрезах как осыпи, отвалы и штабели в большинстве случаев являются основными очагами и причинами эндогенных и экзогенных пожаров, которые наносят существенный экономический ущерб угледобывающим предприятиям, так, например, по данным портала недропользователей Drom.Online в угольных пожарах Китая сгорает около 2030 миллионов тонн угля в год.

Ученые Coaltech обобщили пять основных правил предотвращения самовозгорания [74]:

1. Отвод кислорода путем контроля потока воздуха или уровня кислорода ниже критической концентрации.
2. Отвод тепла путем охлаждения нагревающейся поверхности (потоком воздуха или иными способами).
3. Вероятность самовозгорания возрастает с сопротивлением воздушному потоку
4. Контролируемая вентиляция предотвращает появление очагов самонагревания в труднодоступных зонах.
5. Склонность к самовозгоранию возрастает с увеличением глубины (штабеля, пласта).

Все угли и угольные породы подвергаются окислению окружающей атмосферой, а длительное незащищенное состояние укладки угля порождает большую вероятность накопления тепла, в результате приводящая к воспламенению. Поэтому в практике горных предприятий используют разработанные технологии сохранения угля в течение всего производственного процесса. Для предотвращения самовозгорания угля необходимо обеспечивать контроль факторов, описанных в предыдущих главах.

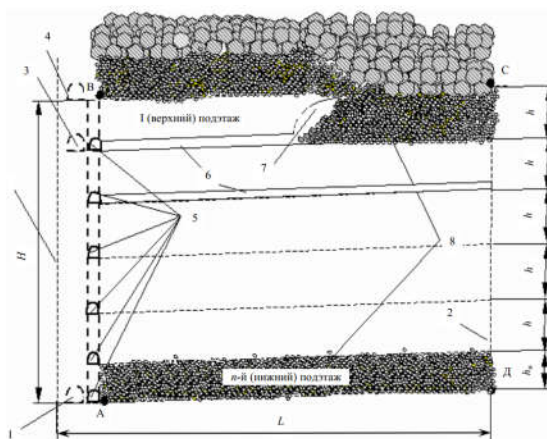
Отвода кислорода от поверхности угля в штабелях и отвалах (где применимо) можно достигнуть уплотнением, а подверженность непрерывным воздушным потоком уменьшается специальным формированием штабелей (форма, высота и т.д.). Антипирогенные покрытия позволяют уменьшить химическую активность угля, изолировать от внешних физических и химических факторов [75-82].

Способы отработки угольных пластов. От выбора способа вскрытия и подготовки шахтных и выемочных полей зависит и дальнейшая безопасность эксплуатации, так как это отражается и на проектирование схем проветривания как одного из главных факторов самовозгорания при подземной добыче. Поэтому следует исходить из степени пожароопасности участков.

При выборе способов отработки наряду со способом проветривания следует учитывать риски подрезок сближенных пластов; возможности погашения выработанных пространств по мере подвигания очистного забоя; изоляцию выемочных полей при их отработке.

Необходимым условием возникновения эндогенного пожара является наличие разрушенного угля. При отработке мощных крутых пластов образование скоплений разрушенного угля возможно как в выработанном пространстве отрабатываемых участков вследствие потерь полезного ископаемого в процессе ведения очистных работ, так и у краевых частей межучастковых и межэтажных целиков в результате их разрушения горным давлением. Межэтажные целики являются источниками повышенной пожароопасности, вследствие того, что к определенному периоду ведения очистных работ они представляют собой концентрированные скопления разрушенного угля, через которые длительное время интенсивно просачивается воздух.

Профессором В.П.Зубовым был предложен способ обработки крутых пластов без оставления угольных межэтажных целиков, снижающий риск самовозгорания угольных целиков (рисунок 1.10). Особенность данного способа заключается в обработке пласта по этажам, которые разделяют на подэтажи. Первым в этаже обрабатывают нижний подэтаж с полным заполнением выработанного пространства закладочным материалом. Закладочный массив должен отвечать следующим основным требованиям: управляемость процесса перепуска закладочного материала в выработанное пространство обрабатываемого подэтажа; надежная изоляция выработанного пространства обработанных подэтажей от проникновения в него кислорода – воздуха из обрабатываемых подэтажей. Обработку остальных подэтажей в пределах этажа ведут последовательно в нисходящем порядке [76, с.34].



1 – этажный откаточный квершлаг; 2 – границы выемочного участка; 3 – наклонный этажный вентиляционный квершлаг; 4 – этажный откаточный квершлаг отработанного этажа; 5 – подэтажные квершлагы; 6 – подэтажные штреки; 7 – обрабатываемая заходка; 8 – закладочный массив; H – высота обрабатываемого этажа; h – наклонная высота подэтажей (кроме нижнего подэтажа); h_n – наклонная высота n -го (нижнего) подэтажа; L – размер выемочного блока по простиранию

Рисунок 1.10 - Рекомендуемая технологическая схема обработки мощных пластов угля, склонных к самовозгоранию

Применение антипирогенов. Антипирогены используются для максимального торможения (замедления) процессов окисления и самовозгорания угля. Их применяют как для предварительной обработки целиков угля, так и для профилактики появления очагов самонагрева в отвалах и штабелях пород и угля. На сегодняшний день разработано множество видов антипирогенов, воздействующие на поверхность угля определенным образом, снижая окислительную активность, замедляя процессы и сродство реагирующих вещества, отводя кислород заполняя поры и трещины и т.д. При продлении срока хранения угля

должен учитываться температурный режим угля за весь срок его хранения, а для сортовых углей и антрацитов – изменение их фракционного ситового состава.

Так, по механизму действия антипирогены можно разделить на несколько групп:

- химическое ингибирование окислительных процессов;
- изоляция поверхностей горючих материалов различными веществами;
- блокировка пор в угле и трещиноватых массивов, затрудняющий диффузию кислорода внутрь куска угля или ограничения потока воздуха через угольный массив.

В горной промышленности первыми испытаниями антипирогенов занимались известные деятели Скочинский и В.М. Маевская, которые предлагали использование целого ряда ингибиторов для предупреждения самовозгорания в штабелях и породных отвалах., например, фенольного типа (фенол и многоатомные фенолы).

Авторами был предложен антипироген на основе нейтрализованного черного контакта (водный раствор кальциевых или натриевых солей сульфокислот, получаемых из отбросных кислых гудронов) [82], который образуя труднорастворимые сульфат кальция и кальциевые соли арилсульфокислот, тампонирует поры угля и создает гигроскопичную воздухонепроницаемую пленку, блокирующую активные центры на поверхности угля. Недостатком является его повышенное коррозионное действие на металлические поверхности и резкий запах аммиака.

В дальнейшем комплекс профилактических мер самовозгорания на разрезах пополнился разработками новых огнезащитных составов [83].

На наш взгляд, наиболее безопасным и эффективным является применение огнезащитных покрытий образующие защитных слоев из твердых, жидких и газообразных веществ на поверхности, которые тормозят процесс окисления, прекращая доступ воздуха к поверхности угля при этом не вступая в реакцию с композитом угля и не нарушая его потребительских свойств, при всем этом промышленно доступные и относительно недорогие. Например, полимеризованные непредельные углеводороды (каучук, полихлорвинил), сложные эфиры непредельных кислот (высыхающие масла), полимеризованные альдегиды и кетоны (смолы). Прочные эластичные пленки, хорошо предохраняющие уголь в штабелях от окисления, дают смеси латекса и жидкого стекла в разных соотношениях, а также водный раствор малярного клея. Данные соединения образуя пленку на поверхности штабеля обладают высокой степени гидроизоляции, устойчивостью к атмосферному и химическому воздействию, что очень важно при использовании в различных климатических условиях.

Штабелирование и укладка угля. Формирование штабелей и организация складских территорий являются частью добычных работ, для чего разрабатывается ряд регламентов, технологических схем с приведением математических расчетов и

моделирования. Известны запатентованные технологии складирования и формирования отвалов, направленные на рациональное использование промышленных территорий, удобства дальнейшей погрузки и профилактики самовозгорания и выветривания как основной задачи проекта.

Основными принципами профилактики самовозгорания при укладывании угля являются негорючее основание штабеля, послойное укладывание штабелей с уплотнением каждого слоя отдельно, ограничение высоты, изоляция штабелей антипирогенами, контроль за температурным режимом штабелей.

Якутским институтом горного дела Севера имени Н.В. Черского Сибирского отделения Российской Академии наук предложены несколько способов штабелирования и транспортирования угля предусматривающие меры по продлению сроков хранения угля [84-86].

Одна из предложенных технологий предусматривает разделение угля на мелкую и крупную фракции перед транспортировкой, при упаковке мелкого угля в мешки в количестве 15% от общей массы перевозимого угля. В свою очередь, набитыми мешками возводят оградительные стенки, между которыми и размещается основная масса угля. Незатаренный уголь покрывается воздухонепроницаемой пленкой (рисунок 1.11).

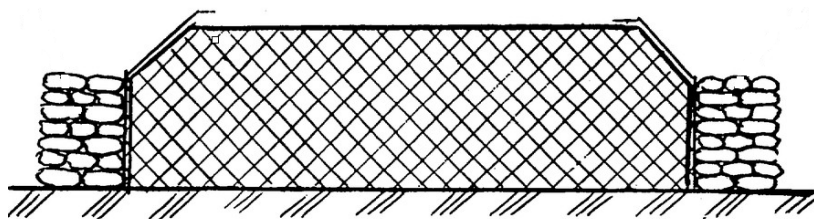
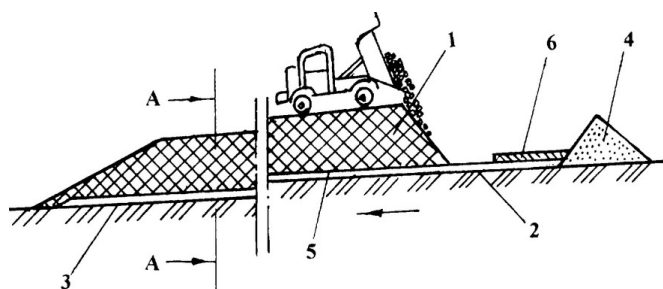


Рисунок 1.11 - Схема штабеля, уложенный по патенту РФ №2288155

Примечание – Составлено по источнику [84, с 1.]

Данная схема укладки угля пригодна для складов продукции при транспортировании и требует дополнительных трудозатрат, включая расходы на мешки и пленочный материал.

При формировании штабелей для более длительных сроков хранения на открытых промышленных площадках зарегистрирован способ укладки слоями и наращиванием защитной прослойки из льда путем распыления воды в холодной среде (рисунок 1.12).



1 - штабель угля; 2 - наклонная плоскость; 3 - основание штабеля; 4 – вал; 5 - слой льда; 6 - теплоизоляционный слой

Рисунок 1.12 - Схема штабеля по патенту РФ №2237001

Примечание – Составлено по источнику [85, с 1.]

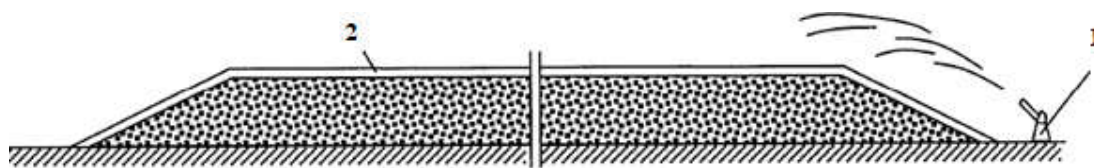
Для этого способ включает размещение полезного ископаемого на основании штабеля, уплотнение угля колесами автосамосвалов. При этом основание штабеля располагают на слабонаклонной плоскости поверхности и обваловывают его по контуру, с наступлением холодного периода года промораживают основание с поверхности, удаляя снежный покров, затем намораживают слой льда толщиной 15-20 см и закрывают его теплоизолирующим слоем, который непосредственно перед укладкой угля снимают и закрывают им сформированную часть штабеля. 2 ил.

Недостатком данного и ранее предложенного способов является ограниченность сезонностью исполнения работ, а именно, штабелирование угля возможна лишь в зимний период и сложностью оперативного контроля при таянии прослойки в более теплые сезоны.

Существуют способы формирования отвалов и штабелей полезных ископаемых с сообщением технических методов теплоотделения во время хранения. Одним из первых подобных способов явилась техника установки перфорированных труб из металла, обладающим высокой теплопроводностью, между слоями полезного ископаемого, которые служили средством теплоотведения и при активации окислительных процессов [87].

В последующем были предложены похожие механизмы, но с сообщением охлажденных инертных газов по путям перфорированных труб. Все эти способы в целом исполнимы в условиях угольных предприятий нашей страны, и остается лишь оценка рациональности подобных технологических оснащений.

Для применения на площадках Шубаркольского месторождения считаем приемлемым и эффективным послойный способ формирования штабелей с нанесением антипирогена при каждом наслаивании аналогично предложенному методу С.Е. Федоровой (рисунок 1.13).



1 – дождевая установка; 2 – защитная прослойка

Рисунок 1.13 - Способ формирования штабеля

Примечание – Составлено по источнику [88, с.188]

Автор рассматривала наращивание ледяной защитной прослойки при складировании угля в условиях длительной мерзлоты, более соответствующей лишь Северным регионам Российской Федерации. Однако, для применения в климатических условиях Центрального Казахстана, считаем, формирование защитной прослойки возможно добиться путем распыления антипирогенных веществ.

В работе [88, с.184] также приведены данные исследований влияния угла откоса на воздухопроницаемость угольных скоплений. Так, с уменьшением угла откоса с 37° до 25° снижается воздействие ветрового потока в 1,42 раза, что также может послужить полезной рекомендацией для профилактики выветривания и самовозгорания угля в условиях Шубаркольского меторождения.

Таким образом, геотехнологические факторы окисления угля являются контролируемыми и создают возможность разработки безопасных методов горных работ. В дальнейшем будет произведены попытки моделирования профилактики самовозгорания на стадиях вскрытия, отработки пласта и складирования угля для хранения.

2 АНАЛИЗ ГОРНЫХ РАБОТ НА ШУБАРКОЛЬСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ И НА ОБЪЕКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

2.1 Шубаркольское месторождение: геология, схемы разработки

Месторождение угля Шубарколь располагается в Карагандинской области в 500 км к юго-западу от города Караганды (рисунок 2.1).

Железнодорожной ветка длиной 112 км, ведущая к месторождению, подвязана к железнодорожному путепроводу Караганды–Жезказган. Также проложена автомобильная трасса, проходящая параллельно ж/д линии, сливающаяся с основной трассой А17 Караганды–Жезказган.



Рисунок 2.1 - Расположение Шубаркольского угольного месторождения и основной инфраструктуры

Шубаркольское месторождение поделено на три угольных разреза. Разрезы «Западный» и «Центральный» отрабатываются на сегодняшний день угольным предприятием АО «Шубарколь комир, участок «Восточный» планируется к отработке в будущем (рисунок 2.2).

Разведка Шубаркольского бассейна производилась в период 1952-1986 гг. Добычные работы на участке «Центральный» предпринимались в конце 1980-х и были возобновлены с 1997 года. А на участке «Западный» отработка началась в 1999 году [89].



Рисунок 2.2 - План Шубаркольского угольного бассейна, контрактных площадей, добычных участков и объектов месторождения

Район месторождения расположен в степной местности с плоским рельефом, с превышением поверхности от 440 до 490 м. Климат района резко континентальный с суровой зимой и жарким летом.

Шубаркольское угольное месторождение является частью ассиметричной мульды, длинная ось которой простирается на около 12 км в субширотном направлении с максимальной шириной 6-7 км, а максимальная глубина 150 м (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 - Геологическая структура и глубина Шубаркольского месторождения

Угли месторождения – юрского возраста. Выделено три угленосных горизонта: Верхний, Средний и Нижний. Мощность Нижнего горизонта до 50 м, и он включает в себя до шести в основном маломощных (0,2-1,5 м) угольных пачек с переслаивающимися осадками. Средний угольный горизонт – самый маломощный на месторождении, представляющий собой один пласт мощностью до 2,8 м.

Верхний горизонт состоит из трех основных пластов. Самый высокий пласт (2V) мощностью от 12,8 до 21,9 м (в среднем 18 м) отделен от пласта 1V прослойкой мощностью от 1 до 5 м. Мощность пласта 1V – от 8,3 до 12,0 м (в среднем 10,7 м). Самый нижний пласт – это пласт V0, мощность которого составляет от 1 м до 1,55 м (в среднем 1,2 м). Структура пластов Верхнего горизонта самая простая и наиболее выдержанная на севере и западе месторождения. Увеличение поступления наносов на юге и юго-востоке в момент отложения привело к образованию многочисленных прослоев и более низкому содержанию угля (рисунок 2.4).

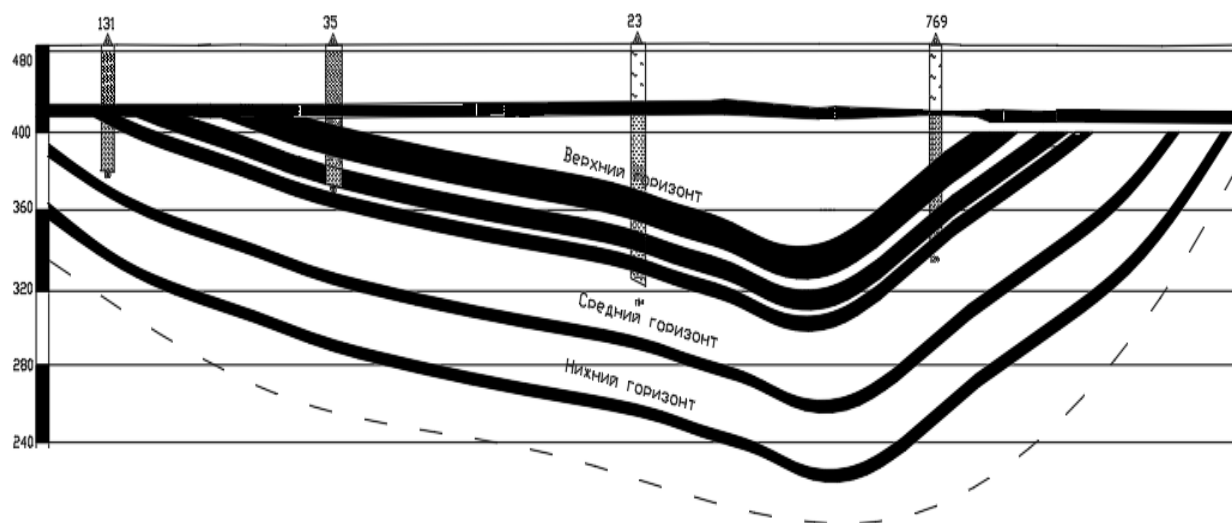


Рисунок 2.4 - Продольный разрез Шубаркольского месторождения

Шубаркольские угли – гумусовые энергетические угли, классифицируются под маркой Д (длиннопламенный), имеющие относительно низкую зольность на месте залегания (около 12%). Зольность чистого угля пластов, без включения прослоев, колеблется от 3,4 до 7%. Угли имеют низкое содержание серы (0,22%), выход летучих веществ 43-45 %, среднюю влагу 11-14%, выход летучих веществ от 45% и более и высшую теплоту сгорания 7400 ккал/кг. Имеет хорошие технические спецификации для использования в качестве сырья для производства низкотемпературного кокса [90].

Сводка по качеству угля Шубаркольского угольного месторождения представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Показатели качества угля по каждому пласту

Пласт	2V	2V2+3+4	2V4	2V3	2V1	1V	1V2	1V22	1V12	1V1
Марка	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Зольность рядового угля (% DB)	7,2	2,7	7,4	9,4	18,7	14,6	11,4	9,3	5,2	10,5
Влага связанная (%)	6	6,3	5,2	7,6	5,1	8,3	4,8	5,7	8,2	6,1
Выход летучих (% DAF)	44,1	43,7	44,3	42,3	44,3	43	43	43,1	42,9	41,9
Сера общая (% DB)	0,36	0,26	0,29	0,36	0,5	0,44	0,34	0,49	0,57	0,55
Фосфор (% DAF)	0,014	0,014	0,036		0,023	0,01	0,01	0,01	0,009	0,007
Водород (% DAF)	5,44	5,3			5,63	5	5,62	5,16	4,89	5,19
Углерод (% DAF)	77,4	76,65			77,14	78,02	77,13	76,6	75,12	76,94
Теплота сгорания DAF (МДж/кг)	31	32,9	30,62	30,25	31,33	30,19	30,59	31,18	31,41	30,8
Примечание – Составлено по источнику [91]										

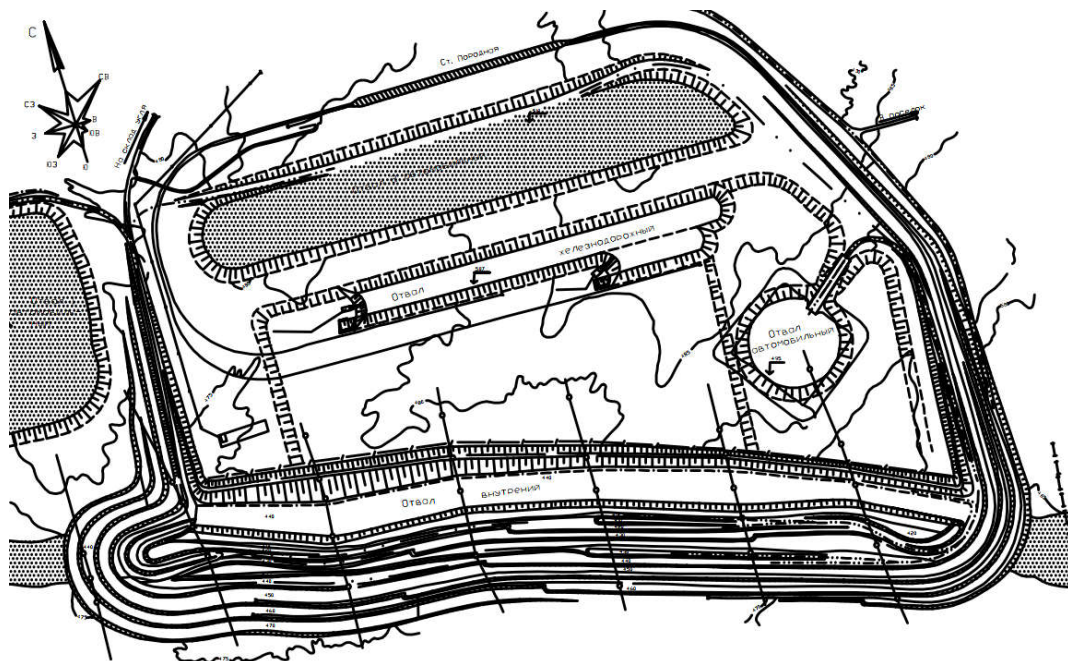


Рисунок 2.5 – Схема вскрытия Шубаркольского месторождения

На Центральном разрезе используется исключительно транспортная схема отработки с использованием экскаваторов и самосвалов. Три рабочих забоя простираются в длину 4 км. Выемка первых 10 м - 13 м вскрыши мягкой пород на разрезе осуществляется без буровзрывных работ. Все другие уступы, включая уголь, разрабатываются с использованием буровзрывных работ.

Для перемещения пустой породы на участки закладки и отвалы работают 3 драглайна с объемом ковша 10 м³.

В целях минимизации зольности для сохранения теплотворных свойств добыча угля ведется селективно. Уголь загружается с помощью канатных экскаваторов с электрическим приводом и с объемом ковша 5-10 м³ на небольшие самосвалы, особенно для крупного угля, во избежание измельчения угля.

Уголь подается на дробилку внутри разреза и на конвейер, затем на ж/д перевалочный пункт и склад. Сортировочная установка с годовой производительностью 4 700 000 тонн подает уголь прямо на склад и ж/д перевалочный пункт. Высокозольный уголь подается на отдельный склад.

Вскрыша вывозится на самосвалах крупнее и загружается также крупными экскаваторами на уступах.

Участок Западный отрабатывается аналогичной транспортной схемой. Ширина уступов достаточно большая для использования на них более крупных экскаваторов и самосвалов (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 - Вид на разрез «Западный», 2018 г. (вид на юг)

Горные машины и оборудование рассчитаны на отдельные участки, но при необходимости используются и на других участках. Дорожная инфраструктура и уклоны запроектированы для двухстороннего движения самосвалов грузоподъемностью 220 тонн.

На обоих разрезах отдельные сортировочные комплексы производительностью 4,7 млн т и 4,0 млн т в год, которые производят разделение фракций 0-50 мм, 20-50 мм и 50-300 мм.

На разрезе Центральный самосвалы перевозят уголь на конкретные склады, отведенные на разные зольности, после чего уголь грузится на два конвейера и доставляется на сортировочный комплекс, и после сортировки загружается в ж/д вагонетки.

На участке Западный уголь доставляется на сортировочный комплекс самосвалами из угольных забоев. Самосвалы также направляются на конкретные склады, основываясь на зольности при полной загрузке мощностей сортировочного комплекса.

Перечень оборудования для погрузки и транспортировки представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Горная техника, используемая на разрезах Шубаркольского месторождения

<i>Наименование техники</i>	<i>Размер оборудования</i>	<i>Центральный</i>	<i>Западный</i>	<i>Итого</i>
<i>Оборудование для погрузки</i>				
Экскаватор для угля	5 м³	9	6	15
Экскаватор для вскрыши	8 м³	1	3	4
Экскаватор для вскрыши	11 м³	1	1	2
Экскаватор для вскрыши	12.5 м³	2	0	2
Экскаватор для вскрыши	21 м³	2	1	3
Канатные экскаваторы	10 м³	2	1	3
Канатные экскаваторы	5 м³	1	0	1
Драглайны	10 м³	3	0	3
<i>Оборудование для транспортировки</i>				
Самосвалы БелАЗ	45 т	9		
Самосвалы Hitachi	60 т	20		
Самосвалы БелАЗ	90 т	1		
Самосвалы БелАЗ	130 т	7		
Самосвалы Hitachi	185 т	4		
Самосвалы БелАЗ	220 т	10		
<i>Конвейеры</i>				
Конвейер для угля	-	2	н/д	2

На каждом угольном забое производится периодический контроль зольности и принимаются решения для отгрузки на конкретные склады. На Шубаркольском месторождении выделены площадки для семи складов угля с зольностью 6, 7, 10 и 20%.

Для сбора грунтовых вод на нижнем горизонте участка Центральный сформирован отстойник-зумпф, откуда вода откачивается в испарительный пруд насосами производительностью 300 м³/ч и 180 м³/ч, что удовлетворяет необходимость в период наибольших осадков. По наблюдениям разрез Западный оказался относительно сухим и на данном этапе не требует конструкций для откачивания подземных вод.

Таким образом, при добычных работах, включая вскрышные работы, отвалообразование и складирование угля, в основном применяется автомобильный транспорт, что является лишним воздействием на разрушаемость угля при частых механических манипуляциях на угольную породу и разделенные фракции. Взрывные работы несмотря на селективность выемки также создает риск для возникновения очагов самовозгорания. Поэтому при недостаточной отработке, очистке уступов, неполного завершения и закладки отработанных участков вероятность самовозгорания угольной породы высока (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 - Возгорание угольной породы на разрезе Западный

Примечание – Составлено по источнику [92]

2.2 Технологическая схема использования спецкокса на АО «Казхром»

Вопросы хранения спецкокса, его безопасная транспортировка с сохранением его потребительских свойств оказалось сложной задачей некоторых потребителей. Так, Актюбинский завод ферросплавов испытывает затруднения с сохранностью спецкокса на своих производственных объектах, и по наблюдениям, применяемая технология осушения и хранения сырья приводят к случаям самонагревания и самовозгорания спецкокса, и как следствие к убыткам и нарушению технологического процесса.

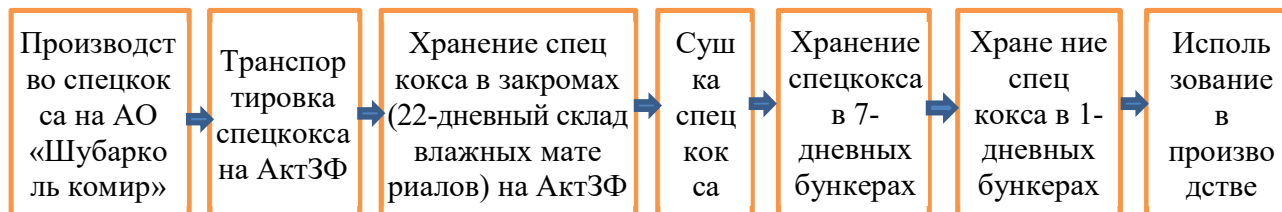


Рисунок 2.8 - Технологическая схема производства и использования спецкокса

Производство спецкокса на базе АО «Шубарколь комир» составляет 300 000 тонн спецкокса в год (в пересчете на сухой продукт). Товарной продукцией являются (таблица 2.3):

- спецкокс фракции >5 мм в количестве 255 269 т/год по сухому весу;
- спецкокс фракции <5 мм в количестве 45 048 т/год по сухому весу;
- смола в количестве 32 046 т/год.

Сырьем для производства спецкокса является каменный уголь Шубаркольского разреза, что соответственно, также входит в объекты интересов исследования.

Таблица 2.3 - Общая характеристика спецкокса «Сарыарка Спецкокс»

Показатель	Крупность, мм	Сернистость, %	Зольность, %	Выход летучих веществ, %	Реакционная способность, см ³ г - с	Структурная прочность, %	Влажность, %	Удельная поверхность, м ² /г	Пористость, %	Ств, %
Значения	5,0-40,0	<1,0	6,0-10,0	4,0-7,0	1,0-1,5	67,4	15,0-20,0	3,0	22,0-25,0	88,0

Поступающий на АктЗФ спецкокс разгружается в 2 бункера под вагоноопрокидывателем общей вместимостью спецкокса 98 тонн или разгружается в бункеры участка ручной выгрузки, где 2 бункера вместимостью 158 тонн спецкокса. Затем спецкокс по галерее поступает на склад влажных сырьевых материалов, где спецкокс размещается в 3 закрома, куда помещается 21 772 тонны спецкокса, когда как недельная потребность составляет 10 920 т.

Основная масса спецкокса хранится в условиях отсутствия теплообмена спецкокса с окружающей средой. Из-за нагрева спецкокса до критической температуры происходит самонагревание. Зарождению очагов самовозгорания способствует также высота штабеля около 10 м, при абсолютном отсутствии теплового контроля, несменяемости нижних слоев штабеля.

При выгрузке сырья из закромов используется верхний забор с помощью подвижного реклеймера, который в силу конструктивных особенностей закрома не способен производить полную выемку спецкокса, что приводит к образованию мертвой зоны невыбранного сырья высотой 0,5 м. Данный слой засыпается сверху вновь поступившим влажным спецкоксом и остается источником повышенного окисления (рисунок 2.9).

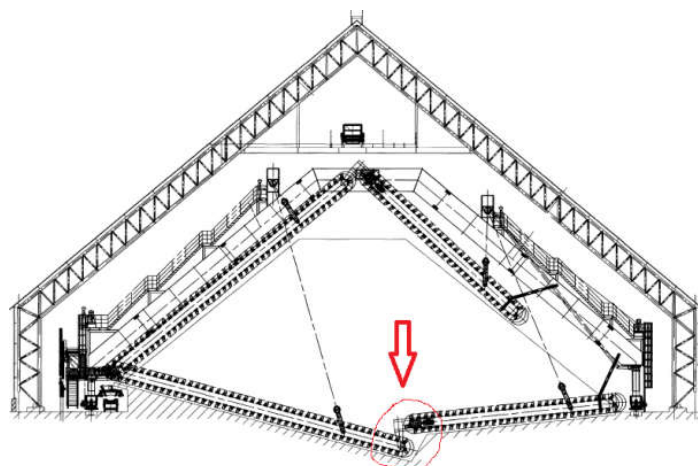


Рисунок 2.9 - Существующая схема работы реклэймера

Примечание – Составлено по источнику [93]

По причине отсутствия теплообмена и несоблюдении условий хранения на складе влажных материалов происходит 50% самовозгораний (рисунок 2.10).



а

а – Возгорание спецкокса в закрое

Рисунок 2.10 - Возгорание спецкокса в закрое, лист 1



б

б - Возгорание спеккокса в закроме (увеличенный вид)

Рисунок 2.10, лист 2

Примечание – Составлено по источнику [93]

Таким образом, вследствие недостаточности вентиляции, верхней загрузки и разгрузки нижние слои штабеля спеккокса подвергаются самовозгоранию благодаря отсутствию теплоотвода и изоляции от атмосферного кислорода.

С целью снижения самонагревания и самовозгорания углеводородного сырья при хранении необходимо производить периодическую полную отгрузку материала, согласно техническому регламенту «Требования к безопасности углей и производственных процессов их добычи, переработки, хранения и транспортировки».

Из склада влажных сырьевых материалов спеккокс поступает в 2 осушительные системы, мощностью 65 тонн/час и поддержкой температуры до 700°C. Перед загрузкой в сушильную камеру, с помощью разгрузочного устройства, спеккокс подаётся на конвейер, который транспортирует спеккокк в сушильную систему, где влажность спеккокса снижается с 18-20% до 2-4% (рисунок 2.11).

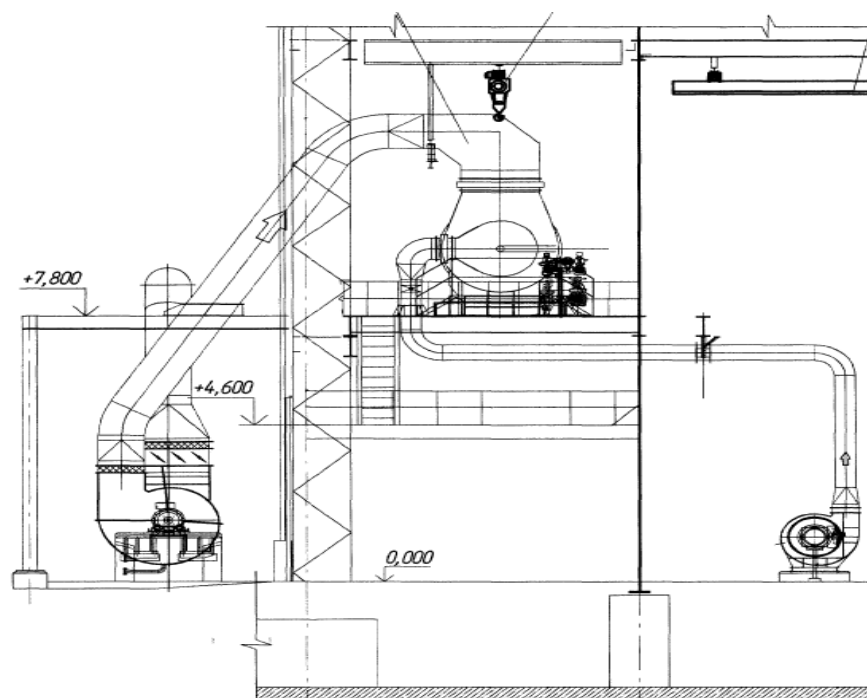


Рисунок 2.11 - Схема сушки сырья

Примечание – Составлено по источнику [93]

Одна из сушильных систем выделена для сушки спецкокса и адаптирована для достижения влажности сырья 4 % на выходе.

В силу технологических параметров сушки при выходе из ротационной колонны, температура спецкокса составляет 120-130°C, что существенно превышает критическую (более 60°C). Так, очевидно, что сообщение внешнего тепла является причиной самовозгорания в последующей цепочке его использования.

Поэтому необходимы технологические меры по снижению температуры спецкокса после сушки.

После сушки спецкокс поступает на склад сухих сырьевых материалов, где есть 4 бункера объемом 1 220 м³ и 4 объемом 1 300 м³. Общий объем 10080 м³, куда помещается 7 258 тонн спецкокса. Спецкокс поступает в 7-дневные бункеры с температурой более 100°C. Большие размеры 7-дневного бункера не способствуют проветриванию и теплообмену нагретого спецкокса с окружающей средой (рисунок 2.12).

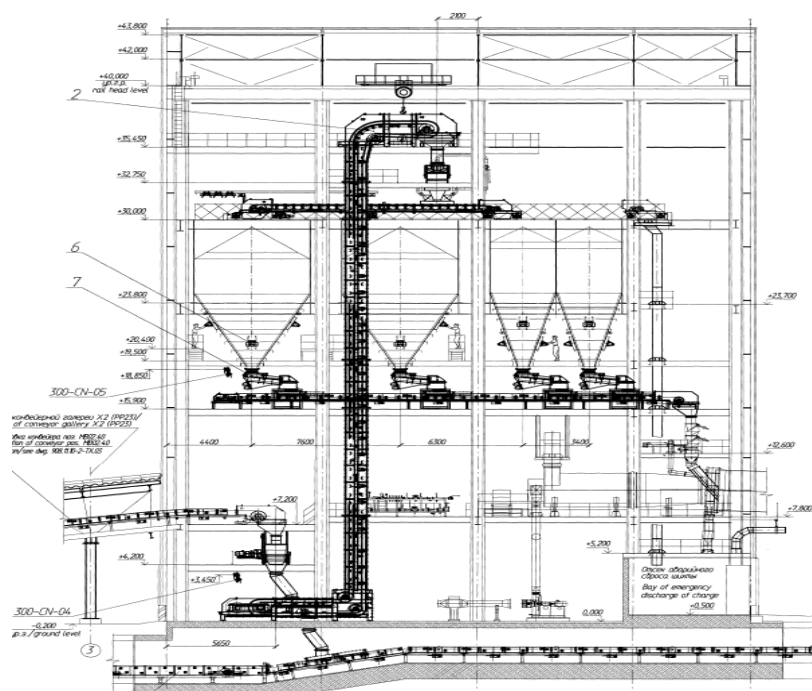


Рисунок 2.12 - Фрагмент технологической схемы погрузки на склад 7 – дневного хранения сухого сырья

Примечание – Составлено по источнику [93]

Из 7-дневного бункера спецкокс поступает в двенадцать 1-дневных бункеров общим объемом 2 232 м³, которые могут одновременно вмещать 1 607 тонн. Бункер закрытого типа препятствует проветриванию и теплообмену нагретого спецкокса с окружающей средой.

Таким образом, в производстве горных работ и управления качеством угольной продукции присутствуют элементы, не препятствующие и даже способствующие окислению угля и спецкокса, тем самым снижая потребительскую ценность и технологические характеристики.

Механизированная транспортная система отработки угольных пластов, достаточно продленный фронт очистного участка и генетические характеристики угля

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. ПОЛЕВЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АНТИПИРОГЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

3.1 Описание методологии и полевых работ

Шубаркольские угли изучены в достаточной мере для суждения об их склонности к окислению, определены марки и классы углей, в результате чего выпущен отдельный нормативный акт – СТ РК 1526 [94], учитывающий технические условия и классификацию углей разрезов Центральный и Западный. Согласно данным настоящего стандарта угли отнесены к каменной технологической марке и подгруппы ДВ -Длиннопламенный витринитовый. В силу высокого содержания витринита в составе уголь по СТ РК 1382 отнесен к неустойчивым к окислению и рекомендованный предельный срок хранения на складах обозначен сроком в 6 месяцев при соблюдении технологий складирования и штабелирования. Вопросы выветривания угля при хранении и транспортировки также упомянуты в стандартах и техническом регламенте [95-99], что указывает на то, что вопросы складирования и отпуск продукции потребителям является важнейшей проблемой, требующей постоянного развития способов профилактики окисления угля на базах предприятия и площадках складирования.

Несмотря на разработанность вопроса окисления углей, технологий добычи, хранения предприятиями и государством по сегодняшний день вырабатываются программы и технологические регламенты по сохранению потребительских свойств полезного ископаемого. Так в 2019 году начата разработка отдельного технического регламента по требованиям к качеству углей и продуктам их переработки, в котором планируется внести четкие рекомендации по складированию и условиям хранения продукции, при этом до сих пор предприятия руководствовались документом от 17 июля 2010 года [95]. По факту руководство АО «Шубарколь комир» и ERG озабочены решением проблемы выветривания, сохранения класса крупности угля и самовозгорания спецкокса на предприятиях конечного пользователя.

В связи с этим рабочей группой КарТУ предпринимались полевые исследования по поиску путей сохранения потребительских свойств угля и продуктов переработки в рамках сроков хранения и в лучшем случае их продления.

По наличию научно-технической базы была разработана программа проведения полевых исследований, прослеживания динамики развития первичных признаков окислительных процессов, изменению и потери физико-химических свойств продукции Шубаркольского предприятия в течение 6 месяцев, как утверждено в стандартной документации предприятия.

Для предотвращения окисления с момента вскрыши до отгрузки полезного ископаемого требуется пересмотр полного цикла производственных операций. Однако, изучив влияние горнотехнических и генетических факторов, влияющих на окисление и самовозгорание, возможно ограничиться мерами не вносящих

принципиальных изменений, требующих больших капиталовложений и долгосрочных испытаний, экспертиз.

Обозревая причины, факторы, усугубляющие естественные процессы разрушения угля и доступные меры их профилактики был разработан план исследовательских работ, включающий полевые и лабораторные испытания эффективности предупреждающих мероприятий.

В качестве основного метода, предотвращающего окисление угля в штабелях, был выбран способ покрытия угольной поверхности антипирогенными материалами. Выбор определен прежде всего рациональностью предлагаемых мер и отсутствия пагубного эффекта на операции по отработке разреза.

Отслеживание изменения первоначального физико-химического состояния штабелей, покрытых различными антипирогенными материалами, с течением времени, на наш взгляд, является наиболее доступным способом наблюдения динамики разрушения структуры угля, его самонагревания и выявления наиболее эффективных антипирогенных материалов.

В качестве покрытия были выбраны антипирогены, рациональные концентрации и соотношения которых испытаны ВостНИИ [99]. В таблице 3.1 приведены антипирогенные материалы, доступные на рынке промышленной химии в регионе.

Таблица 3.1 - Эффективные концентрации веществ для антипирогенного покрытия

<i>Наименование вещества</i>	<i>Эффективная концентрация в водном растворе, %</i>
Хлористый кальций	10-20
Марганцевоокислый калий	0,20-0,25
Мочевина	3-5
Жидкое стекло	2-10
Поверхностно-активные вещества (ПАВ) «Прогресс», «Лотос», «Вихрь»	1-5
Известковое молоко	5-10
Инертная пыль	10-20

Представленные антипирогены несмотря на обоснованность применения в промышленности, обладают и рядом недостатков и могут пагубно влиять на качественные характеристики угольной продукции, воздействуя химически или создавая смесь лишних неорганических примесей, однако, данные материалы никогда не испытывались на Шубаркольских углях и в условиях местного региона. На сегодняшний день продолжают появляться новые антипирогенные агенты, предотвращающие самовозгорание при хранении и транспортировке угля, однако, экономическая составляющая требует ограничения рассматриваемых технологий [78, с.104; 99, с.42-44; 100-103].

Ниже приведены краткие описания основных материалов, выбранные для испытания. Следует отметить, что приведенные в таблице 1 антипирогены использовались с 80-х годов и были по прежнему одобрены для пользования и при современных технологических условиях соседних стран в силу своей рациональности [104]:

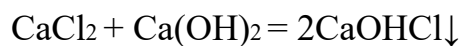
1. Гидроксид кальция (гашеная известь) принято считать эффективным антипирогеном, ингибирующим окислительные процессы в угольном массиве. Однако, есть замечания по ее универсальности и в зависимости от марки угля может оказать обратное действие, усугубляя разрушение угольной структуры. Недостатками являются высокая щелочность, плохая растворимость в воде, что затрудняет процесс равномерного покрытия штабеля, способность осаждения на дно емкости при хранении. Поэтому эффективность гашеной извести необходимо оценить, испытывая в полевых условиях.

2. Инертная пыль, приготовленная из известняка, уменьшает вероятность окисления угля за счет механической изоляции его поверхности. Поэтому их эффективность зависит от теплоёмкости и плотности. Теплоёмкость твердых веществ обычно редко отличается от 1 кДж/кг·К. Поэтому при выборе антипирогена необходимо обратить внимание на его плотность. Одна и та же масса порошка при низкой плотности сможет изолировать большую поверхность. Кроме того, легкий порошок переносится с попутным потоком воздуха на большие расстояния, чем обеспечивает значительную площадь защиты.

Однако, следует отметить, что для надежной изоляции поверхности угля от воздуха требуются значительные количества твердых антипирогенов. Применение растворенных веществ может оказаться экономически более оправданным.

3. Смесь известкового молока и хлористого кальция является плотным изолирующим и одновременно химически ингибирующим антипирогеном. Но необходимо соблюдать осторожность при приготовлении подобных смесей, так как они могут потерять свои свойства.

Например, при смешивании может пройти реакция образования малорастворимой основной соли:



4. Пленкообразующие антипирогены – материалы, которые формируют твердую, но достаточно эластичную пленку, обладающую хорошей адгезией. В качестве пленкообразующего агента в нашем случае применяется смесь жидкого стекла и хлористого аммония.

Перечень материалов был дополнен также наличествующей на производственной базе в большом количестве фенольной воды, вторичного продукта коксования.

Во многих инструкциях профилактических мероприятий рекомендуются к использованию полимерные материалы, которые, очевидно, в силу своей инертности могут считаться эффективными и безвредными материалами для покрытия штабелей и угольных массивов при открытых горных работах. Подобные материалы уже благополучно используются в шахтах Карагандинского угольного бассейна для изоляции горных выработок, формирования креплений и других работ [105].

Для исполнения экспериментальных исследований по предотвращению выветривания и влиянию способов, увеличивающих сроки безопасного хранения рядового, энергетического угля и произведенного спецкокса были сформированы и обработаны 47 штабелей из них 3 штабеля по 50 тонн, 44 штабеля по 12 тонн. Нижеприведенные таблицы 3.2-3.5 отражают лишь часть штабелей, которые, на наш взгляд, представляют интерес для обзора в данной работе. Штабели формировались для испытания в период повышенных осадков на открытых и закрытых угольных складах.

Таблица 3.2 – Рядовой уголь повышенной крупности в закрытом складе

<i>№ шт.</i>	<i>Применяемые меры</i>
1.1.1	Контрольный
1.1.2	Без применения
1.1.3	С покрытием Капцем – цементно-минеральной смесью (Минова)
1.1.4	С Текфлекс – полимерным покрытием (Минова)
1.1.5	С покрытием трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал)
1.1.6	С применением антипирогена 3% мочевины + 2% хлористого кальция
1.1.7	С применением антипирогена 5% известкового молока + 4% хлористого кальция
1.1.8	С применением антипирогена 5% жидкого стекла + 1% ПАВ (Прогресс)
1.1.9	С применением антипирогена 3% сернокислого аммония + 3% углекислого кальция
1.1.10	С применением антипирогена 10% инертной пыли + фенольная вода

Таблица 3.3 – Рядовой уголь повышенной крупности на открытом складе

<i>№ шт.</i>	<i>Применяемые меры</i>
1	2
1.2.1	Контрольный
1.2.2	Без применения
1.2.3	С покрытием Капцем – цементно-минеральной смесью (Минова)
1.2.4	С Текфлекс – полимерным покрытием (Минова)
1.2.5	С покрытием трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал)
1.2.6	С применением антипирогена 3% мочевины + 2% хлористого кальция
1.2.7	С применением антипирогена 5% известкового молока + 4% хлористого кальция

Продолжение таблицы 3.3

1	2
1.2.8	С применением антипирогена 5% жидкого стекла + 1% ПАВ (Прогресс)
1.2.9	С применением антипирогена 3% сернокислого аммония + 3% углекислого кальция
1.2.10	С применением антипирогена 10% инертной пыли + фенольная вода
1.2.11	С покрытием Геофом – органоминеральной смолой (Минова)
1.2.12	С покрытием Экофлекс (Минова)
1.2.13	С Текфлекс-М – полимерным покрытием (Минова)

Таблица 3.4 – Рядовой энергетический уголь на открытом складе

№ шт.	Применяемые меры
3.1	Контрольный
3.2	Без применения
3.3	С применением антипирогена 3 % мочевины + 2 % хлористого кальция
3.4	С применением антипирогена 5 % известкового молока + 4 % хлористого кальция
3.5	С применением антипирогена 5 % жидкого стекла + 1 % ПАВ (Прогресс)
3.6	С применением антипирогена 3 % сернокислого аммония + 3 % углекислого кальция
3.7	С применением антипирогена 10 % инертной пыли + фенольная вода
3.8	С послойным (0,5 м) складированием и уплотнением
3.9	Со смачиванием угля 2-3 % водной суспензией гашенной извести
3.10	С покрытием штабеля жидким раствором глины
3.11	С покрытием штабеля смесью глины с песком и известью
3.12	Укладка в траншеи с формированием крыши из глины

Аналогичные покрытия использовались при закладывании штабелей спецкокса (таблица 3.5), произведенного из исследуемого угля. Антипирогены для использования были подобраны исходя из различных научных исследований отечественных и зарубежных ученых и с учетом сродства климатических кондиций региона.

Таблица 3.5 – Спецкокс на открытом угольном складе

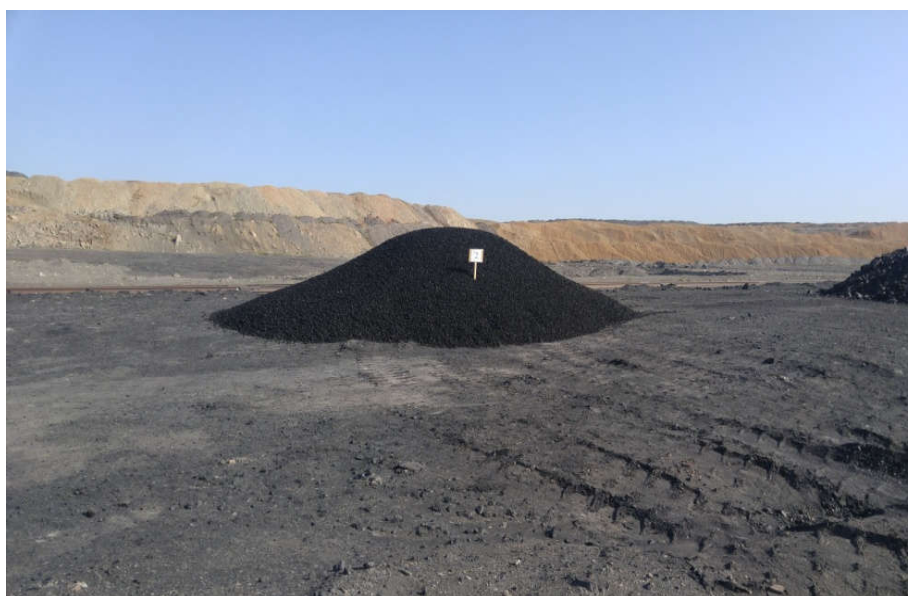
№ шт.	Применяемые меры
1	2
1к	Контрольный штабель фракции спецкокса 0-10
2к	Контрольный штабель фракции спецкокса 10-25
3к	Контрольный штабель фракции спецкокса 25-40
1.1к	С Текфлекс - полимерным покрытием (Минова)
1.2к	С применением антипирогена 3% сернокислого аммония + 3% углекислого кальция
1.3к	С покрытием смеси жидкой глины и песка
1.4к	С покрытием трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал)
2.1к	С Текфлекс - полимерным покрытием (Минова)
2.2к	С применением антипирогена 3% мочевины + 2% хлористого кальция

Продолжение таблицы 3.5

1	2
2.3к	С покрытием смеси глины, песка и извести
2.4к	С покрытием трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал)
3.1к	С Текфлекс - полимерным покрытием (Минова)
3.2к	С применением антипирогена 10% инертной пыли + 1% ПАВ
3.3к	Со смачиванием угля 2-3% водной суспензией гашенной извести
3.4к	С покрытием трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал)



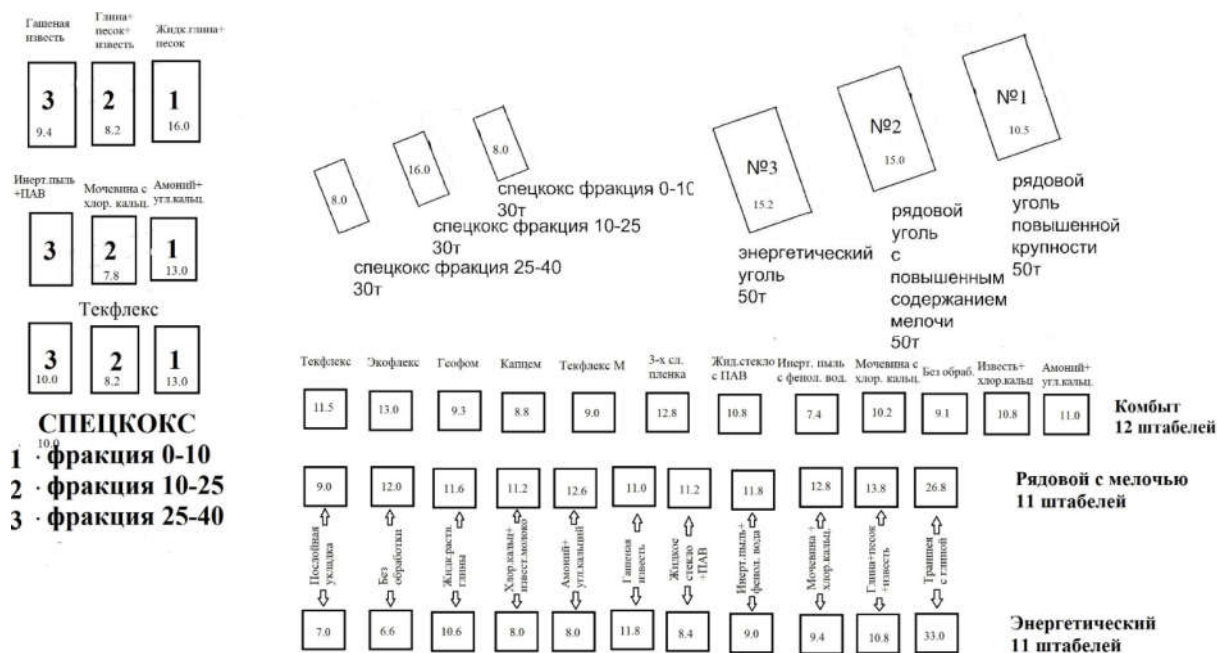
а



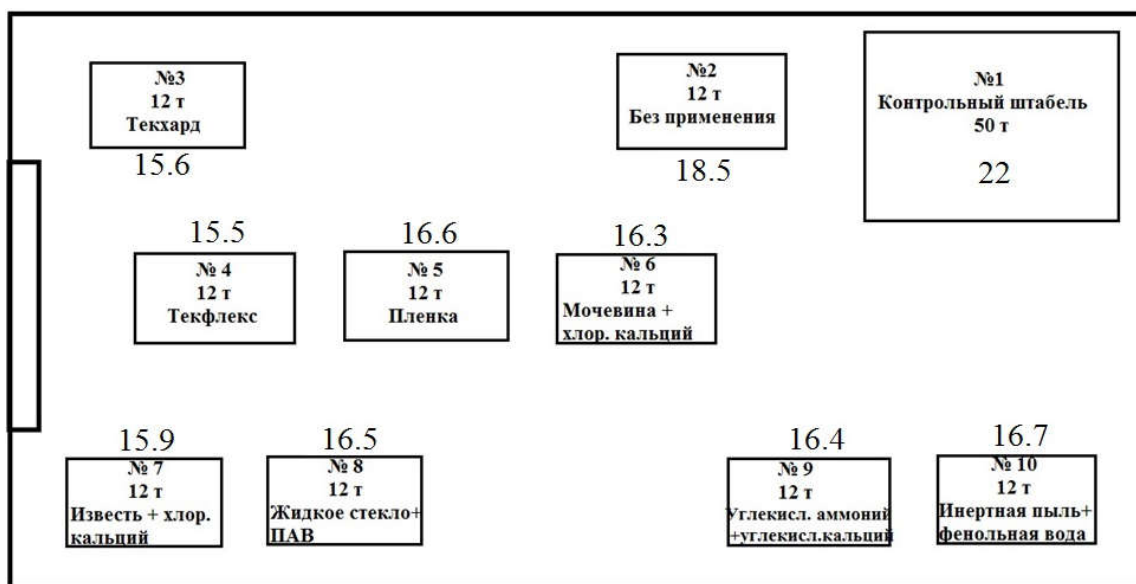
б

а - исследовательский штабель №1 со спецкоксом с крупностью фракции 0-10 мм; б - Исследовательский штабель № 2 со спецкоксом с крупностью фракции 10-25 мм

Рисунок 3.1 – Штабели угля и спецкокса на железнодорожном тупике №7 Шубаркольского месторождения



а



б

а - схема расположения штабелей на открытом хранении; б - схема расположения штабелей в закрытом складе

Рисунок 3.2 – Схема расположения испытываемых штабелей

Для отслеживания и оценки изменения качественных характеристик производились ежемесячные заборы и полевые испытания температуры штабелей и сохранности крупности путем ситового анализа. Для оценки изменения качественных характеристик производились технический анализ угля и спецкокса

с каждого забора. Калориметрические характеристики вычислялись приблизительно по формуле, предложенной специалистами Разрезоуправления «Уртуйское» ОАО «ППГХО» [106].

Ситовый анализ выбран прямым методом мониторинга интенсивности процессов выветривания, так как нарушение фракционного состава происходит в результате окислительных процессов, которые потенциально приводят к самонагреванию и последующему возгоранию. Поэтому штабели основная цель производимых работ обнаружить наиболее действенное покрытие или способ укладки штабеля, максимально сохраняющий крупность угля. А изменения теплотворных и физико-химических свойств будут оценены как первичные признаки потери потребительских свойств и потенциальные предпосылки к процессам самовозгорания, что, разумеется, было маловероятным наблюдать в малогабаритных штабелях.

3.2 Исследование генетических признаков Шубаркольского угля

Так называемые генетические характеристики угля прежде всего связаны с происхождением угольного вещества в процессах генезиса и метаморфизма. В это понятие входят особенности минералогического содержания части углей и их петрографический состав. Как рассматривалось в предыдущих главах работы оценка как неорганического, так и петрографического составов дают возможность оценить склонность угля к окислению и в зависимости выраженности тех или иных особенностей вырабатываются меры по сохранности и предотвращению окислительных процессов в момент отработки разрезов, очистных работ подземных шахт и складирования угольной продукции на поверхность земли.

Последние известные нам исследования влияния генетических свойств углей на склонность к окислению проводились в НУИЛ «Физико-химии углей» НИТУ МИСиС под руководством доктора технических наук и профессора С.А. Эпштейн. Так, в работе [107] произведена классификация и ранжирование углей месторождений РФ по группам склонности к окислению. Вместе с тем, приведены и описаны методики проведения оценки окисленности путем термогравиметрии, определения концентрации и форм присутствующего железа инструментальными способами. О роли ионов железа в процессах окисления и самовозгорания упоминалось также в предыдущих главах литературного обзора.

3.2.1 Определение состава неорганической части углей Карагандинского угольного бассейна

В рамках проекта хозяйственно-договорных работ произведен анализ образцов золы угля и спецкокса методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой был определен элементный состав угля Шубаркольского месторождения на базе испытательной лаборатории ТОО «Азимут Геология» (Приложение А).

В нижеуказанной таблице 3.6 приведены значения металлов контрольных штабелей угля и спецкокса [108].

Таблица 3.6 - Элементный состав угля и спецкокса Шубаркольского месторождения

Наименование объекта		Уголь	Спецкокс 0-10
определяемые элементы		содержание, %	
Серебро	Ag	<0,00001	<0,00001
Алюминий	Al	8,1	7,7
Кадмий	Cd	0,000006	0,000020
Хром	Cr	<0,0007	<0,0007
Медь	Cu	0,0006	0,0012
Железо	Fe	0,47	1,22
Марганец	Mn	0,049	<0,008
Молибден	Mo	<0,000045	0,000092
Никель	Ni	<0,0008	0,0013
Свинец	Pb	<0,0008	<0,0008
Сурьма	Sb	<0,00002	<0,00002
Олово	Sn	<0,00008	<0,00008
Цинк	Zn	0,008	0,009

В результате анализа в угле и спецкоксе Шубаркольского месторождения, наибольшее содержание показали элементы: алюминий (в угле - 8,1%, в спецкоксе – 7,7%) и железо (в угле – 0,47%, в спецкоксе – 1,22%). В приложении А приведены значения 11 образцов золы угля, которые свидетельствуют также о высоком содержании железа и алюминия в составе угольной продукции АО «Шубарколь комир» (Приложение А).

Эти значения согласовываются с данными, полученными альтернативными методами анализа исследователей КарТУ и Шубаркольского предприятия [109, 110].

Таким образом, полагаем, что одной из главных причин выветривания угля и самовозгорания спецкокса Шубаркольского месторождения является достаточно высоко содержание соединений железа и алюминия.

3.2.2 Расчет петрографического состава углей

Петрографический состав образцов Шубаркольского угля исследовался в рамках хоз-договорных работ на базе испытательной лаборатории ТОО «Центргеоналит» согласно ГОСТ Р 55662-2013 [111].

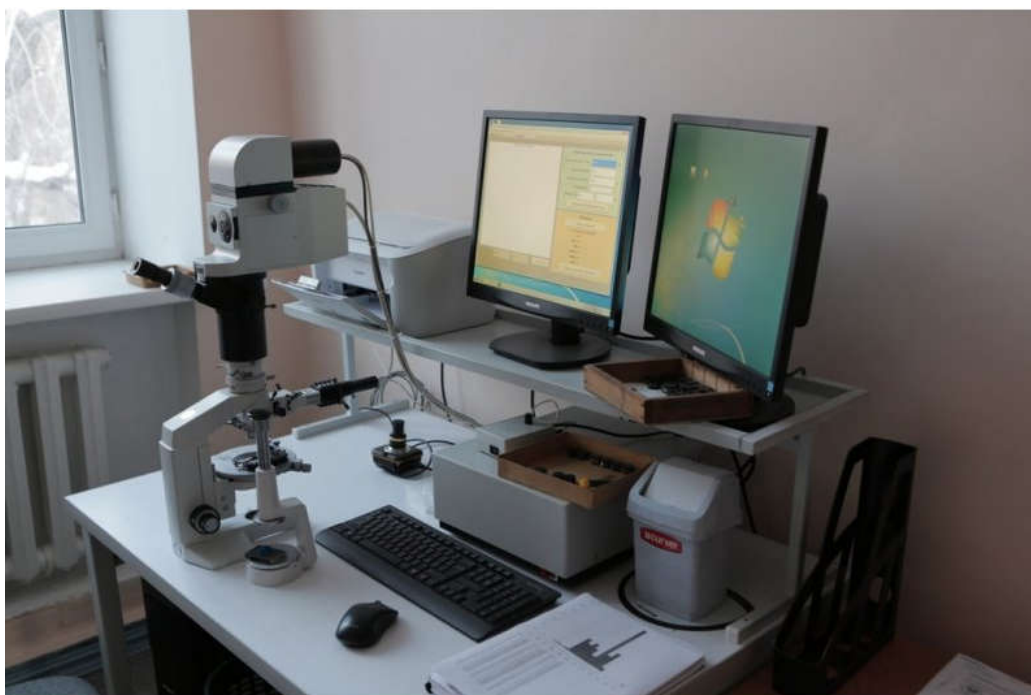


Рисунок 3.3 - Петрографический комплекс исследования каменного угля «ПЕТРОГРАФ», лаборатория ТОО «Центргеоаналит»

Таблица 3.7 - Петрографический состав угля Шубаркольского месторождения

Наименование параметра и единицы измерений	Результаты определения	
	образец 1	образец 2
Масс. доля витринита, V_t , %	73,6	76,0
Масс. доля семивитринита, S_v , %	8,8	6,5
Массовая доля инертинита, I , %	11,2	13,4
Массовая доля липтинита, L , %	6,4	4,1
Сумма отошающих компонентов, ΣOK , %	17	18

По результатам петрографического анализа (таблица 3.7) в углях преобладают мацералы группы витринита в среднем значении 74,8%. При этом содержание мацералов группы инертинита колеблется в пределах 11,2-13,4%. Содержание мацералов группы липтинита находится в промежутке от 4,1 до 6,4%.

Таким образом, исследования состава Шубаркольского угля свидетельствуют о наличии склонности угля к окислению.

3.3 Технический анализ углей и спецкокса в динамике

К технологическим параметрам относятся зольность, содержание влаги, выход летучих веществ, теплота сгорания.

Исследование технологических показателей является основным способом выявления факторов, способствующих окислительным процессам. Так изменение содержания летучих веществ и теплоты сгорания будут служить явным свидетельством разрушения потребительских свойств угольной продукции [112, 113].

Определения влаги, выхода летучих веществ и зольности угля проводилось на термогравиметрическом анализаторе Eltra Thermostep (рисунок 3.4) согласно ASTM D7582-15. Прибор способен проводить одновременный замер 19 образцов весом до 5 г. Стандартный метод требует измельчения анализируемого продукта до фракции 0,25 мм, поэтому регистрируемые данные не зависят от формы или крупности исходного сырья.



Рисунок 3.3 - Термогравиметрический анализатор Eltra Thermostep

Все технические показатели угля определяются последовательно и основано на разностях весовых значений содержимого тигля.

Выход летучих веществ может использоваться для указания выхода кокса на карбонизацию, обеспечивает основание для покупки и продажи потребителям или давать характеристики горения. Фиксированный углерод - расчетное значение, это разница между 100 процентами и суммой процентов влаги, золы и летучих веществ. Все проценты должны быть рассчитаны по одной методике.

Как уже упоминалось изменение теплотворных свойств рассчитывалось по методике [106, с.66], которая позволяет оценить изменение относительно определенного состояния топлива. За исходные данные для формулы (3.1) вычисления низшей теплоты сгорания были выбраны показатели из Паспорта качества угля и спекокса соответственно (Приложение А)

$$Q_2 = (Q_1 + 6W_1) * \frac{100 - W_2 - A_2}{100 - W_1 - A_1} - 6W_2 \quad (3.1)$$

где Q_1 - низшая теплота сгорания на первое состояние топлива с рабочей влажностью W_1 , зольностью A_1 , и, соответственно;

W_2, A_2 – измеряемые технические показатели из таблицы 3.8.

Таблица 3.8 - Техническая характеристика спецкокса по штабелям

№ штабеля	Отбор	Дата отбора	Начальный вес пробы, гр	Аналитическая влага, %	Аналитические летучие, %	Зольность, %	Фиксированный углерод, %	Низшая теплота сгорания, Q_2 , кКал/кг
1	1	26.06.2017	1,2594	6,2	6,5	4,042	83,32	8137
	5	23.02.2018	1,1549	6,1	10,5	7,2	76,2	7856
1.1	5	23.02.2018	1,2013	3,7	10,3	6,8	79,2	7933
1.2	5	23.02.2018	1,2281	4,7	9,4	8,9	77	7838
1.3	5	23.02.2018	1,1519	4,1	14,2	10,8	70,9	7719
1.4	5	23.02.2018	1,1628	4,4	9,2	6,8	79,7	7882
2	1	26.06.2017	1,2418	6,6	6,0	2,6	84,7	8218
	5	23.02.2018	1,1600	2,5	7,2	4,5	83,8	8447
2.1	5	23.02.2018	1,144	1,6	9,8	2,9	85,7	8681
2.2	5	23.02.2018	1,2165	7,7	7,5	3,2	81,6	8550
2.3	5	23.02.2018	1,1267	6,6	6	4,7	82,7	8031
2.4	5	23.02.2018	1,1565	2,5	6,8	3,3	87,3	8554
3	1	26.06.2017	1,3875	6,7	5,0	6,6	81,6	7834
	5	23.02.2018	1,2106	2,1	6,6	10,4	80,8	7945
3.1	5	23.02.2018	1,1095	2,1	12	2,8	83	8637
3.2	5	23.02.2018	1,115	4,1	8,9	6,8	80,2	8364
3.3	5	23.02.2018	1,1495	2	9,3	8,8	79,9	8103
3.4	5	23.02.2018	1,129	4,2	9,7	3,4	82,7	8574
Примечание – Составлено по источнику [104]								

Из антипирогенных материалов можно отметить текфлекс-полимерное покрытие и трехслойную пленку, так как штабеля, покрытые вышеперечисленными антипирогенами, показали устойчивость к дождю, снегу и влиянию низких температур. В своём ряду данные штабеля показали высокое содержание углерода.

В связи с тем, что анализ проводился по 10 раз с каждой пробой, небольшая разница в пределах 3% принята за приемлемую погрешности и принималась равной

в случае сравнения с результатами контрольных штабелей. Так аналогично ситовому анализу приведены обзорные диаграммы (рисунок 3.4-3.11).

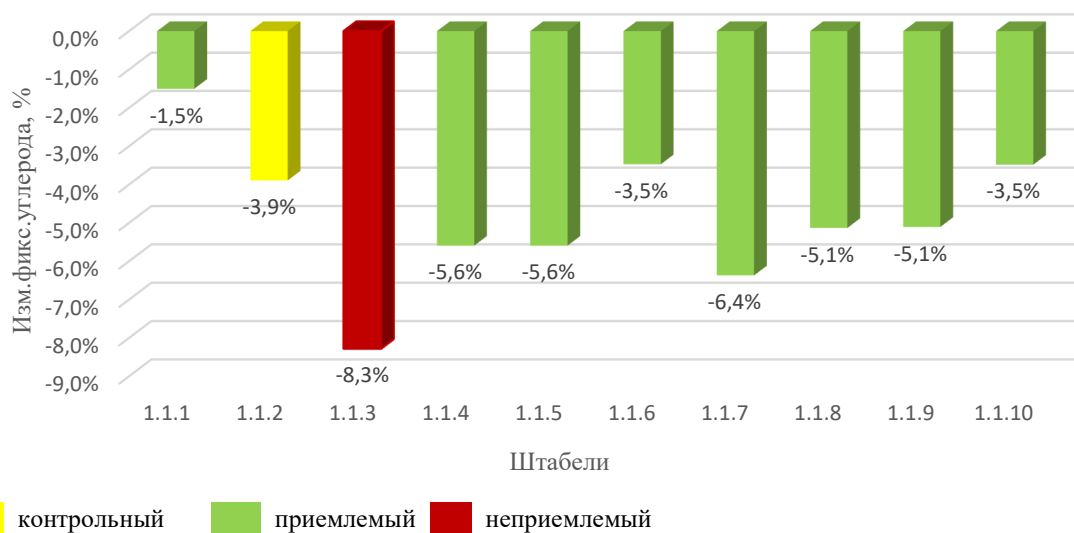


Рисунок 3.4 - Рядовой уголь повышенной крупности. Закрытый склад. Изменение уровня фиксированного углерода

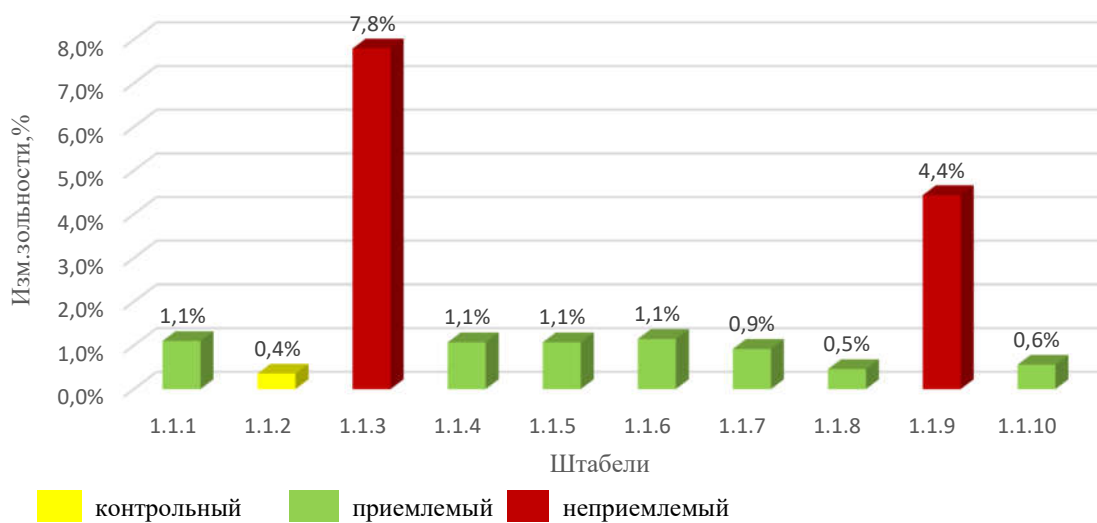


Рисунок 3.5 - Рядовой уголь повышенной крупности. Закрытый склад. Изменение уровня зольности

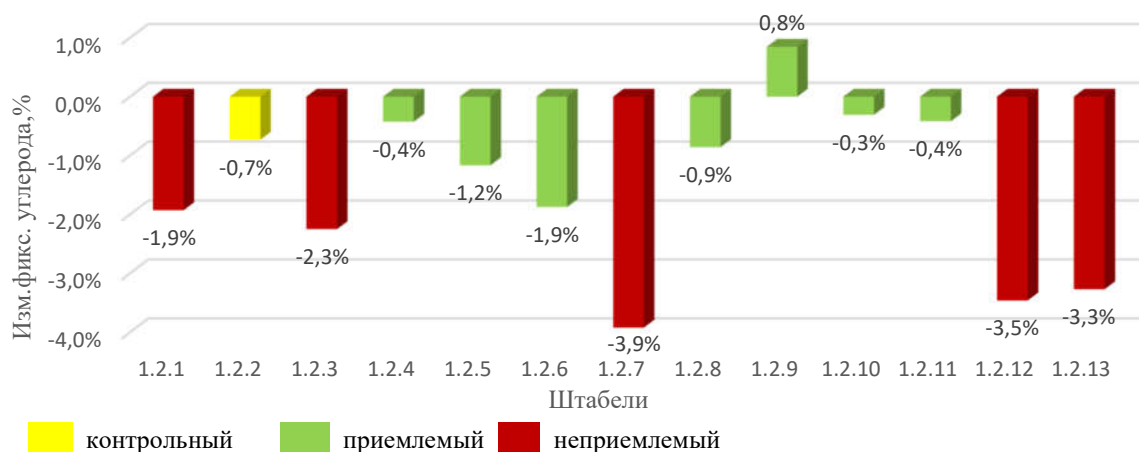


Рисунок 3.6 - Рядовой уголь повышенной крупности. Открытый склад. Изменение уровня фиксированного углерода



Рисунок 3.7 - Рядовой уголь повышенной крупности. Открытый склад. Изменение уровня зольности

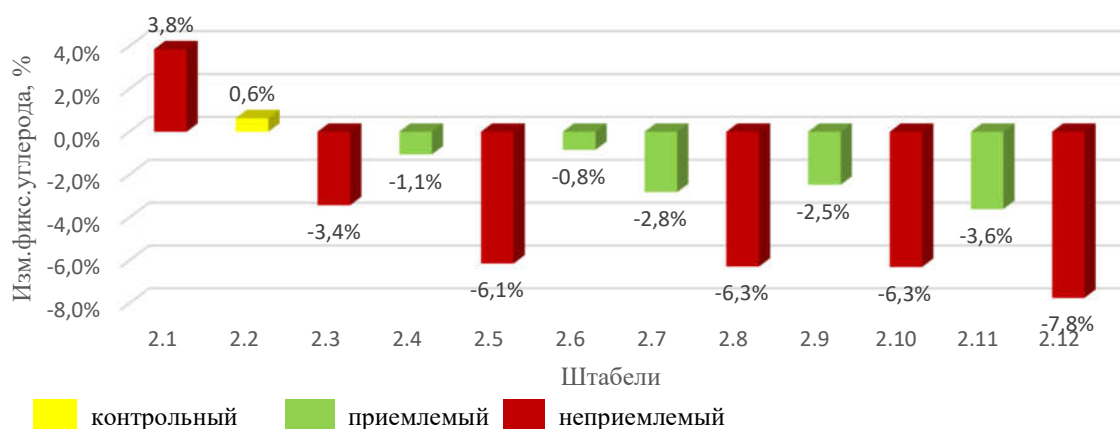


Рисунок 3.8 - Рядовой уголь с повышенным содержанием мелочи. Изменение уровня фиксированного углерода

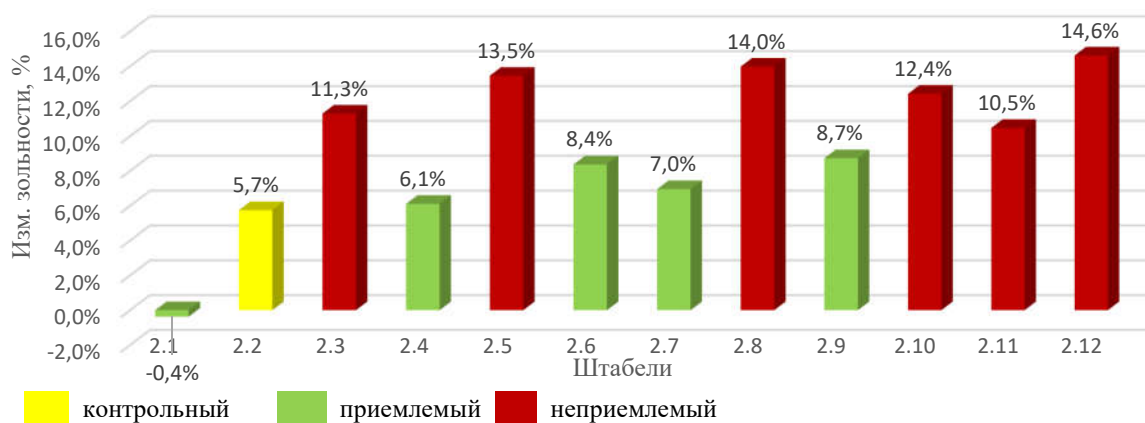


Рисунок 3.9 - Рядовой уголь с повышенным содержанием мелочи. Изменение уровня зольности

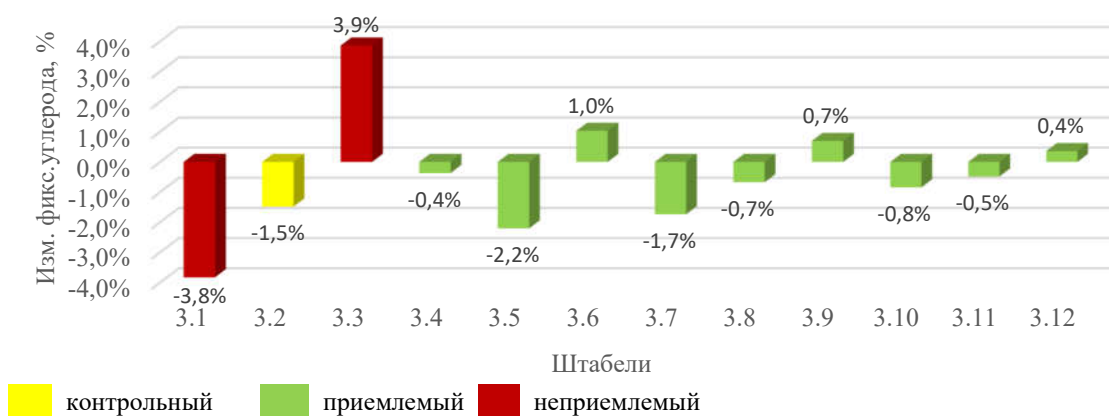


Рисунок 3.10 - Рядовой энергетический уголь. Изменение уровня фиксированного углерода

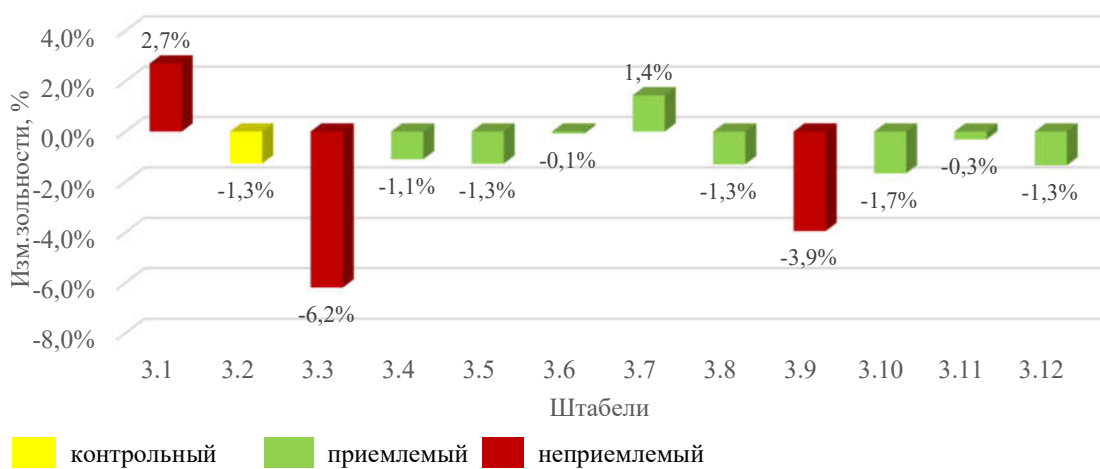


Рисунок 3.11 - Рядовой энергетический уголь. Изменение уровня зольности

Значительный рост зольности наблюдается на всех открытых складах, когда как компоненты технического анализа в закрытых складах остались практически неизменными, за исключением штабеля покрытым цементно-минеральной смесью (Минова). Несмотря на положительный результат продемонстрированный в ситовом анализе, смесь не является рациональным решением особенно в сезонах с высокой вероятностью осадков.

3.4 Исследование кинетики самовозгорания спецкокса

Основными параметрами, характеризующими склонность спецкокса к самовозгоранию, являются эффективная энергия активации реакции окисления E и предэкспонент адиабатической скорости самонагревания C .

Компенсационное уравнение и найденное значение температуры компенсации позволяют с достаточной для практики точностью определять параметры E и C .

Значение эффективной энергии активации и предэкспонента адиабатической скорости самонагревания процесса самовозгорания спецкокса по величине разогрева ΔT рассчитывается по формулам (3.2) и (3.3):

$$E = \frac{\ln P_c - \ln(\Pi_0 \cdot \Delta T)}{1/T - 1/T_c} \quad (3.2)$$

$$C = \Pi_0 \cdot \Delta T \cdot e^{\frac{E}{R(T_0 + \Delta T)}}. \quad (3.3)$$

При воспламенении твердого топлива различают два значения температур воспламенения – температуру воспламенения летучих веществ и температуру воспламенения кокса. Процесс горения частиц твердого топлива начинается с воспламенения летучих. Низшей температурой воспламенения обладают те топлива, которые имеют наибольший выход летучих и содержат в органической массе наибольшее количество кислорода и наименьшее количество углерода.

Изучение процессов, протекающих в температурном интервале основного разложения органической массы угля и кокса, позволяют понять, как общие закономерности, так и специфику разложения твердых топлив.

При анализе дериватограмм выявлены три стадии основного разложения органической массы на дифференциальных кривых, где наблюдаются пики с максимумами скорости потери массы (точки перегиба).

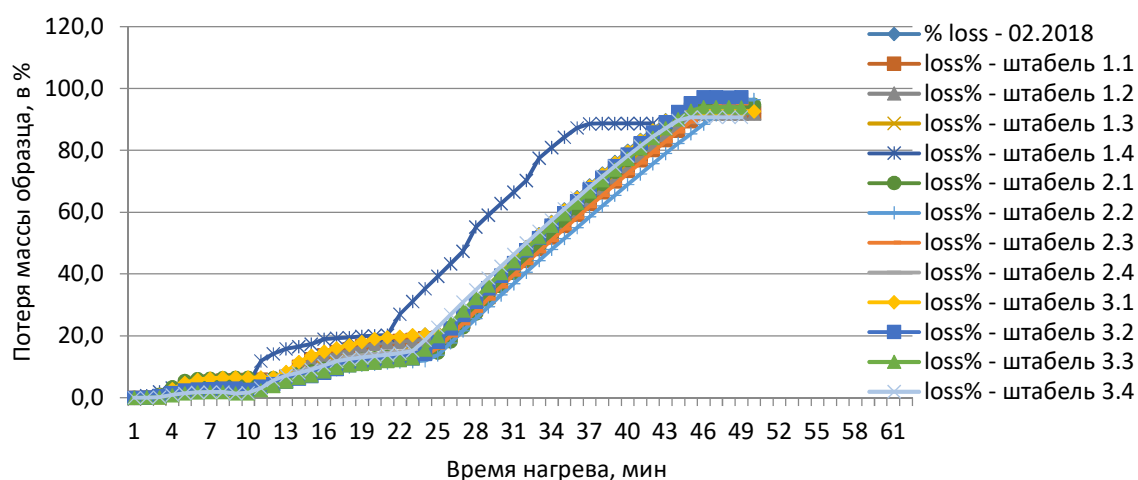


Рисунок 3.12 - Потеря массы от времени и нагрева в среде кислорода

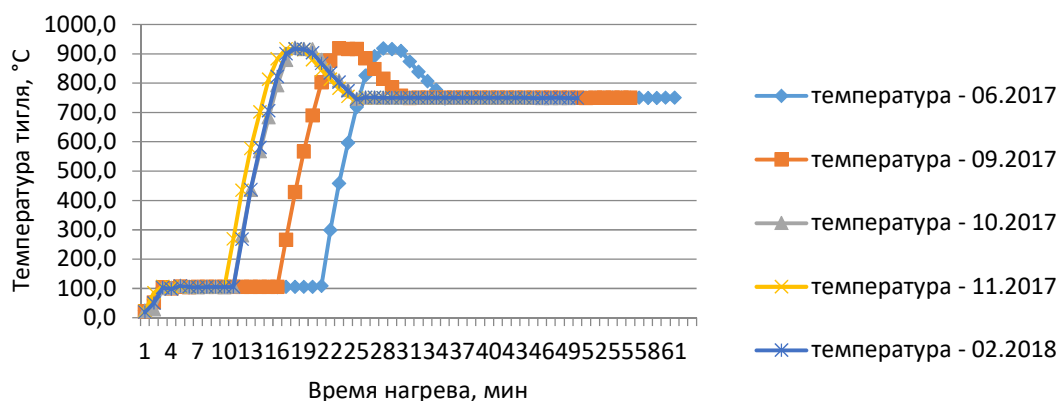


Рисунок 3.13 - Температура тигля при сжигании проб спецкокса контрольного штабеля в среде кислорода

Из анализа рисунков 3.12, 3.13 (графиков), предложенных выше, наименее устойчивое к термическому разложению поведение продемонстрировали штабели спецкокса 1,1; 2,1; 3,1, покрытые полимером Текфлекс, в силу искусственного добавления принятые за значение летучих веществ, при этом вычисленная низшая теплота сгорания оказалась наиболее высшей с течением времени относительно других, что также подтверждается значениями вычисленных энергии активации и энергия активации процесса самовозгорания E спецкокса и предэкспонента адиабатической скорости самонагрева C . Вычисление производилось аналогично работе [114].

В целом, из полученных экспериментальных данных следует, что энергия активации процесса самовозгорания E спецкокса находится в пределах от 40 до 58 кДж*моль⁻¹, предэкспонент адиабатической скорости самонагрева C от $1,94 \cdot 10^2$ до $1,0 \cdot 10^4$ К*с⁻¹.

Таблица 3.9 - Адиабатические параметры самонагрева спецкокса

№ п/п	Эффективная энергия активации E, кДж*моль-1	Предэкспоненциальный множитель C, К*с-1
3.1 штабель, текфлекс	58,7	23668,12
2.1 штабель, текфлекс	55,7	12637,80
1.1 штабель, текфлекс	54,6	9281,71
3.2 штабель, инертная пыль + ПАВ	46,9	830,06
2.3 штабель, глина + песок + известь	45,17	665,14
3.3 штабель, гашенная известь	44,6	496,26
1.3 штабель, жидкая глина + песок	44,3	403,43

В таблице 3.9 приведены результаты кинетических параметров самонагрева по уравнению для спецкокса при температурах от 100-900°C Также из графиков (рисунки 3.12-3.13) видно, что в температурной области которых 30-210°C скорость самонагрева преобладает у проб характеризующиеся меньшими значениями энергии активации. В высокой температурной области, скорость самонагрева образцов, процесса возгорания не характерно значению E. Отсюда следует, что повышенной пожарной опасностью при хранении обладает спецкокс, процесс самовозгорания которого характеризуется меньшими значениями кинетических параметров.

3.5 Ситовый анализ

Шубаркольский уголь относится к длиннопламенному типу углей. Испытуемый уголь по фракционному составу отнесен к рядовому, таким образом проведение ситового анализа штабелей как основного показателя изменения качества во времени является обоснованным.

Ситовый анализ позволяет разделить и оценить в процентном соотношении фракционный состав, изменение которого можно интерпретировать как индикатор разрушительных процессов в силу выветривания углей.

Актуальность проводимого вида исследования также обосновано коммерческой потребностью, так уголь фракции от 0 до 6 мм не является коммерчески привлекательным у потребителей коммунально-бытового угля, в связи с чем аналитический обзор данных был направлен на оценку роста данной фракционной группы.

Ситовый анализ и гранулометрический состав проводились согласно ГОСТ 2093-82. Навеска для анализа была рассчитана в 200 кг угля на штабель. Погрешность определения выхода классов крупности составил 2,7% (Приложение Б).

Анализ выполнялся в полевых условиях в непосредственной близости от анализируемых штабелей. Наличие сит позволило выполнить анализ по фракциям 0-3 мм, 3-6 мм, 6-13 мм, 13-25 мм, 25-50 мм, 50-100 мм и 100-300 мм.

Показательными для нас были изменения во фракционных составах 0-6 мм и 50-300 мм, так как уменьшение содержания крупности 50-300 мм и увеличение количества частиц размера 0-6 мм имеет явное выражение окислительных процессов. Изменения частиц в пределах размеров от 6 до 300 мм не имеет столь пагубного значения для производства и реализации продукта, однако, отслеживание тенденции и замедление разрушающих процессов в этом диапазоне позволит разработать эффективные рекомендации по сохранению привлекательных потребительских свойств угля.

Как видно из диаграмм (рисунки 3.14-3.21) наиболее долгую фракционную сохранность при использовании антипирогенов продемонстрировали штабели коммунально-бытового угля. Так по критерию роста фракционного состава 0-6 мм 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5, 1.2.3, 1.2.4, 1.2.5, 1.2.8, 1.2.10, 2.3, 2.5, 2.8 явились наиболее перспективными для дальнейшей оценки применения, аналогично положительная динамика отслеживается на тех же штабелях, но по ситам в размерах от 50-300 мм, а именно, наблюдается меньшая степень разрушения крупных частиц.

Индикатором эффективности принято сравнение абсолютной разницы фракционного состояния каждого штабеля с величиной выветренной доли угля из контрольного штабеля (выделен желтым цветом). Такой подход позволяет выявить наиболее действенные антипирогенные смеси и покрытия.

Как видно из нижеприведенных трендов техническую эффективность продемонстрировали следующие антипирогены: покрытие Капцем - цементно-минеральной смесью (Минова), Текфлекс - полимерное покрытие (Минова), покрытие трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал), антипироген (5% жидкого стекла + 1% ПАВ (Прогресс)), антипироген (10% инертной пыли + фенольная вода). Перечисленные антипирогены и покрытия проявили эффективность как в закрытых, так и в открытых с применением к углям разного класса.

Исходя из значений ситового анализа наибольший положительный эффект среди перечисленных выше материалов наблюдается у полимерного покрытия Текфлекс и трехслойной полиэтиленовой пленки.

Однако, следует проанализировать данные экономической оценки антипирогенов и покрытий, и в сочетании с техническими характеристиками вывести наиболее рациональное решение, так как сохранение фракционного состава не всегда отражается на теплотворных способностях угля.

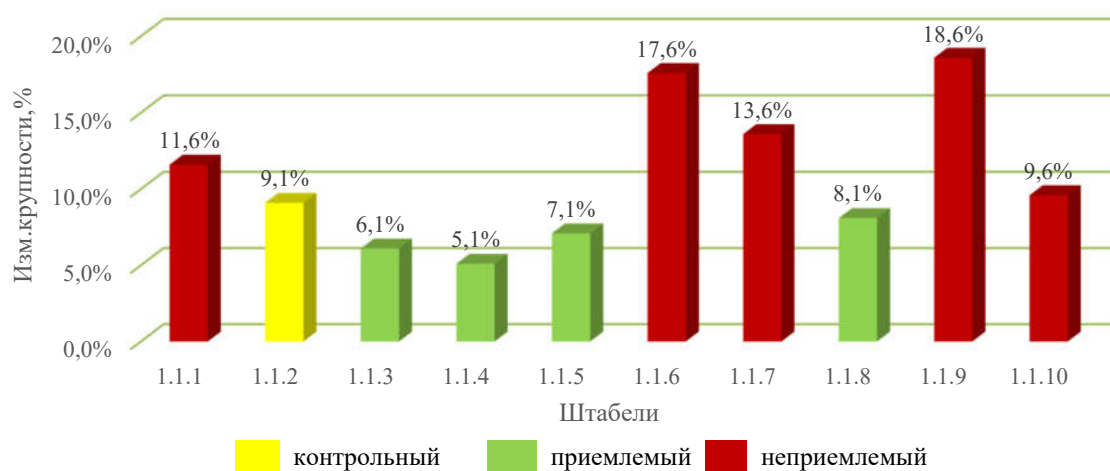


Рисунок 3.14 – Изменения фракционного состава во времени. Закрытый склад. Рядовой повышенной крупности. Фракция 0-6 мм.

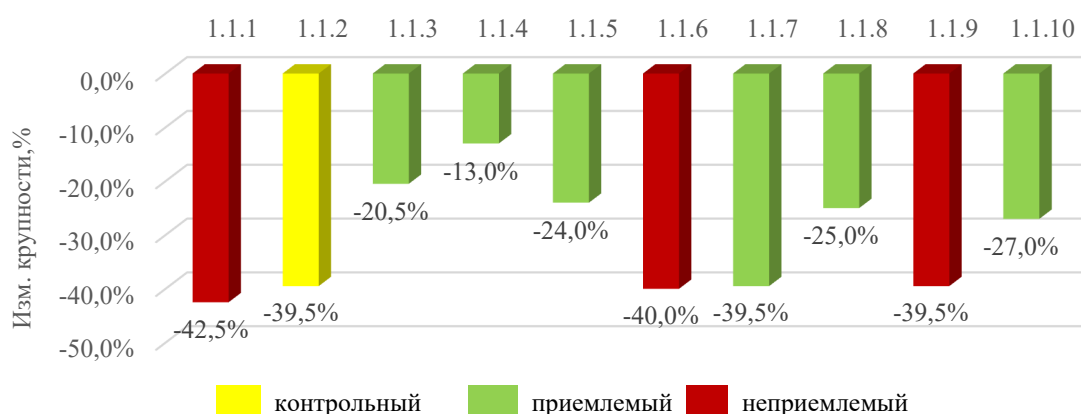


Рисунок 3.15 – Изменение фракционного состава во времени. Закрытый склад. Рядовой повышенной крупности. Фракция 50-300 мм

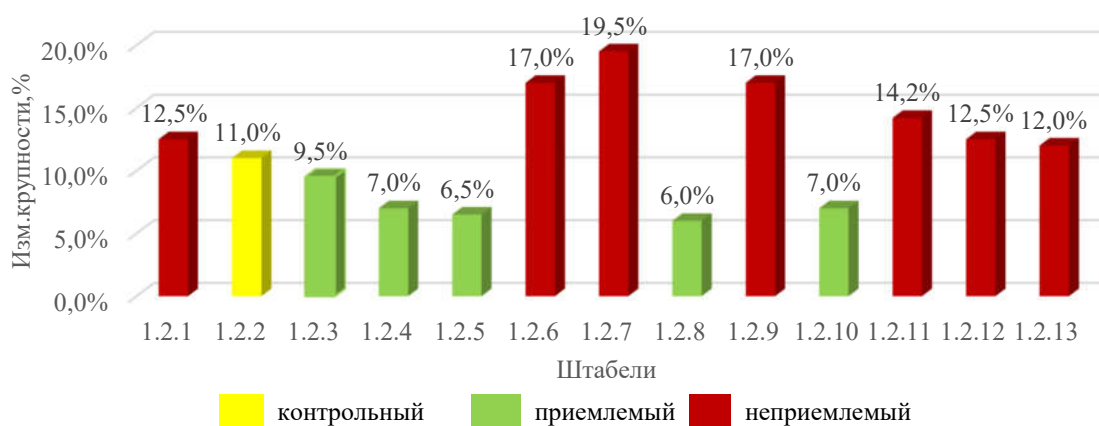


Рисунок 3.16 - Изменение фракционного состава во времени. Открытый склад. Рядовой повышенной крупности. Фракция 0-6 мм.

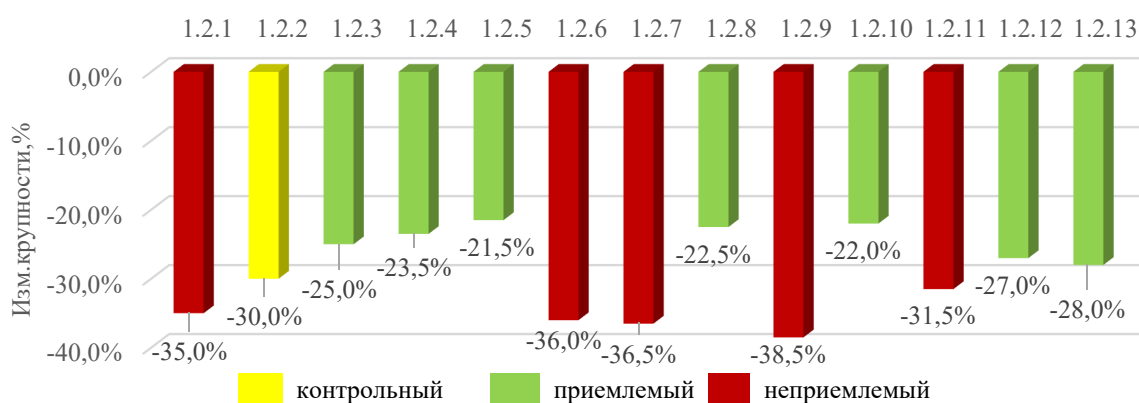


Рисунок 3.17 - Изменение фракционного состава во времени. Открытый склад. Рядовой повышенной крупности. Фракция 50-300 мм

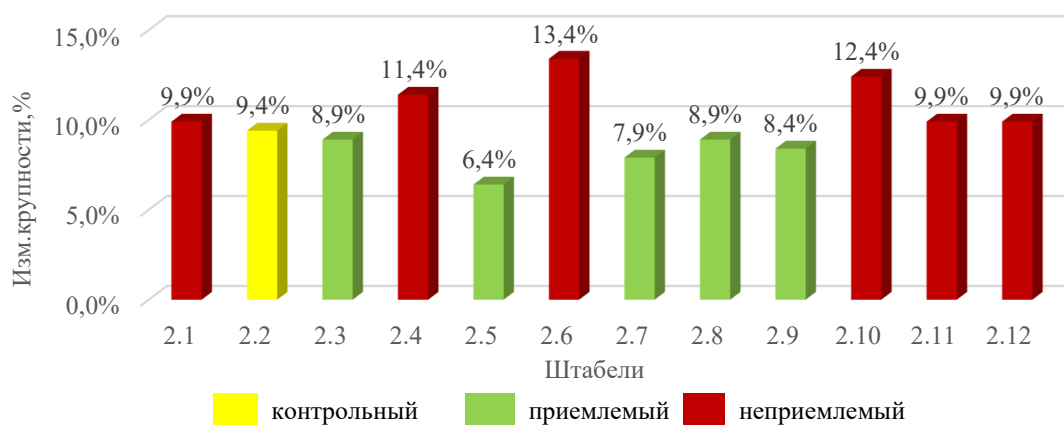


Рисунок 3.18 - Изменение фракционного состава во времени. Рядовой уголь с повышенным содержанием мелочи. Фракция 0-6 мм



Рисунок 3.19 - Изменение фракционного состава во времени. Рядовой уголь с повышенным содержанием мелочи. Фракция 50-300 мм

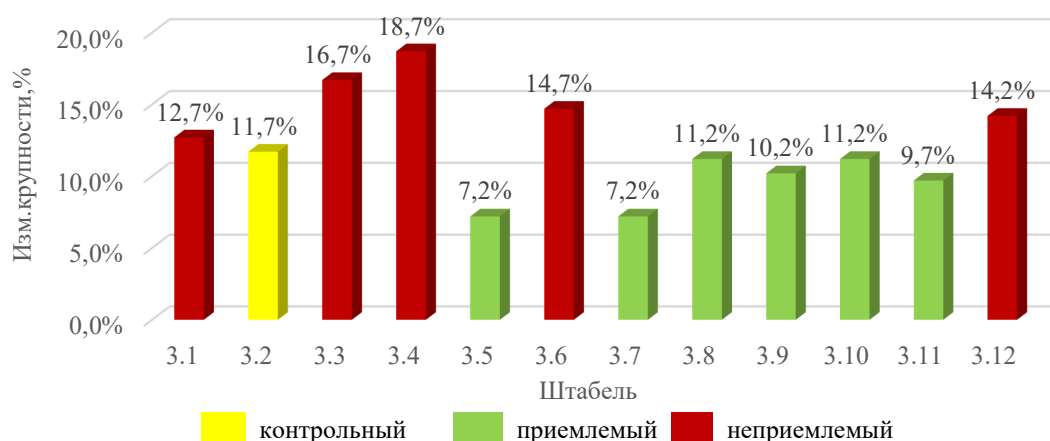
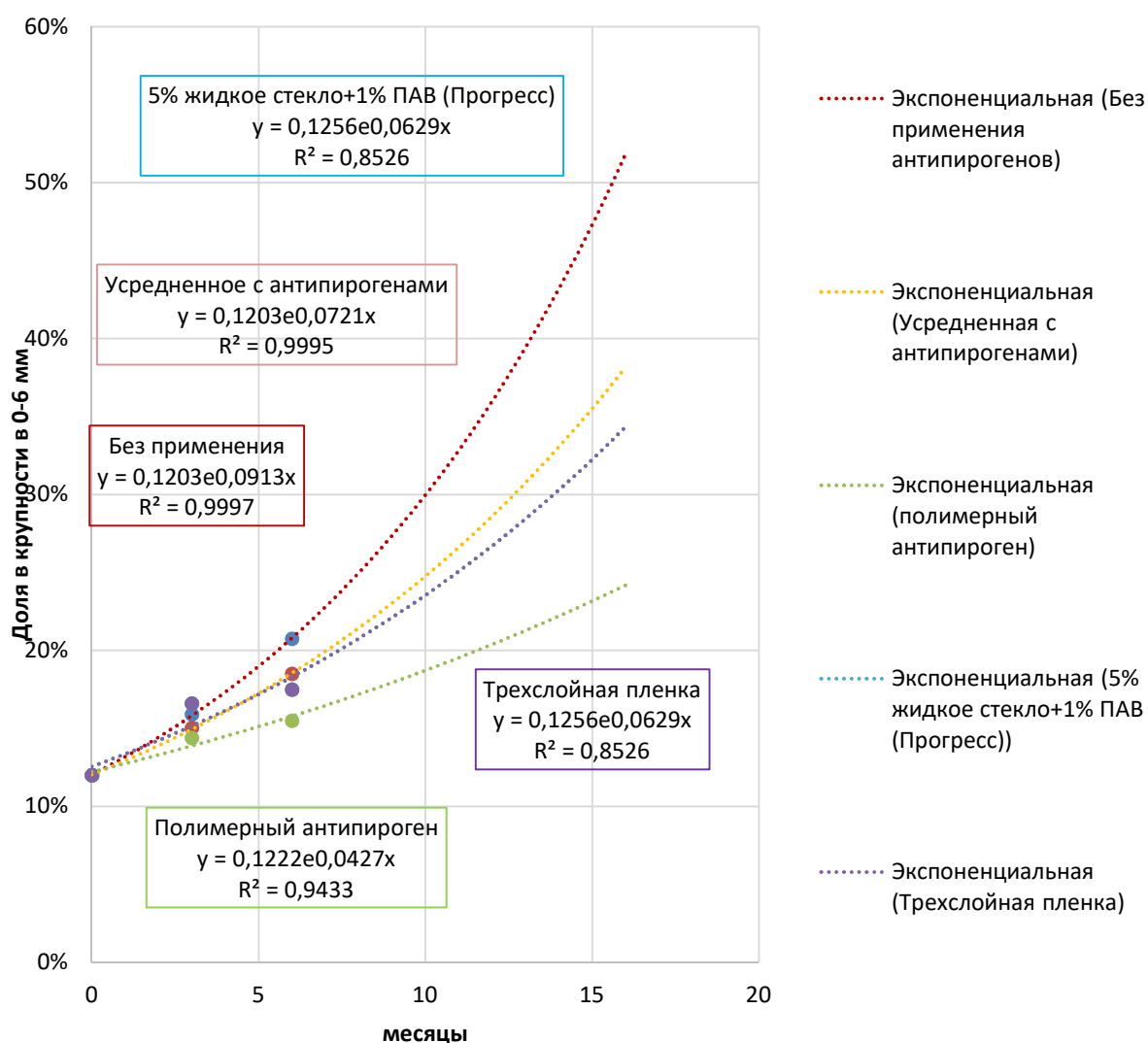


Рисунок 3.20 - Изменение фракционного состава во времени. Рядовой энергетический уголь. Фракция 0-6 мм



Рисунок 3.21 - Изменение фракционного состава во времени. Рядовой энергетический уголь. Фракция 50-300 м

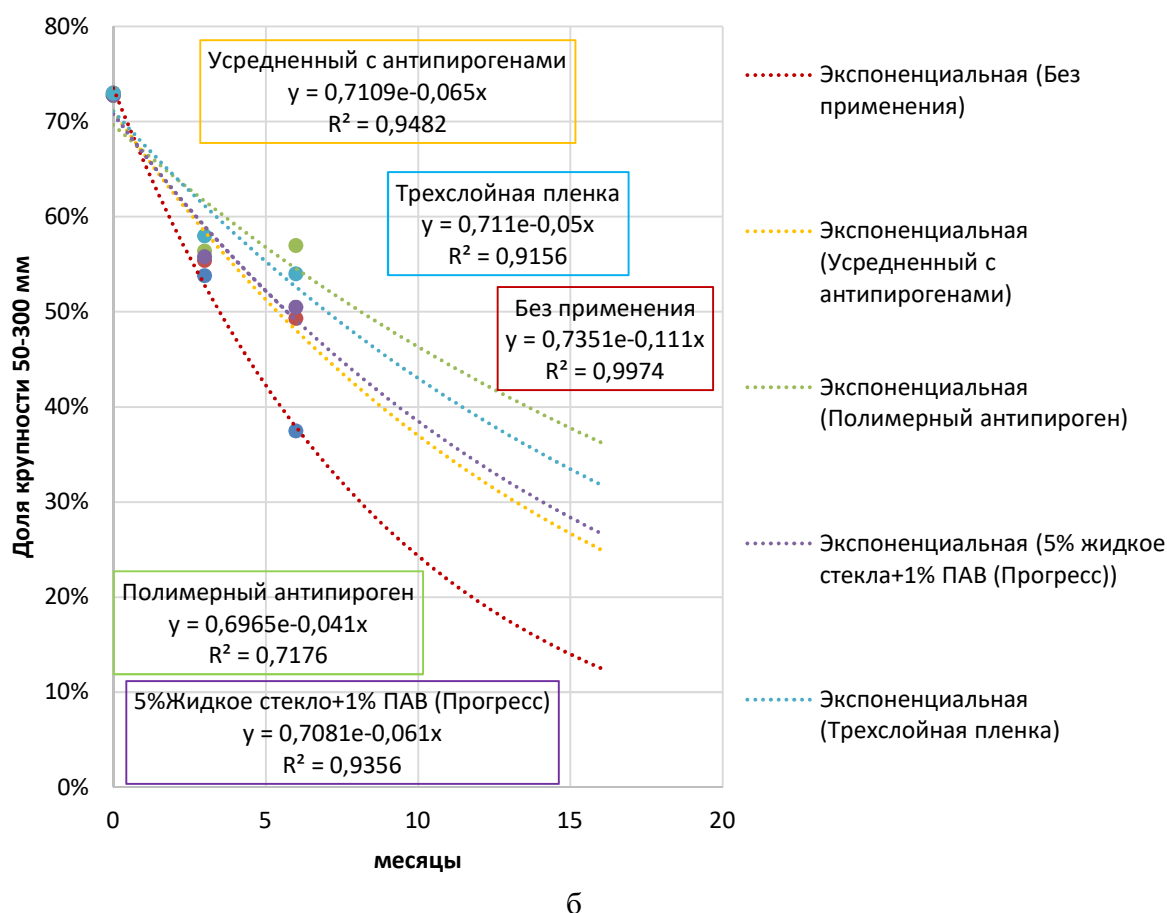
Мониторинг фракционных изменений угля в штабелях позволяют выполнить прогнозирование по экспоненциальным кривым данных за 6-месячный срок наблюдения. Как видно из рисунка 3.22 антипирогенные материалы очевидно увеличивают срок сохранности (по крупности) угля минимально на 4 месяца, а, в частности, полимерные антипирогены позволяют увеличить срок хранения при сохранении уровня фракции 0-6 мм на 20% в 2 раза, а уровня фракции 50-300 мм на 40% в 2,5 раз.



а

а - сохранность крупности по изменению состава фракции 0-6 мм

Рисунок 3.22 – Прогнозирование изменение качества и сроков сохранности угля по критерию крупности, лист 1



б - сохранность крупности по изменению состава фракции 50-300 мм

Рисунок 3.22, лист 2

Таким образом, данные и уравнения кривых позволяют спрогнозировать как изменение качества угольной продукции в заданный срок хранения или консервации разрабатываемого участка, так и сроки сохранности угля по заданным критериям качества.

3.6 Температурный контроль исследуемых штабелей

В большинстве случаев окислительные процессы являются экзотермическими реакциями и внешне данные процессы можно зафиксировать и контролировать с помощью отслеживания изменений температуры изучаемой среды. Данные действия можно проводить как обычным термометром, так и более автоматизированными датчиками как тепловизор и термопары с электронными дисплеями (рисунок 3.23).



а



б



в



г



д



е

а- контрольный; б- покрытый трехслойной пленкой; в- покрытый смесью инертной пыли и фенольной воды; г- покрытый органоминеральной смолой; д- покрытый Экوفлексом; е- покрытый полимером Текфлекс-М

Рисунок 3.23 – Измерение температуры внутри штабелей, покрытых антипирогенами

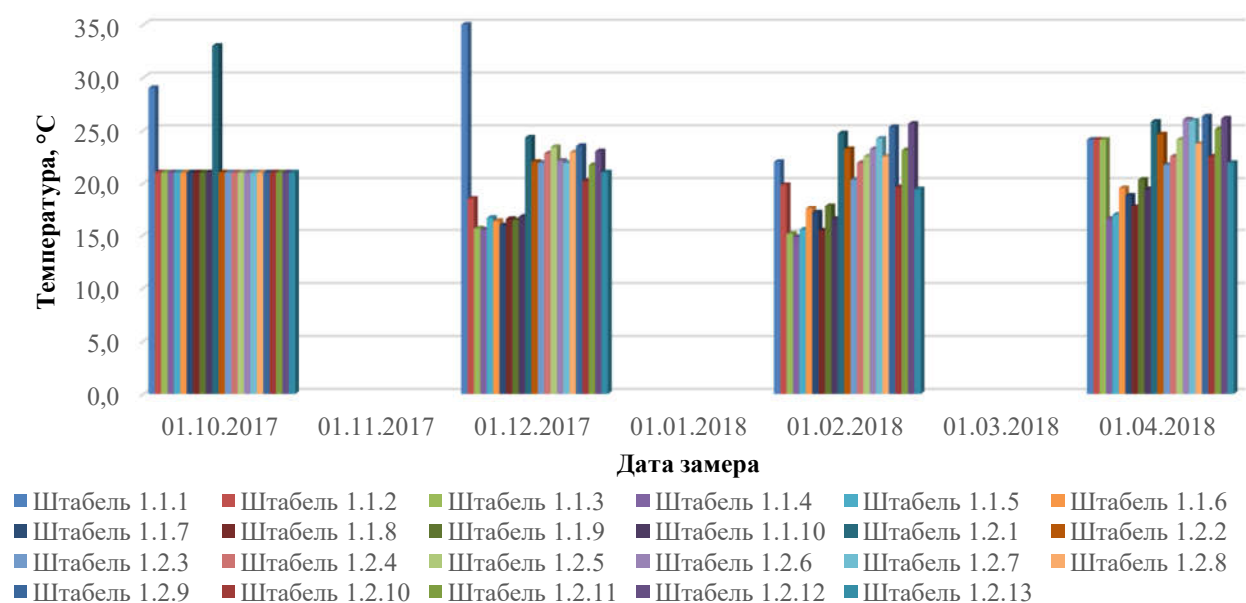


Рисунок 3.24 - Контроль температуры внутри штабелей закрытого и открытого складов

За период отслеживания с октября 2017 по апрель 2018 года критических температур на изучаемых штабелях зафиксировано не было, однако, максимум в разницу 10°C наблюдался в штабеле контрольного 50 тонного штабеля в декабре 2017 года, что приводит к заключению о том, что объем изучаемых штабелей (12 тонн) не может восприниматься объективно для отслеживания тепла экзотермических реакций окисления угля, так как рост и изменения в 1-2°C не подлежат корректной интерпретации в пределах погрешности измерения. В свою очередь, технический и ситовый анализы демонстрируют достаточную объективность выбора размера штабелей для оценки эффективности того или иного покрытия.

Так как 12 тонный штабель имеет высоту 1.7 метров, а 50 тонный штабель 2,1 метра, то при условии безопасного хранения и соблюдения высоты штабеля 2.5 метра данные результаты можно экстраполировать на штабеля 5000т, т.к. разница в высоте между 12 тонным и 50 тонным штабелями не показала существенной разницы, а высота штабеля является наиболее важной при процессах самонагревания и выветривания угля в штабеле.

Согласно «Инструкции об охране труда при складировании угля» размеры штабеля каменного угля не должны превышать по высоте 2,5 м, а по ширине 20 м, длина штабеля не ограничивается. Штабель должен иметь форму усеченной пирамиды с квадратным, прямоугольным или трапецеидальным основанием. Штабели массой 12 т в среднем имеют высоту 1,5 м, из которых 0,2-0,3 м

представляют собой зону выветривания угля, а глубже уже наблюдаются процессы самонагрева и самовозгорания угля.

В литературе встречаются данные, что скопление угля, подверженное самонагреванию, – это некоторый минимальный объем, необходимый для развития процесса. Этот объем определяется минимальной толщиной его скопления m , которая составляет 0,14-0,2 м.

Так, критическая толщина прослойки угля m , при которой происходит самовозгорание угля, составляет 0,2 м. Масса штабеля и его объем не оказывают значительного влияния.

Однако, по диаграмме рисунке 3.24 на протяжении периода исследований отслеживается разница чтения температур между штабелями открытого и закрытого хранения, которая доходит до 5-7°C, что свидетельствует о процессах самонагрева в штабелях несмотря на отрицательную температуру окружающей среды. Очевидно, что штабели открытого режима хранения подвергаются воздействию кислорода больше, несмотря на недостижения критических температур даже на контрольных штабелях непокрытых антипирогенными материалами. При этом одни и те же антипирогенные материалы проявляют различную эффективность по предотвращению процесса выветривания угля. В закрытых складах крупность угля фракции 50-300 мм сохранилась на 10% больше по сравнению углем открытого склада (по результатам экспериментальных работ в закрытом складе спустя 6 месяцев в штабеле рядового угля покрытая полимерным материалом Текфлекс фракция 0-6 мм увеличилась на 5,1%, на открытом складе - на 9%).

3.7 Экономическая оценка применения антипирогенов

Экономическая оценка проводилась по всем антипирогенным материалам, однако, в диаграмму, приведенную на рисунке 3.25, были включены лишь наиболее эффективные по наименьшему содержанию фракции 0-6 мм по сравнению с контрольными штабелями. Это в итоге позволит провести анализ рентабельности того или иного антипирогенного покрытия (Приложение В).

Расчет стоимости применения покрытий проводился из расчета количества расходных материалов и их стоимости на 1 тонну соразмерно площади 5000 тонного штабеля. В приложении В приведены подробные расчеты стоимости применения каждого испытанного антипирогенного материала и покрытия.

На рисунке 3.30 приводятся рассчитанные затраты на покрытия, которые дали положительный результат в сохранении крупности. И согласно графику сравнения наиболее предпочтительных материалов наблюдается значительная разница в цене материалов полимерной природы. Однако, следует учесть, что при этом технический эффект у полимерных антипирогенов проявляется преимущественнее остальных покрытий.

Таким образом, следует обратить внимание на покрытия полимерного происхождения в связи ряда технических преимуществ, в том числе малой зольности и сохранение теплотворных свойств угля, ценообразование которых будет сравнимо с приведенными ниже ценами обозначенных в диаграмме зеленым цветом.

В целом, за явным предпочтением оказываются покрытия трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал), смесью 5% жидкого стекла и 1% ПАВ (Прогресс), смесью 10% инертной пыли и фенольной воды, 2-3% водной суспензией гашенной извести

Покрывание 2-3% водной суспензией гашенной извести не применялся для рядового угля повышенной крупности т.к. данное покрытие приводит к ухудшению потребительских свойств угля, увеличению зольности, ухудшению возгорания угля при использовании в коммунально-бытовом секторе, что по нашему мнению не допустимо для данного типа угля.

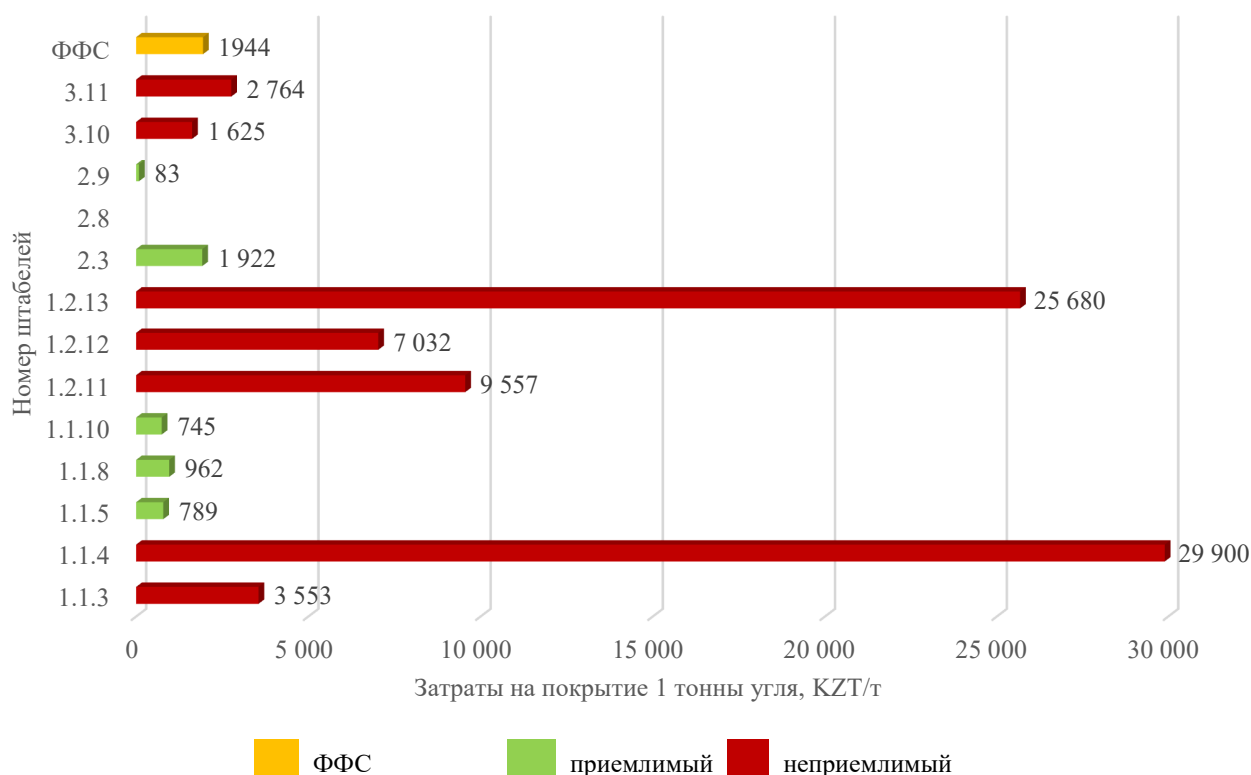


Рисунок 3.25 - Ценовое сравнение применения наиболее эффективных антипирогенных материалов и смесей

Проделанная работа позволяет оценить эффективность применения того или иного антипирогенного материала, основываясь на данных ситового, технического, экономического анализов.

4 ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

4.1 Описание покрытия

С учетом вышеперечисленных преимуществ полимерных антипиргенов была предпринята разработки собственного способа предотвращения выветривания и самовозгорания угля и спецкокса при хранении и транспортировке является понижение пожароопасности, сохранение и улучшение потребительских свойств угля и спецкокса, а также рационализация производства спецкокса путем использования вредных отходов для синтеза полимера и, как следствие, улучшение экологических условий на местах производства, кроме того, предотвращает образование угольной пыли.

Технический результат достигается путем покрытия поверхности угля и спецкокса при складировании полимером (фенолформальдегидной смолой (ФФС)), синтезированным путем добавления формалина в резервуар-отстойник фенольной воды (отхода коксования), использующейся для тушения кокса.

Полимерная смесь покрывает поверхность и проникает в поры угля, предотвращая проникновение кислорода. Также фенолформальдегидная основа полимера обладает клейкостью, что при обволакивании поверхности угля и спецкокса склеивает мелкие и, соответственно, нерентабельные фракции, придавая упругость и прочность продукции. Физико-химические свойства ФФС позволяют сохранять ценность покрытия угля и спецкокса при экстремальных погодных условиях: - 40 до 50+, при сухой и дождливой погоде.

Данный способ позволяет сохранить потребительские свойства спецкокса и улучшить показатель калорийности углей, так как покрывающая смесь не содержит минералы и иные материалы, увеличивающие зольность и влажность угля. Данный метод является наиболее рациональным, так как для синтеза ФФС в большинстве используются производственные отходы и доступные на отечественном рынке химикаты – формалин

Внешний вид вязкая жидкость темного, коричневого цвета. Массовая доля фенолформальдегидной смолы 80-90 %, формальдегид – 1-3 %, фенол – 1-3%.

Предлагаемый состав смеси по механизму оказывает следующее действие: фенолформальдегидная смола, проникая в поры и трещины угля, блокирует центры окисления угля, образует пленку на поверхности угля. При высыхании состава образуется клейкая пленка, которая блокирует поры угля тем самым предотвращая поступление кислорода внутрь, склеивает мелкие фракции угля и спецкокса, также обеспечивается термоизоляция за счет плохой термореактивности резольных фенолформальдегидных смол [115].

4.2 Технология производства нового полимерного антипирогена

Для синтеза фенолформальдегидной смолы за основу взята общеизвестная практика синтеза, которая включает в себя смешение кристаллов фенола с 37%-ным формалином в присутствии соляной кислоты при 100С.

Для проведения синтеза в условиях, наиболее приближенных производственным и с учетом специфики и сложности полевого определения концентрации фенола в фенольной воде, было решено производить синтез в избытке формалина без добавления минеральной кислоты, так как предполагается присутствие серной кислоты, а также ионов аммиака в составе фенольной воды. С учетом перечисленных деталей предполагалось получить резольную смолу, которая сохранит вязкие свойства при большом избытке воды.

Итак, было смешено 30 мл фенольной воды, красного цвета предположительно из-за окисленного 20% фенола в составе, и 30 мл технического 37%ного формалина при комнатной температуре. Затем смесь нагревали до 100°С, интенсивное образование светло-коричневых и желтых хлопьев наблюдалось уже при нагреве 50°С и хлопья увеличивались в размерах с повышением температуры, как и предполагалось при планировании эксперимента (рисунок 4.1).



а



б

а-синтез ФФС при 80°С; б-выпаривание воды при 100°С

Рисунок 4.1 Синтез ФФС

Сухая смола может быть получена путем испарения избытка воды и формалина или путем отстаивания синтез смеси, что приводят к идентичным результатам (рисунок 4.2). Также положительным наблюдением стало осветление верхнего слоя жидкости, что может свидетельствовать расходу и, соответственно нейтрализации свободного фенола из фенольной воды, что потенциально улучшает безопасность труда на производственном объекте.



а



б

а- Сухая ФФС, отделенная путем испарения избытка воды и формалина; б- Отделенная ФФС путем расслоения разных фаз

Рисунок 4.3 – Отделенная ФФС

4.3 Результаты испытания полимерного покрытия

Сухая ФФС несмотря на твердую форму сохранила клейкость пластичность. ФФС была нанесена равные навески спецкокса три разных фракций, что позволило наблюдать за разные полезные свойства ФФС.

Спецкокс мелкой фракции склеился и создал эффект комковатости, что положительно повлияет на его транспортировку, продажу. Более не наблюдалось угольной пыли при пересыпании, комки кокса стали прочнее и не разрушались при механическом воздействии средней силы, что также наблюдалось и на более крупных фракциях кокса во время дробления при пробоподготовке (Рис.4.4).



а



б

а-фракция 0-6мм; б- фракция 10-25 мм

Рисунок 4.4 – Спецкокс, покрытый ФФС, лист 1



в



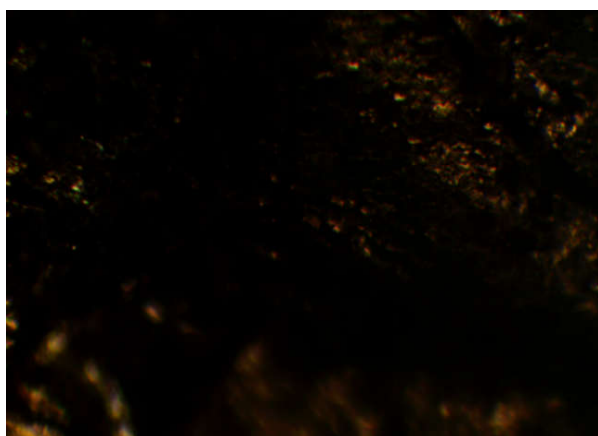
г

в-фракция 0-10 мм; г-фракция 25-40

Рисунок 4.4, лист 2

Перед дроблением для проведения термогравиметрического анализа было проведено исследование пор и трещин кокса на эффект смолы по блокированию проникновения кислорода.

Разница в заполнении пор и трещин полимером представлена на рисунках 4.5 и 4.6.



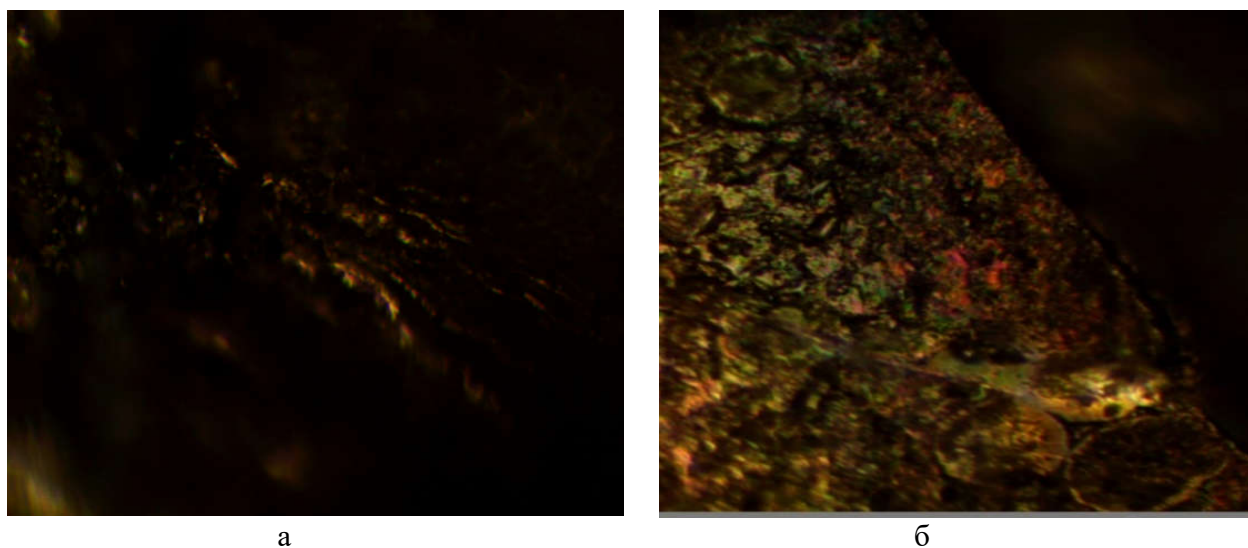
а



б

а - до обработки; б - после обработки полимером

Рисунок 4.5 – Спецкокс фракции 25-40



а - до обработки; б - после обработки полимером

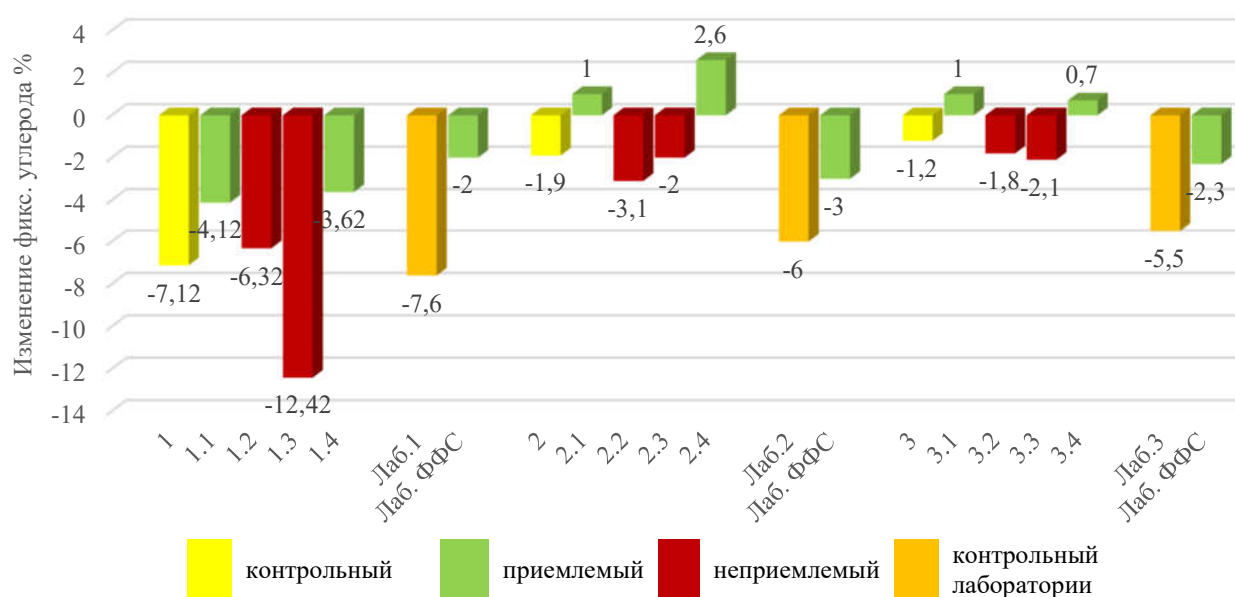
Рисунок 4.6 – Спецкокс фракции 10-25

Полевые исследования проводились на штабелях углей и спецкокса Шубаркольского месторождения Карагандинского угольного бассейна. За время проведения исследования наблюдались метеорологические осадки периодически. Исследования велись на открытом складе хранения угля, незащищенном от метеорологических условий, таких как дождь и снег. Стартовой точкой исследования считалось время после воздействия на штабели угля проливных дождей. Метод исследования заключался в обработке исследуемых составов антипирогенов в штабелях угля

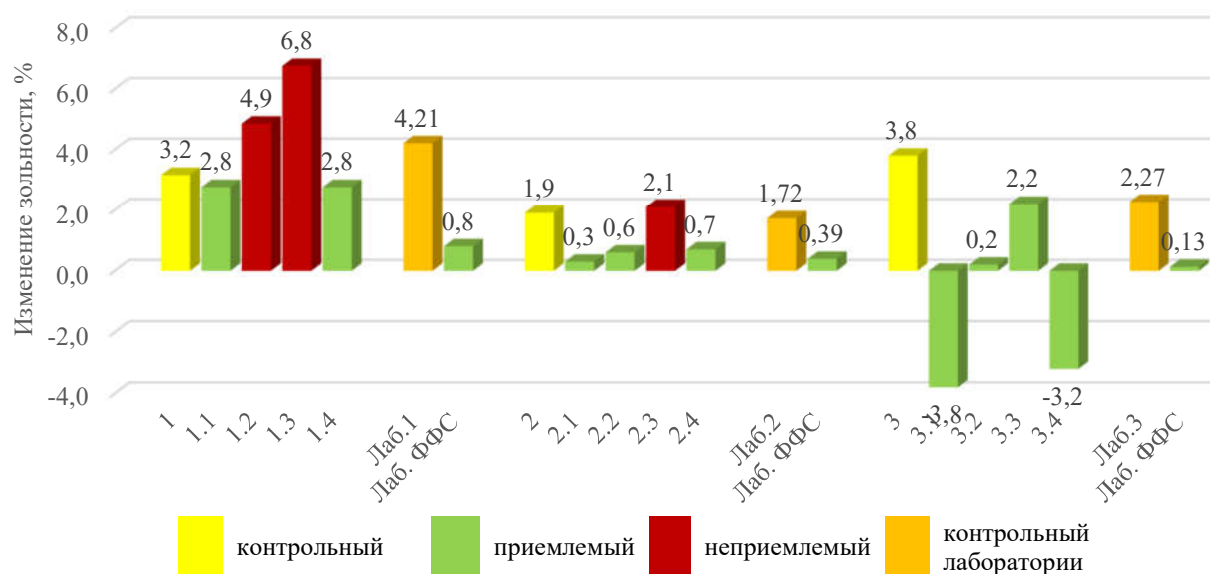
Сопоставительный анализ показателей аналога, прототипа и заявляемого состава представлен в таблице 4.1 и рисунке 4.7.

Таблица 4.1 - Показатели технического анализа штабелей спецкокса разных фракций, покрытые различными антипирогенами

Штабель	W ^a , %	V ^a , %	A ^a , %	C, %
Спецкокс, фракции 0-10 мм (в начале испытания)	1,69	6,98	3,53	87,8
Спецкокс, фракции 0-10 мм (конец испытания)	1,87	10,3	7,74	80,2
Спецкокс, фракции 0-10 мм, покрытый ФФС (6 мес.)	2,66	7,23	4,33	85,8
Спецкокс, фракции 10-25 мм (в начале испытания)	1,61	7,77	4,78	85,8
Спецкокс, фракции 10-25 мм (конец испытания)	2,5	11,2	6,5	79,8
Спецкокс, фракции 10-25 мм, покрытый ФФС (6 мес.)	3,15	8,87	5,17	82,8
Спецкокс, фракции 25-40 мм (в начале испытания)	1,62	7,57	5,13	85,7
Спецкокс, фракции 25-40 мм (конец испытания)	2,1	10,6	7,4	80,2
Спецкокс, фракции 25-40 мм, покрытый ФФС (6 мес.)	2,91	8,43	5,26	83,4



а



б

а-изменение уровня фиксированного углерода; б- изменение уровня зольности

Рисунок 4.7 - Изменение технологических характеристик спецкокса относительно исходного состояния

4.4 Моделирование влияния крупности спецкокса и количества антипирогена на содержание влаги

Построение математической модели основывалось на двух факторах: крупность спецкокса (5, 10 и 15 мм) и количество нанесенного антипирогена.

Антипирогеном послужила фенолформальдегидная смола, вновь синтезированная из фенольной воды с коксохимического производственного процесса АО «Сарыарка спецкокс».

Планирование эксперимента и математическая обработка результатов эксперимента производились методом центрального композиционного планирования [116].

Характеристики плана эксперимента представлены в таблице 4.2, а матрица планирования – в таблице 4.3. При этом факторами эксперимента были выбраны:

1. X_1 – крупность спецкокса.

2. X_2 – масса антипирогена.

Функцией отклика у является содержание влаги.

Таблица 4.2 - Характеристика плана эксперимента

Уровень	X_1 (крупность спецкокса)		X_2 (масса антипирогена)	
	код	значение, мм	код	значение, г
Верхний уровень	+1	15	+1	10
Основной уровень	0	10	0	5
Нижний уровень	-1	5	-1	0
Интервал варьирования		5		5

Таблица 4.3 - Матрица планирования эксперимента

X_1 (крупность спецкокса)		X_2 (масса антипирогена)		Влажность угля
код	значение, мм	код	значение, г	%
-1	5	-1	0	$y_{\text{эксп1}}$
-1	5	0	5	$y_{\text{эксп2}}$
-1	5	+1	10	$y_{\text{эксп3}}$
0	10	-1	0	$y_{\text{эксп4}}$
0	10	0	5	$y_{\text{эксп5}}$
0	10	+1	10	$y_{\text{эксп6}}$
+1	15	-1	0	$y_{\text{эксп7}}$
+1	15	0	5	$y_{\text{эксп8}}$
+1	15	+1	10	$y_{\text{эксп9}}$

По данному методу математической обработки результатов эксперимента получаем уравнение регрессии:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 \quad (4.1)$$

Коэффициенты регрессии рассчитываются по формулам (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), (4.8):

$$b_0^* = \frac{\sum_9^1 y}{9} \quad (4.2)$$

$$b_1 = \frac{y_1(-1)+y_2(-1)+y_3(-1)+y_7(+1)+y_8(+1)+y_9(+1)}{6}, \quad (4.3)$$

$$b_2 = \frac{y_1(-1)+y_3(+1)+y_4(-1)+y_6(+1)+y_7(-1)+y_9(+1)}{6}, \quad (4.4)$$

$$b_{12} = \frac{y_1(-1)(-1)+y_2(-1)(+1)+y_3(+1)(-1)+y_1(+1)(+1)}{4}, \quad (4.5)$$

$$b_{11} = \frac{0,33(y_1+y_2+y_3+y_7+y_8+y_9)-0,67(y_4+y_5+y_6)}{2}, \quad (4.6)$$

$$b_{22} = \frac{0,33(y_1+y_3+y_4+y_6+y_7+y_9)-0,67(y_2+y_5+y_8)}{2}, \quad (4.7)$$

$$b_0 = b_0^* - \frac{6}{9} b_{11} - \frac{6}{9} b_{22}. \quad (4.8)$$

4.5 Уравнения регрессии содержания влаги в спецкоксе

Для получения уравнения регрессии вида (3.3) для содержания влаги в спецкоксе и расчета его коэффициентов, использовались результаты экспериментальных данных, представленных в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Результаты эксперимента

X ₁ (крупность спецкокса)		X ₂ (масса антипирогена)		Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y _{ср}
Код	мм	Код	г	%	%	%	%
-1	5	-1	0	1,6346	1,7666	1,6927	1,6980
-1	5	0	5	2,607	2,5985	2,7764	2,6606
-1	5	+1	10	3,7836	3,7421	3,2799	3,6019
0	10	-1	0	1,5697	1,6163	1,6569	1,6143
0	10	0	5	3,0952	3,172	3,1824	3,1499
0	10	+1	10	3,5413	3,4257	3,6124	2,3460
+1	15	-1	0	1,5647	1,6089	1,6861	1,6199
+1	15	0	5	2,9144	2,8848	2,9251	2,9081
+1	15	+1	10	3,675	3,7451	3,8652	3,7618

$$b_0^* = \frac{1,698+2,6606+3,6019+1,6143+3,1499+2,346+1,6199+2,9081+3,7618}{9} = 2,5956$$

$$\begin{aligned}
b_1 &= \frac{1,6980(-1)+2,6606(-1)+3,6019(-1)+1,6199(+1)+2,9081(+1)+3,7618(+1)}{6} = 0,0549 \\
b_2 &= \frac{1,6980(-1)+3,6019(+1)+1,6143(-1)+2,3460(+1)+1,6199(-1)+3,7618(+1)}{6} = 0,7963 \\
b_{12} &= \frac{1,6980(-1)(-1)+3,6019(-1)(+1)+1,6199(+1)(-1)+3,7618(+1)(+1)}{4} = 0,0595 \\
b_{11} &= \frac{0,33(1,6980+2,6606+3,6019+1,6199+2,9081+3,7618)-0,67(1,6143+3,1499+2,3460)}{2} = 0,2994 \\
b_{22} &= \frac{0,33(1,6980+3,6019+1,614+2,3460+1,6199+3,7618)-0,67(2,6606+3,1499+2,9081)}{2} = -0,5048 \\
b_0 &= 2,5956 - \frac{6}{9} * 0,2994 - \frac{6}{9} * -0,5048 = 2,7326
\end{aligned}$$

Таким образом, полученное уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 2,7326 + 0,0549X_1 + 0,7963X_2 + 0,0595X_1X_2 + 0,2994X_1^2 - 0,5048X_2^2 \quad (4.9)$$

Для проверки адекватности полученного уравнения регрессии, описывающего исследуемый процесс, необходимо, прежде всего, оценить погрешность экспериментов. Для этого необходимо сравнить экспериментальные данные с расчетными значениями, полученными при подстановке кодированных значений факторов в уравнение регрессии (4.11). При подстановке кодированных значений факторов эксперимента (в соответствии с таблицей 4.4), были получены следующие расчетные значения влаги в девяти опытах:

$$\begin{aligned}
y_{\text{рассч1}} &= 2,7326 + 0,0549(-1) + 0,7963(-1) + 0,0595(-1) + 0,299(-1)^2 - 0,5048(-1)^2 \\
&= 1,7355; \\
y_{\text{рассч2}} &= 2,7326 + 0,0549(-1) + 0,7963(0) + 0,0595(-1)(0) + 0,2994(-1)^2 - 0,5048(0)^2 \\
&= 2,9771; \\
y_{\text{рассч3}} &= 2,7326 + 0,0549(-1) + 0,7963(+1) + 0,0595(-1)(+1) + 0,2994(-1)^2 \\
&\quad - 0,5048(+1)^2 = 3,2090; \\
y_{\text{рассч4}} &= 2,7326 + 0,0549(0) + 0,7963(-1) + 0,0595(0)(-1) + 0,2994(0)^2 - 0,5048(-1)^2 \\
&= 1,4315; \\
y_{\text{рассч5}} &= 2,7326 + 0,0549(0) + 0,7963(0) + 0,0595(0)(0) + 0,2994(0)^2 - 0,5048(0)^2 \\
&= 2,7326; \\
y_{\text{рассч6}} &= 2,7326 + 0,0549(0) + 0,7963(+1) + 0,0595(0)(+1) + 0,2994(0)^2 - 0,5048(+1)^2 \\
&= 3,0240; \\
y_{\text{рассч7}} &= 2,7326 + 0,0549(+1) + 0,7963(-1) + 0,0595(+1)(-1) + 0,2994(+1)^2 \\
&\quad - 0,5048(-1)^2 = 1,7263; \\
y_{\text{рассч8}} &= 2,7326 + 0,0549(+1) + 0,7963(0) + 0,0595(+1)(0) + 0,2994(+1)^2 - 0,5048(0)^2 \\
&= 3,0868;
\end{aligned}$$

$$y_{\text{расч}} = 2,7326 + 0,0549(+1) + 0,7963(+1) + 0,0595(+1)(+1) + 0,2994(+1)^2 - 0,5048(+1)^2 = 3,4378$$

Анализ уравнения регрессии позволяет сделать следующие выводы:

$$y = 2,7326 + 0,0549X_1 + 0,7963X_2 + 0,0595X_1X_2 + 0,2994X_1^2 - 0,5048X_2^2$$

Положительные значения коэффициентов при X_1 и X_2 показывают, что увеличение влаги в угле повышается при увеличении массы антипирогена.

Коэффициенты при x_1^2 и x_2^2 отличные от нуля показывают, что зависимость не линейная.

Рассмотрим частные зависимости влияния отдельных факторов на функцию отклика $y=f(X_1)$ при $X_2 = -1$

$$\begin{aligned} y &= 2,7326 + 0,0549X_1 + 0,7963(-1) + 0,0595X_1(-1) + 0,2994X_1^2 - 0,5048(-1)^2 \\ &= 0,2994X_1^2 - 0,0046X_1 + 1,4315 \end{aligned}$$

Таким образом, получаем частное уравнение:

$$y = 0,2994X_1^2 - 0,0046X_1 + 1,4315 \quad (4.10)$$

при $X_2 = 0$

$$\begin{aligned} y &= 2,7326 + 0,0549X_1 + 0,7963(0) + 0,0595X_1(0) + 0,2994X_1^2 - 0,5048(0)^2 \\ &= 0,2994X_1^2 - 0,0549X_1 + 2,7326 \end{aligned}$$

Получаем частное уравнение:

$$y = 0,2994X_1^2 - 0,0549X_1 + 2,7326 \quad (4.11)$$

при $X_2 = +1$

$$\begin{aligned} y &= 2,7326 + 0,0549X_1 + 0,7963(+1) + 0,0595X_1(+1) + 0,2994X_1^2 - 0,5048(+1)^2 \\ &= 0,2994X_1^2 - 0,1144X_1 + 3,0241 \end{aligned}$$

Частное уравнение имеет вид:

$$y = 0,2994X_1^2 - 0,1144X_1 + 3,0241 \quad (4.12)$$

Для перехода от кодированных значений к реальным величинам воспользуемся уравнениями:

$$X_1 = \frac{(K-10)}{5} = 0,2K - 2, \quad (4.13)$$

где К – крупность спецкокса;
 10 – средняя крупность;
 5 – интервал варьирования.

Подставим значения в уравнения 4.12-4.13, получим следующие частные зависимости $y = f(0,2K-2)$:

$$\begin{aligned} y &= 0,2994(0,2K-2)^2 - 0,0046(0,2K-2) + 1,4315 \\ &= 0,011976K^2 - 0,23952K + 1,1976 - 0,00092K + 0,0092 + 1,4315 \\ &= 0,011976K^2 - 0,24044K + 2,6383 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= 0,2994(0,2K-2)^2 - 0,0549(0,2K-2) + 2,7326 \\ &= 0,011976K^2 - 0,23952K + 1,1976 - 0,01098K + 0,1098 + 2,7326 \\ &= 0,011976K^2 - 0,25048K + 4,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= 0,2994(0,2-2)^2 - 0,1144(0,2K-2) + 3,0241 \\ &= 0,011976K^2 - 0,23952K + 1,1976 - 0,02288K + 0,2288 + 3,0241 \\ &= 0,011976K^2 - 0,2624K + 4,4505 \end{aligned}$$

С помощью данных уравнений строится график зависимости содержания влаги в спецкоксе от крупности, подставляя в них значения, из пределов матрицы. Данные расчета представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Расчетные данные для построения графиков

К, мм	Значения у при значениях X_2		
	-1	0	1
5	1,7355	3,0870	3,4379
7,5	1,5087	2,8351	3,1562
10	1,4315	2,7328	3,0241
12,5	1,5041	2,7803	3,0418
15	1,7263	2,9774	3,2091

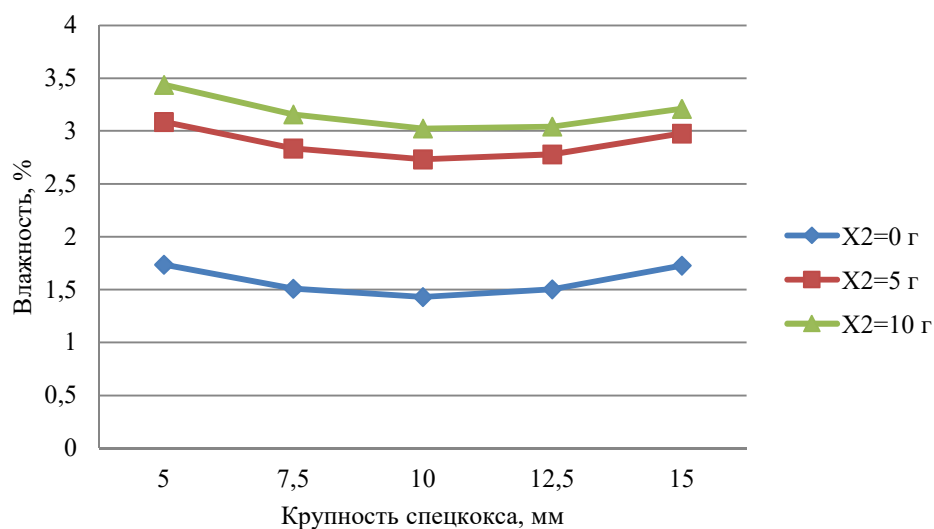


Рисунок 4.8 - График зависимости влажности спецкокса от крупности

На рисунке 4.8 представлена зависимость количества содержания влаги спецкокса от крупности. Наблюдается равномерное понижение содержания влаги спецкокса без добавления и с добавлением массы 5 и 10 г антипирогена затем равномерное увеличение влажности спецкокса. Видно, что минимальная влажность спецкокса соответствует крупности – 10 мм.

Вследствие того, что на графике не наблюдаются явные минимумы и максимумы, потребность находить производные для определения экстремумов отпадает.

Рассмотрим частные зависимости влияния отдельных факторов на функцию отклика $y = f(X_2)$:

$$\begin{aligned}
 y &= 2,7326 + 0,0549X_1 + 0,7963X_2 + 0,0595X_1X_2 + 0,2994X_1^2 - 0,5048X_2^2 \\
 \text{при } X_1 &= -1 \\
 y &= 2,7326 + 0,0549(-1) + 0,7963X_2 + 0,0595(-1)X_2 + 0,2994(-1)^2 - 0,5048X_2^2 \\
 &= -0,5048X_2^2 + 0,7368X_2 + 2,9771
 \end{aligned}$$

Таким образом, получаем частное уравнение:

$$y = -0,5048X_2^2 + 0,7368X_2 + 2,9771 \quad (4.14)$$

при $X_1 = 0$

$$\begin{aligned}
 y &= 2,7326 + 0,0549(0) + 0,7963X_2 + 0,0595(0)X_2 + 0,2994(0)^2 - 0,5048X_2^2 \\
 &= -0,5048X_2^2 + 0,7963X_2 + 2,7326
 \end{aligned}$$

Получаем частное уравнение:

$$y = -0,5048 X_2^2 + 0,7963 X_2 + 2,7326 \quad (4.15)$$

при $X_1 = +1$

$$\begin{aligned} y &= 2,7326 + 0,0549(+1) + 0,7963 X_2 + 0,0595(+1) X_2 + 0,2994(+1)^2 - 0,5048 X_2^2 \\ &= -0,5048 X_2^2 + 0,8558 X_2 + 3,0869 \end{aligned}$$

Частное уравнение имеет вид:

$$y = -0,5048 X_2^2 + 0,8558 X_2 + 1,0869 \quad (4.16)$$

Для перехода от кодированных значений к реальным величинам воспользуемся уравнениями:

$$X_2 = \frac{(m_{\text{ф.с.}} - 5)}{5} = 0,2m_{\text{ф.с.}} - 1, \quad (4.17)$$

Подставим значения в уравнения 4.15-4.17, получим следующие частные зависимости $y = f(0,2m_{\text{ф.с.}} - 1)$:

$$\begin{aligned} y &= -0,5048(0,2m_{\text{ф.с.}} - 1)^2 + 0,7368(0,2m_{\text{ф.с.}} - 1) + 2,9771 \\ &= -0,020192m_{\text{ф.с.}}^2 + 0,20192m_{\text{ф.с.}} - 0,5048 + 0,14736m_{\text{ф.с.}} - 0,7368 \\ &\quad + 2,9771 = -0,020192m_{\text{ф.с.}}^2 + 0,34928m_{\text{ф.с.}} + 1,7355 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= -0,5048(0,2m_{\text{ф.с.}} - 1)^2 + 0,7963(0,2m_{\text{ф.с.}} - 1) + 2,7326 \\ &= -0,020192m_{\text{ф.с.}}^2 + 0,20192m_{\text{ф.с.}} - 0,5048 + 0,15926m_{\text{ф.с.}} - 0,7963 \\ &\quad + 2,7326 = -0,020192m_{\text{ф.с.}}^2 + 0,36112m_{\text{ф.с.}} + 1,4315 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= -0,5048(0,2m_{\text{ф.с.}} - 1)^2 + 0,8558(0,2m_{\text{ф.с.}} - 1) + 3,0869 \\ &= -0,020192m_{\text{ф.с.}}^2 + 0,20192m_{\text{ф.с.}} - 0,5048 + 0,17116m_{\text{ф.с.}} - 0,8558 \\ &\quad + 3,0869 = -0,020192m_{\text{ф.с.}}^2 + 0,37308m_{\text{ф.с.}} + 1,7263 \end{aligned}$$

Теперь по данным уравнениям можно построить график, с помощью которого можно проанализировать зависимость содержания влаги от массы антипирогена. Данные расчета представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Расчетные данные для построения графиков

Масса антипирогена, г	Значения u при значениях X_2		
	-1	0	1
0	1,7355	1,4315	1,7263
2,5	2,4825	2,2081	2,5328
5	2,9771	2,7323	3,0869
7,5	3,2193	3,0041	3,3886
10	3,2091	3,0235	3,4379

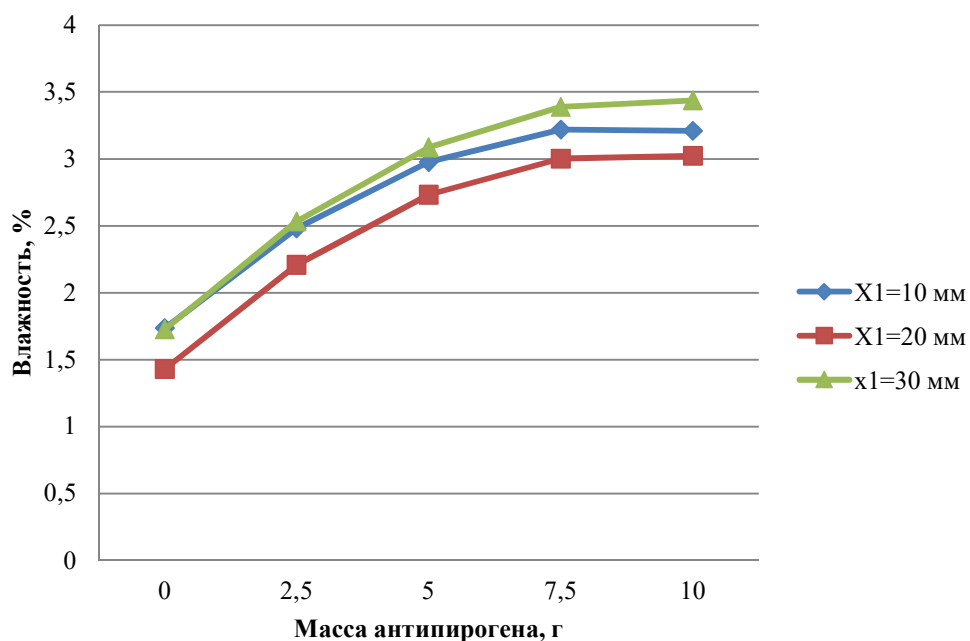


Рисунок 4.9 - Зависимость влажности спецкокса от количества фенолформальдегидных смол

Таким образом, как видно из графиков крупность спецкокса не сильно влияет на содержание влаги в спецкоксе. На рисунке 4.9, где показана зависимость влаги спецкокса от количества фенолформальдегидных смол, можно заметить, что при $x_1 = 10, 20, 30$ мм содержание влаги в спецкоксе повышается, однако, потом можно заметить постепенное понижение содержания влаги, что доказывает применение исследуемого антипирогена эффективным.

5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДОБЫЧИ И СКЛАДИРОВАНИЯ УГЛЯ И СПЕЦКОКСА ШУБАРКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

5.1 Технология складирования угля на открытых складах

5.1.1 Общие рекомендации

Хранение Шубаркольского угля должно осуществляться на специально оборудованных складах и сухих площадках, не подверженных обводнению, с соблюдением мер, исключающих возникновение пожаров и взрывов, загрязнение окружающей среды:

1. Уголь должен храниться в штабелях, размеры которых ограничиваются высотой до 2,5 м, шириной не более 20 м, длина не ограничивается. Закладка следующего штабеля следует производить на расстоянии 3-5 м от сформированного (Приложение Е).

2. Рекомендуемый угол закладки штабелей 25° . Максимальный угол откосов штабелей составляет 37° .

Примерный объем штабеля: высота 2.5 м, ширина 20 м, длина 100 м, масса 5000 т, площадь 2600 м².

3. Основанием площадки должен быть естественный грунт (поверхность земли, почва), покрытый с уплотнением смесью шлака и тощей глины с толщиной слоя в 10-15 см (соотношение шлака и глины 1:1). При естественном грунте осуществляется хорошая теплоотдача угля в почву и относительно быстрое удаление в нее атмосферных осадков, естественный грунт обеспечивает также лучший контакт почвы с углем, что затрудняет свободный подсос воздуха во внутрь штабеля через под штабельное основание.

4. При подаче угля на склад, укладке в штабель и обратной подаче должны предусматриваться меры по уменьшению измельчения угля и предотвращению его распыления, соответственно уплотнение транспортом не допустимо.

5. К мерам по предотвращению нежелательного измельчения угля (нарушение фракционного состава) можно отнести следующее:

- сокращение до минимума погрузочно-разгрузочных операций при складировании угля;
- максимальное уменьшение высоты разгрузочной эстакады железнодорожного тупика;
- на операциях по складированию угля рекомендуется применять автопогрузчик с минимальной технически возможной высотой выгрузки угля;
- загрузку угля в ковш автопогрузчика рекомендуется вести с минимальным давлением напора.

6. В целях своевременного обнаружения очагов окисления рекомендуется проведение визуального и температурного контроля хранимого угля путем периодической тепловизорной съемки с применением компьютерной обработкой и

моделирования с высоты установленных столбов по периметру складовой площадки.

7. Для увеличения срока хранения угля на открытой площадке предлагаются следующие методы:

- покрытие трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой;
- применение специальных покрытий (антипирогенов).

При выполнении рекомендуемых мероприятий по повышению сроков хранения уголь повышенной крупности должен соответствовать характеристикам уменьшения прироста мелочи в штабеле относительно штабеля без обработки, приведенным в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Уменьшение прироста мелочи в штабеле относительно штабеля без обработки (фракции 0-6 мм)

Показатель	Срок хранения		Затраты на 1 тонну при массе штабеля 5000 т, тг
	3 мес	6 мес.	
Покрывание трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой	2,1%	4,5%	473
С применением антипирогена 5 % жидкого стекла + 1 % ПАВ (Прогресс)	0,6%	5%	577
Синтезированная фенолформальдегидная смола на базе Коксохимического комбината	2,4%	4%	1944

5.1.2 Использование антипирогенных покрытий

При длительном хранении Шубаркольского угля для сохранения потребительских качеств рекомендуется покрытие штабелей специальными покрытиями (таблица 5.2).

Таблица 5.2 - Рекомендуемые покрытия для угля повышенной крупности №

Наименование покрытия	Расход, кг/м ²	Расход, кг/т
Антипироген 5 % жидкого стекла + 1 % ПАВ (Прогресс)	5	2,6
Синтезированная фенолформальдегидная смола на базе Коксохимического комбината	38,3	19,3

Приготовление антипирогена 5 % жидкого стекла + 1 % ПАВ:

- 1) раствор приготавливаются в емкости объемом не менее 200 л;
- 2) залить емкость технической водой наполовину;
- 3) отмерить 2 кг ПАВ (Прогресс) и 10 кг (7 л) жидкого стекла доступной марки;
- 4) помешивая раствор промышленным миксером, медленно добавить отмеренные агенты в емкость;

- 5) дополнить содержимое емкости технической водой до отметки;
- 6) хранить подготовленный раствор в закрытом виде при температуре выше 5°C.

5.1.3 Покрытие штабелей угля антипирогенными покрытиями:

1) для покрытия штабелей водными растворами антипирогенов используется шламовый насос типа ВШН-150 (допустимы аналоги:

- номинальная подача – до 150 м³/час;
- номинальный напор – до 30 м;
- температурный диапазон о.с. - -30°C - +60°C;
- мощность двигателя – 30 кВт;
- вес насоса – 335 кг.

Дополнительное нагнетательное оборудование включает следующие детали:

- дизельный электрогенератор типа АД-35 (допустимы аналоги)
- высоконапорный нагнетательный шланг длиной 10 м;
- высоконапорный сливной шланг длиной 2 м;
- высоконапорный запорный кран;
- соединительные скобы.

2) для мобильности установки рекомендуется сконструировать прицепную систему, комбинирующую электродвигатель, дозирующий насос и емкости для;

3) покрытие антипирогеном следует производить в срок не позднее чем 24 часа после формирования штабеля с завершением ширины в 20 м и длины штабеля не менее 30 м. Дополняющийся фронт штабеля покрывается по мере продвижения на каждые 30-40 м;

4) работа по покрытию антипирогенами производится рабочей командой в составе не менее 2-х человек, при условии отсутствия помех работам по формированию штабелей, с получением наряда-допуска или иных разрешительных документов предприятия;

5) покрытие штабелей происходит согласно расходу, указанному в таблице 5.1

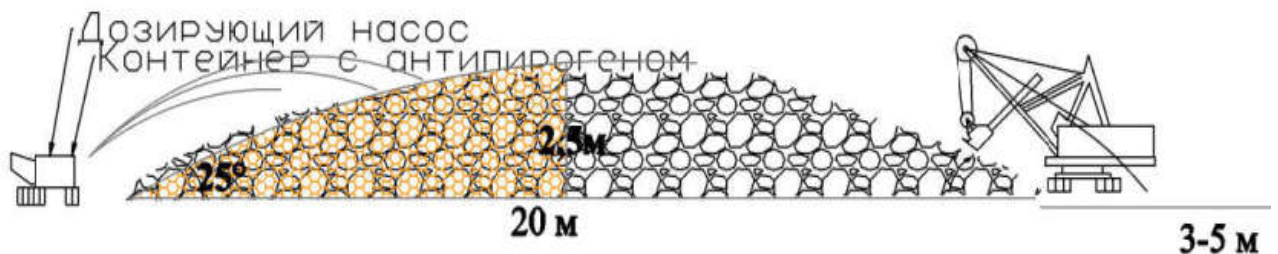


Рисунок 5.1 – Схема покрытия штабеля угля антипирогенами при формировании

5.1.4 Покрытие трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой

При длительном хранении Шубаркольского угля и спецкокса для сохранения потребительских качеств также рекомендуется покрытие штабелей трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой.

1. Трехслойная пленка производится с помощью рукавов шириной 12 м.

Характеристики трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленки:

- толщина пленки – 0,2 мм;
- термостойкость – 65 °С + 80 °С.

2. Необходимое оборудование:

- аппарат горячей сварки, 220V;
- электрогенератор с номинальной мощностью 220-230V;
- бортовой транспорт для установки стенда с рулоном трех слойной пленки и креплений.

3. Покрытие пленкой следует производить в срок не позднее чем 24 часа после формирования штабеля с завершением ширины в 20 м и длины штабеля не менее 30 м. Дополняющийся фронт штабеля покрывается по мере продвижения на каждые 30-40 м.

4. Работа по покрытию пленкой производится рабочей командой в составе не менее 2-х человек, при условии отсутствия помех работам по формированию штабелей, с получением наряда-допуска или иных разрешительных документов предприятия.

5. Пленкой равномерно укрывают штабель угля и по периметру основания штабеля устанавливаются крепления во избежание поднятия пленки.

6. Укладка производится поперек штабеля, края пленки склеиваются друг с другом горячей сваркой, образуя единое покрытие (рисунок 5.3).

7. Горячая сварка осуществляется специальным аппаратом через нагревательный элемент, выполненный из металла, который нагревает полиэтилен (рисунок 5.2).

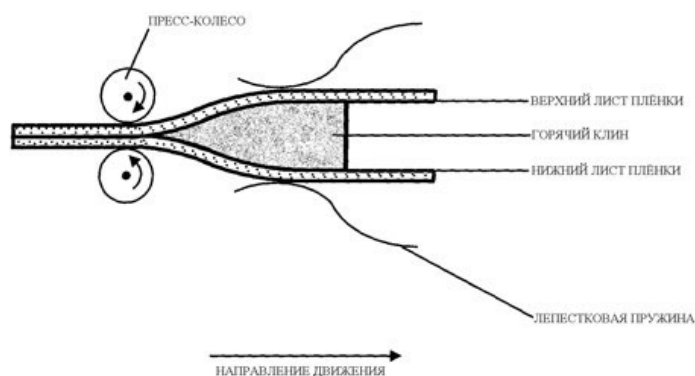


Рисунок 5.2 - Схема работы аппарата горячей сварки

Примечание – Составлено по источнику [117]

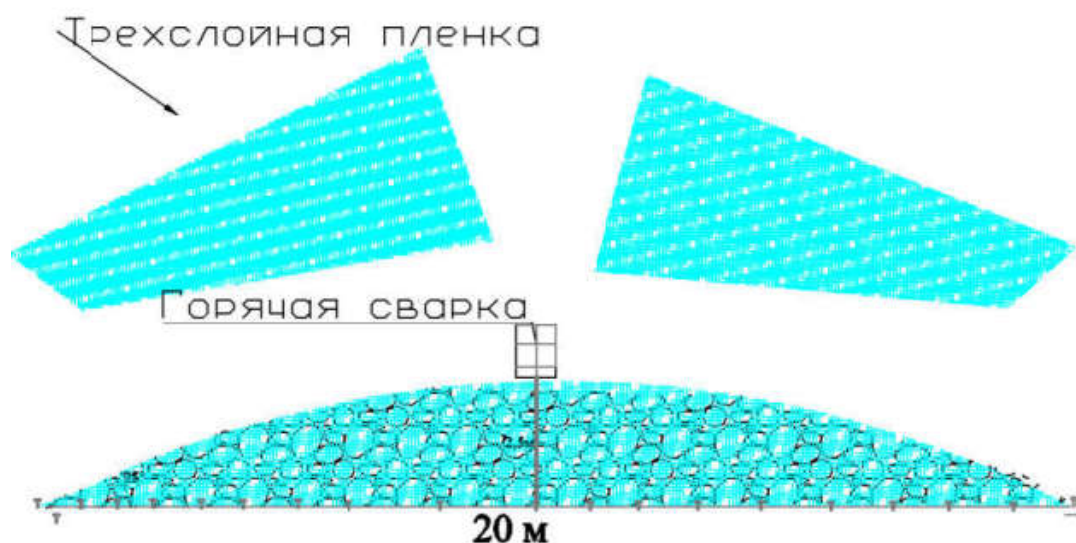


Рисунок 5.3 – Схема покрытия штабеля угля трехслойной пленкой при формировании

5.1.5 Технология покрытия спецкокса во время производства

После окончания стадии пиролиза полукокс проходит между фурмами и охлаждается парами воды из ванны тушения. Далее качающимся коксовыталькивателем, полукокс сбрасывается в ванну тушения, где охлаждается до 50°C и приобретает пористую структуру.

Из ванны тушения скребковым конвейером полукокс, проходя через сушку, где нагревается с 50°C до 62°C, поступает на ленточный конвейер (В-1000 мм; L-107,3 м.). Далее полукокс поступает на направляющий к грохоту конвейер (В-1000 мм; L-48 м.). Грохот инерционный самобалансный ГИСЛ-72 разделяет полукокс на две фракции свыше 5 мм и меньше 5 мм, далее каждая фракция по своему конвейеру (В-1000 мм; L-24 м.) движутся на временные места хранения.

Разработанную методику синтеза ФФС из компонентов фенольной воды возможно применить на базе, дополнив существующую схему сушки спецкокса отдельным коллектором фенольной воды, где и рекомендуется воспроизведение химической реакции превращения полифенолов в фенолформальдегидную смолу. Технические условия для протекания химической реакции обеспечены наличием температуры и следами серной кислоты, отделяющаяся в каплеотбойниках (рисунок 5.4).

Покрывание спецкокса во время сушки позволит выпускать продукцию до стадии разделения по фракциям с улучшенными механическими свойствами и изолированными порами, препятствуя немедленному окислению при выходе на погрузку при средней влажности 20-22% вместо проектированных 12%.

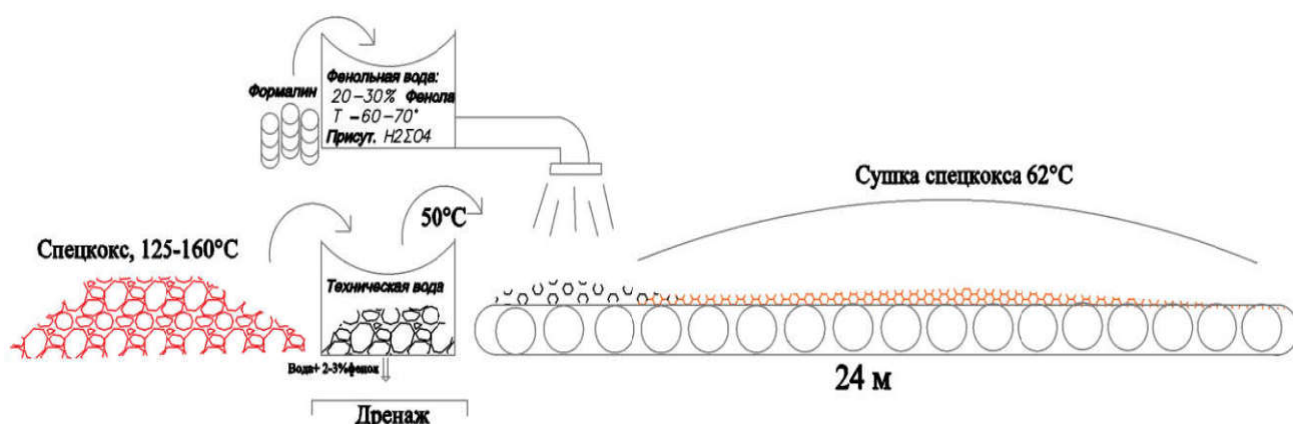


Рисунок 5.4 Схема покрытия спецкокса полимерным антипирогеном во время сушки

5.1.6 Хранение угля на закрытой площадке

Для увеличения срока хранения угля на закрытой площадке необходимо использовать складирование угля в штабеля с применением специального покрытия.

Расстояние между штабелями угля закрытого склада должно составлять не менее 3 м. Расстояние между штабелем угля и стеной (колонной) закрытого склада должно составлять не менее 3 м.

Технология хранения угля и его покрытия на закрытой площадке аналогична технологии хранения угля на открытом складе. При этом необходимыми условиями хранения угля на закрытом складе являются:

- проветриваемость;
- доступность загрузки-выгрузки склада не менее, чем с двух выходов.

При выполнении мероприятий по повышению сроков хранения уголь повышенной крупности должен соответствовать следующим характеристикам уменьшения прироста мелочи в штабеле относительно штабеля без обработки (таблица 5.3).

Таблица 5.3 - Уменьшение прироста мелочи в штабеле относительно штабеля без обработки (фракции 0-6 мм)

Показатель	Срок хранения		Затраты на 1 тонну при массе штабеля 5000 т, тг
	3 мес.	6 мес.	
Покрывание трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой	1,5 %	2 %	473
С применением антипирогена 5 % жидкого стекла + 1 % ПАВ (Прогресс)	0,5%	1 %	577

Уменьшение прироста мелочи при хранении в закрытом складе по сравнению с хранением на открытом складе приведен в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Уменьшение прироста мелочи при хранении в закрытом складе по сравнению с хранением на открытом складе

Показатель	Срок хранения	
	3 мес.	6 мес.
Уменьшение прироста мелочи от хранения в закрытом складе по сравнению с хранением на открытом складе	0,7 %	1,9 %

5.2 Многослойная пленка для транспортирования угля и спецкокса

Положительные результаты испытаний трехслойной пленки по профилактике выветривания угольной продукции позволяет рекомендовать использование промышленных полиэтиленовых мешков шириною от 1,5 до 2,5 м или вкладышей по периметру транспортных вагонов, спаиваемых по окончании загрузки (рисунок 5.5).



а



б

а - полиэтиленовые многослойные пакеты (биг баги); б – вкладыши в вагоны для перевозки угольной продукции

Рисунок 5.5 – Варианты использования многослойной пленки в транспортировке угольной продукции

При использовании вкладышей из трехслойной пленки не потребует значительных трудозатрат и несет дополнительные операции по сшиванию или спаиванию пакетов по окончании загрузки. Подобная транспортировка позволяет сохранить фракционную целостность во время перевозки и временного хранения, которая не требует переноса в закрытые хранилища при соблюдении изначального регламента влажности спецкокса при отпуске с завода-изготовителя.

5.3 Технология отработки пласта и закладки выработанного пространства на угольных шахтах

Существующие на сегодняшний день технологии отработки угольных пластов, выбор и эксплуатация горных машин, проектирование схем проветривания не

предотвращают потери угля в выработанном пространстве в силу выветривания и самовозгорания угольных скоплений, особенно на участках геологических нарушений, в которых теряется уголь, ранее разрыхленный в результате сдвижения горных пород.

В связи с этим наиболее эффективным способом профилактики эндогенных пожаров в шахтах является обработка целиков и выработок антипирогенами, снижающими химическую активность угля по отношению к кислороду.

Снижения химической активности угля в основном достигают путем обработки теряемых скоплений твердыми и жидкими антипирогенами.

Так, обычное увлажнение угля приводит к снижению его химической активности по отношению к кислороду из-за образования на его поверхности слоя жидкости, препятствующей проникновению кислорода к активным центрам. Добавка в жидкость поверхностно-активных веществ усиливает антипирогенное действие воды действия благодаря лучшей смачиваемости поверхности угля, приводящей к образованию пленок с большей поверхностью [28, с.3].

Данная технология профилактики эндогенных пожаров позволяет проводить обработку выработанного пространства без остановки добычных работ в лаве, что очень важно с экономической точки зрения.

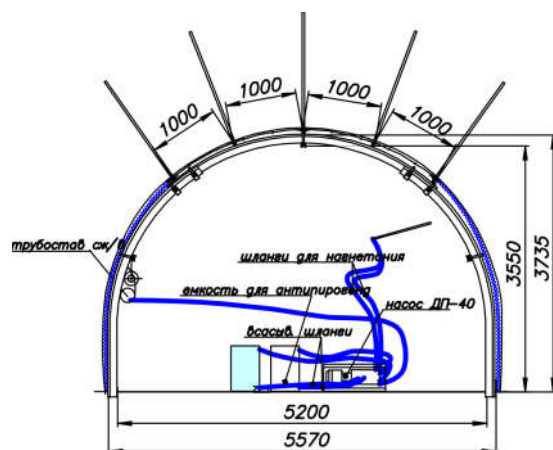
На основе данных, полученных полевыми испытаниями, предлагается покрытие кровли, груди забоя и стенок выработки антипирогенными материалами в составе 5% жидкого стекла + 1% ПАВ (Прогресс) и полимерного покрытия «Текфлекс», в частности, при наличии признаков разрыхленности пород блоков.

Покрытие антипирогенов производится путем набрызга слоя в 0,2-0,5 мм пневматической насосной установки.

Расчитанный объем расхода на 1 м² поверхности составляет 5 кг состава 5% жидкого стекла + 1% ПАВ (Прогресс)

В случаях нагнетания полимерного покрытия в толщии кровли расходуется до 38 кг на 1 м².

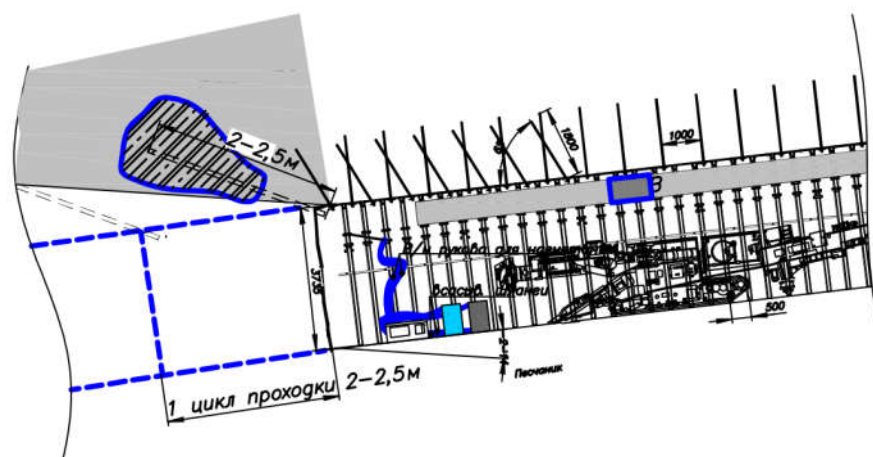
Необходимость нагнетания заключается не только в изоляционных функциях полимерного покрытия, но также и в целях укрепления кровли и стенок выработки. Для нагнетания полимерного покрытия в глубину 1-1,5 м производится бурение шпуров для установки анкеров типа ИРМА, через которые сообщается антипироген (рисунок 5.6).



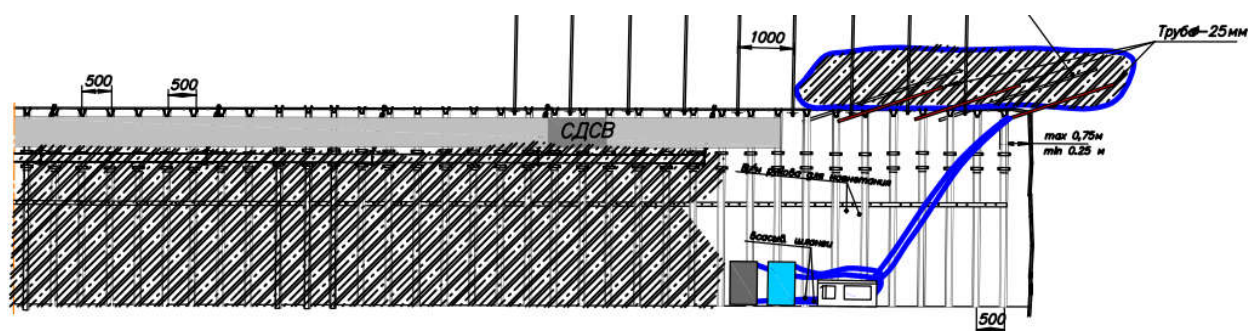
а



б



в



г

а - схема покрытия стенок выработки антипирогеном; б - покрытие стенок выработки покрытием «Текфлекс»; в - обработка антипирогеном конвейерного квершлага (продольный разрез); г - обработка антипирогеном вентиляционного штрека (продольный разрез)

Рисунок 5.6 - Обработка горных выработок антипирогенными покрытиями

Процессы самовозгорания зачастую происходят именно в труднодоступных участках шахты, где предложенный способ изоляции оголенного участка угольных целиков невозможен. Блокирование или закрытие подобных участков и выработанных пространств на практике производится путем закладки пространства.

Главная роль закладки выработанного пространства является управление горным давлением при ведении очистных работ, что также способствует предотвращению нарушений рельефа земной поверхности. Разрешая вопросы горного давления, не придается значения влиянию состава закладочного материала на процессы самонагревания, когда как окислы металлов в составе пустых пород могут послужить катализатором окислительных процессов и спровоцировать очаги самонагревания в труднодоступных участках шахт, несмотря на максимальную плотность закладки. Таким образом, смешение полимерного материала с закладочным материалом при пневматическом способе закладки и при гидрозакладке в особенности имеет потенциал рационального метода заблаговременного блокирования очага самонагревания.

Профилактика самовозгорания от смешения закладочного материала с полимерным покрытием заключается в изоляции и исключении прямого контакта концентрата отработанной породы с оголенными стенками выработанного пространства, а также в обеспечении более плотной закладки выработанного пространства в силу адгезивных и эластичных свойств связующего материала [118].

Идея смешивания материалов не потребует капитального изменения действующих технологических схем закладки выработанного пространства и требует лишь добавление заготовленной смеси на стадии дробления и подготовки закладочного материала (рисунок 5.7).



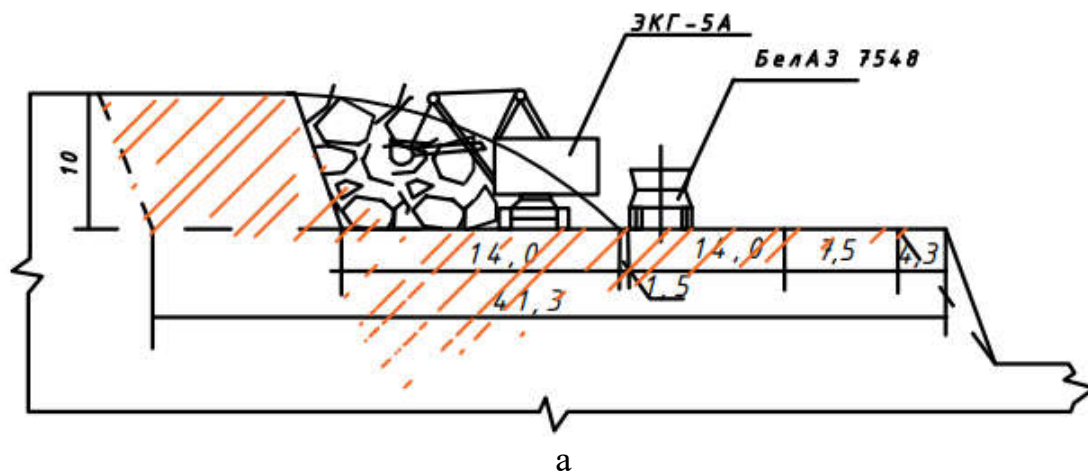
Рисунок 5.7 - Процесс нанесения полимерного покрытия во время закладочных работ

5.4 Технология отработки угольных пластов при отрытых горных работах на примере Шубаркольского угольного разреза

Пласты на участке Центральный падают на юг и на участке Западный на юго-восток, поэтому количество уступов в вскрыше увеличивается по мере продвижения фронта горных работ к центру Шубаркольского угольного бассейна. Вскрыша с верхних уступов транспортируется в отвалы внешней вскрыши по автодорогам по краю разреза. Большая часть вскрыши в средних и более низколежащих уступах обрабатывается одноковшовыми экскаваторами и транспортируется самосвалами на участки закладки внутри разреза. Временные автоуклоны строятся из вскрыши на бортах карьера для сокращения общего расстояния транспортировки.

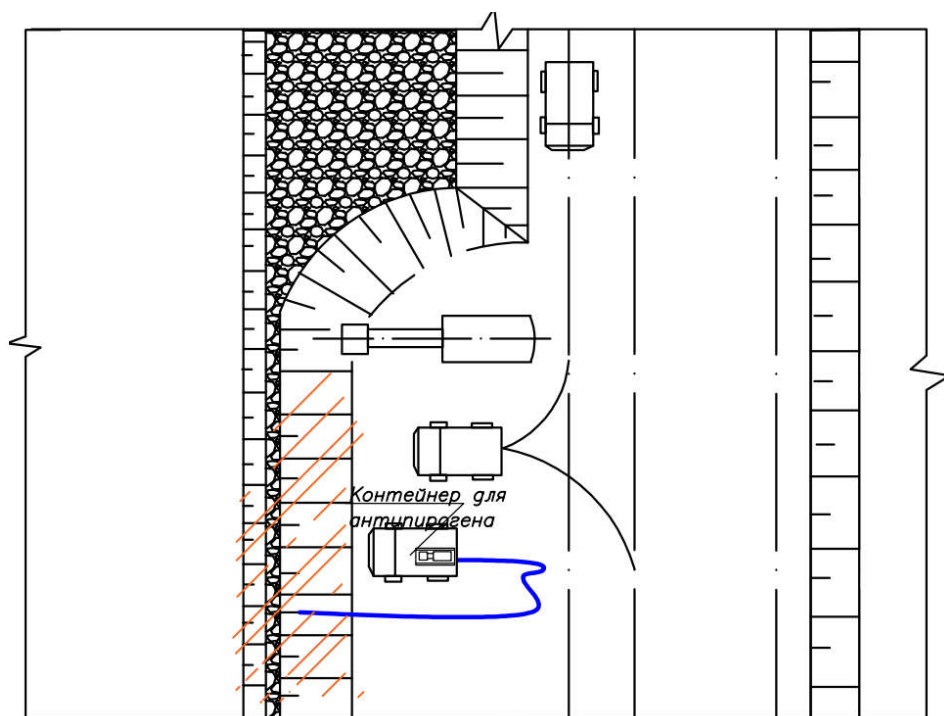
Часть пласта, выходящая на земную поверхность или оказавшаяся открытой после вскрышных работ в короткий срок оказывается выветрелой. Во избежание потерь полезного ископаемого, связанных с окислением угля и возгорания целиков, требуются мероприятия по покрытию поверхности уступов и вскрытого пласта вышеназванными антипирогенными материалами. Покрытие фенолформальдегидными смолами, синтезированными из фенольной воды коксохимического производства, являются более рациональными с точки зрения экономики и экологии угледобычи.

Нанесение антипирогенного материала возможно производить как стационарными, так и мобильными смесительно-насосными установками. Испытанный слой на штабелях в 2-5 мм полимерного покрытия позволит сохранить рабочее состояние уступов и целиков до 6 месяцев (рисунок 5.8).



а – продольный разрез

Рисунок 5.8 – Обработка добычного уступа с применением антипирогенного покрытия, лист 1



б

б - вид сверху

Рисунок 5.8, лист 2

На отвалы внешней вскрыши приходится 25% от общего объема отработанной вскрыши, а остаток хранится как закладка в границах разреза.

Проблема содержания внутренних отвалов заключается в наличии прослойки горючих сланцев, который залегает на угольном пласта и отрабатывается как пустой материал. Инкубационный период возгорания таких сланцев составляет 3 месяца, и, в настоящее время, эти породы складывают на низлежащих горизонтах отработанного разреза и покрываются глиной [89, с.28].

Полагаем покрытие формирующихся внутренних отвалов антипирогенными смесями или произведенными фенолформальдегидными смолами обеспечит продление инкубационного периода на срок свыше 6 месяцев, а в лучшем случае и вовсе предотвратит окисление горючих пород (рисунок 5.9).

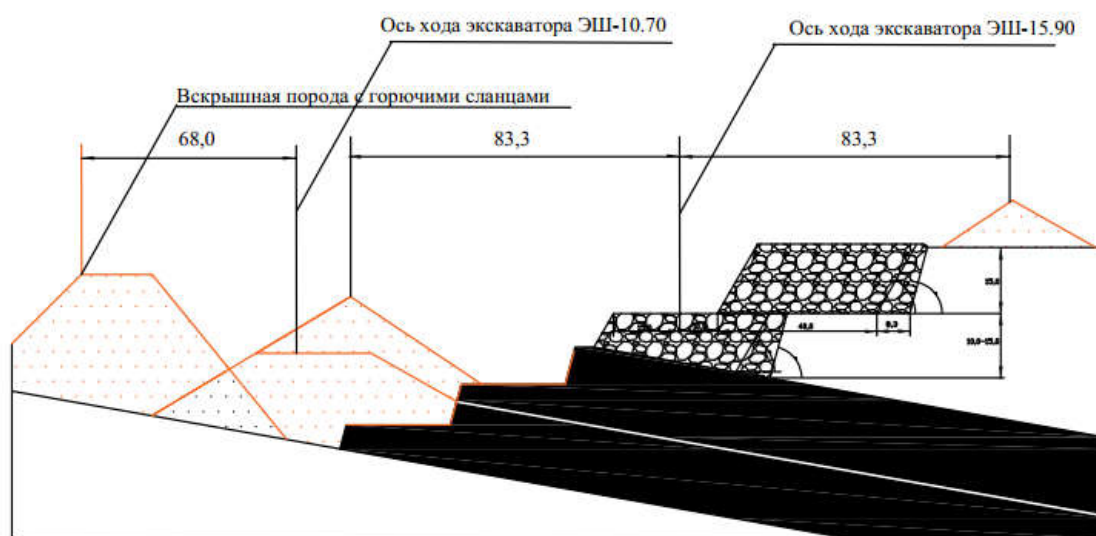


Рисунок 5.9 – Формирование внутренних отвалов с покрытием закладки антипирогеном

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря экспериментам по покрытию угольных штабелей различными антипирогенами, а также проведенным техническим и ситовым анализам выявлено, что антипирогенные покрытия имеют практическую роль по предотвращению окисления и увеличению инкубационного периода угля и спецкокса.

Эксперименты по применению антипирогенных материалов производились лишь в условиях открытого хранения угля, при этом результаты технического и гранулометрического анализов, позволяют сделать вывод об эффективности антипирогенных материалов в предотвращении выветривания на всех стадиях угледобычи, так как принцип и способ покрытия скоплений скоплений угля остается единым. В связи с чем, в работе были рассмотрены примеры применения методики сохранения технологических и потребительских ценностей в различных способах и этапах добычи угля.

В результате проведения экспериментальных лабораторных исследований пришли к следующим **выводам**:

1. Каменные угли и спецкокс самовозгораются в штабеле в результате происходящих физико-химических реакций окисления при низкой теплопроводности материала, а спецкоксы, несмотря на пониженное содержание летучих веществ (каменные угли имеют 40-45%, спецкокс - 10-15%), самовозгораются за счет создания активной развитой поверхности и изначально нагретому состоянию.

2. Установлены закономерности протекания теплового механизма самовозгорания для углей и спецкоксов, полученного на их основе. Исследовано влияние на динамику самонагрева спецкоксов в штабеле иных и не менее важных критериев и параметров. Установлено, что при влиянии ветрового обдува, происходит прогрессирующий рост температуры самонагрева, который неизбежно приводит к самовозгоранию.

3. Углеродные материалы образующиеся в процессе коксования проявляют различную склонность к самовозгоранию. Для спецкоксов эффективная энергия активации E находится в пределах от 44,3 до 58,7 кДж-моль⁻¹, предэкспонент адиабатической скорости самонагрева C от 403 до 23668 К с⁻¹. Чем меньшим значением E и большим значением C обладает материал, тем более склонным к самовозгоранию он является. Для спецкоксов E незначительно меньше, чем у каменных углей, что свидетельствует об увеличении активности материала, однако низкая величина предэкспоненты может указывать на то, что при иницировании процесса самовозгорания спецкоксов решающее значение отводится нагретому состоянию материала.

4. Из антипирогенных материалов следует отметить Текфлекс - полимерное покрытие и трехслойную полиэтиленовую пленку, так как штабеля, покрытые вышеперечисленными антипирогенами, показали устойчивость к дождю, снегу и

влиянию низких температур. В своём ряду данные штабеля показали высокое содержание углерода.

5. Данные ситового анализа позволяют построить кривые и по экспоненциальным уравнениям спрогнозировать как изменение качества угольной продукции в заданный срок хранения или консервации разрабатываемого участка, так и сроки сохранности угля по заданным критериям качества, полимерные антипирогены позволяют увеличить срок хранения при сохранении уровня фракции 0-6 мм на 20% в 2 раза, а уровня фракции 50-300 мм на 40% в 2,5 раз.

6. Полимерные покрытия или полиэтиленовые пленки позволили сохранить целостность и энергетическую ценность продукции, не увеличив при этом зольность, связи с отсутствием неорганических примесей в своем составе. Однако, экономика применения полимерного покрытия не является примером рациональности и требует изучения применения или разработки более дешевых аналогов. Так, например, интересна технология обработки вторичного сырья или побочных продуктов коксования угля.

7. Фенольная вода, образующаяся в результате коксования на Шубаркольского угля, является реальной экологической проблемой, которую необходимо нейтрализовать в любом случае, могло бы послужить сырьем для синтеза полимерных антипирогенов на участке производства.

8. Видится перспективным и использование трехслойной полиэтиленовой пленки в различных формах, которая могла послужить эффективным покрытием и упаковочным материалом в случаях транспортирования и складирования угля и спецкокса. Изготовление так называемых багов для транспортировки, хранения угля и продуктов обеспечит как сохранность продукта, так и мобильность при использовании определенных объемов.

9. Разработаны технологические рекомендации по продлению сроков сохранности крупности и технических характеристик угля и спецкокса на открытых и закрытых хранилищах. При открытом хранении рациональными решениями оказались и рекомендованы для внедрения в производственный процесс штабелирование в соотношении 2,5м*100м*20м (в*д*ш), которая составляет 5000 т угольной продукции в штабеле. Эффективными покрытиями, обеспечивающие измельчение угля не более 4,5-5% за 6 месяцев являются трехслойная термостойкая полиэтиленовая пленка и антипироген с составом 5 % жидкого стекла + 1% ПАВ (Прогресс).

10. Применение антипирогенов существенно не увеличивает себестоимость угля при обработке горных выработок при подземных и горных уступах при открытой добыче угля, а увеличивает инкубационный период на срок более 6 месяцев на участках пласта склонного к выветриванию и самовозгоранию.

11. Проблемы сохранности угля во многом зависят от способа вскрытия шахтного поля или разреза, отработки угольных пластов, профилактики окислительных процессов в момент вскрышных работ т.д.

12. Испытанные полимерные антипирогенные материалы рекомендованы для применения во время закладочных работ для изоляции открытой поверхности угольных пластов и пород от минеральных активных компонентов, усугубляющих окисления органической массы, и уплотнения закладочных материалов при закрытии выработанного пространства и участков.

13. На Шубаркольском разрезе обработка добычных уступов и внутренних отвалов породы с горючим сланцем полимерным антипирогенным материалом из фенольной воды позволит рационализировать производственный процесс и обеспечить прочность закладки и горных уступов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Аренс В.Ж. Пути развития горного дела и горной науки // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2005. - №.1 - С. 212-222.
- 2 Синьчковский В.Н., Вокин В.Н. Синьчковская Е.В. Технология открытых горных работ: учебное пособие. – Изд. 2-е, перер. и доб. – Красноярск: СФУ, 2007. – 528 с.
- 3 Иванова И.И. Создание экологической безопасности добычных работ на бурогольных месторождениях Сибири: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36. - Иркутск, 2014. - 170 с.
- 4 Репин Н.Я. Подготовка горных пород к выемке: учебное пособие. - М.: Горная книга, 2009. – Ч. 1. – 188 с.
- 5 Канатбаева А.Ш. Разработка способа снижения загрязнения окружающей среды при складировании углей на теплоэлектростанциях: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 25:00:36. - Алматы, 2010. – 27 с.
- 6 Гюльмалиев А.М. Головин Г.С., Гладун Т.Г. Теоретические основы химии угля. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 556 с.
- 7 Щадов И.М., Шестакова И.И. Физико-химические свойства бурых углей Восточной Сибири и Забайкальского края // Вестник иркутского государственного технического университета. - 2012. – №7. – С. 81-85.
- 8 Ren W.-X. Analyses and prevention of coal spontaneous combustion risk in gobs of coal mine during withdrawal period // Geomatics, Natural Hazards and Risk. – 2019. - Vol. 10, №1. - P. 353-367.
- 9 Иманбекова А.М. Улучшение условий труда, повышение его безопасности и охрана окружающей среды как важные социальные требования к функционированию горнодобывающего предприятия // Проблемы права и экономики. - 2016. - №2. - С. 66-73.
- 10 Dr L.L. Sloss Assessing and managing spontaneous combustion of coal – report issued by IEA Clean Coal Centre, UK, 2015. - p.55
- 11 Шестакова И.И. Оценка экологической опасности самовозгорания бурых углей // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. - №63. - С. 77-80.
- 12 Линденау Н.И., Маевская В.М., Крылов В.Ф. Происхождение, профилактика и тушение эндогенных пожаров в угольных шахтах. – М.: Недра, 1977. – 319 с.
- 13 Тронов Б.В. О механизме окисления каменного угля кислородом воздуха // Известия Томского индустриального института. - 1940. - Т. 60, №3. - С. 11-36.
- 14 Проблемы катализа в углехимии // Сб. науч. ст. АН Украины. – Киев: Наукова думка, 1992. – С. 195-199.
- 15 Пашковский П.С., Кравец В.М. Роль электрохимических процессов в развитии очага самовозгорания угля // Уголь Украины. - 1995. - №6. - С. 38-39.

- 16 Deng J., Ma X., Zhang Y., Li Y., Zhu W. Effects of pyrite on the spontaneous combustion of coal // *International Journal of Coal Science and Technology*. - 2015 - №2(4). - P. 306-311.
- 17 Onifade M., Genc B., Wagner N. Influence of organic and inorganic properties of coal-shale on spontaneous combustion liability // *International Journal of Mining Science and Technology*. - 2019. - №.6 – P.851-857
- 18 Балалаев А., Барановский В., Бурчак А. и др. Некоторые аспекты отдельных геологических факторов самовозгораемости углей // Сб. научн. трудов ИГМ им.Н.С.Полякова «Геотехническая механика», Украина, 2012.
- 19 Стадников Л.Г. Самовозгорающиеся угли и породы, их геохимическая характеристика и методы опознания. – М.: Углекимиздат, 1956. – 324 с.
- 20 Захаров Е.И. Аутоокисление как источник самонагрева угля // *Известия ТулГУ*. - 2013. - №В.І. - С. 45-58.
- 21 Кузнецов П.Н., Малолетнев А.С., Исмагилов З.Р. Влияние свойств ископаемых углей на их склонность к самовозгоранию // *Химия в интересах устойчивого развития*. - 2016. - №24. - С. 335-346.
- 22 Restuccia F., Ptak N., Rein G. Self-heating behaviour and ignition of shale rock // *Combust Flame*. - 2017. - №176. - P. 213-219.
- 23 Onifade M., Genc B. A review of spontaneous combustion studies-South African context // *International Journal Mining Reclamation Environment*. – 2019. - №6. – P.151-168
- 24 Ozdeniz A.H., Sivrikaya O., Sensogut C. Investigation of spontaneous combustion of coal in underground coal mining // In book: Mine planning and equipment selection conference. - Dresden, 2014. - P. 637-644.
- 25 Durga S., Behera P., Singh B. Spontaneous combustibility characterisation of the Chirimiri coals // *International Journal of Geoscience*. – 2011. - №2. - P. 336-347.
- 26 Raju G.S.N. Auto-oxidation in Indian coal mines-an investigation // *Journal of Mines, Metals & Fuels*. - 1988. - №427. - P. 437-441.
- 27 Sia G.S., Abdullah W.H. Geochemical and petrographical characteristics of lowrank Balingian coal from Sarawak, Malaysia: its implications on depositional conditions and thermal maturity // *International Journal of Coal Geology*. – 2012. - №96-97. - P. 22-38.
- 28 Луговцова Н.Ю., Портола В.А. Влияние предварительно охлажденного угля на развитие процесса самовозгорания // *Эл. журн. «Современные проблемы науки и образования»*. - 2013. - №6. – 8 с.
- 29 Васильева И.В. Геологические факторы влияния на возникновение эндогенных пожаров в угольных шахтах // Сб. науч. тр. УкрГГРИ. - 2016. - №4. – С. 64-69.
- 30 Cliff D., Brady D., Watkinson M. Developments in the management of spontaneous combustion in Australian underground coal mines // *Underground coal*

mines, 14th Coal Operators' Conference. – Wollongong: Australian Institute of Mining and Metallurgy and Mine Managers, 2014. – P. 330-338.

31 Голынская Ф.А. Оценка геологических факторов самовозгорания углей ведущих угольных бассейнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2010. - №11. - С. 193-203.

32 Голынская Ф.А., Петрова К.И. Геологические факторы самовозгорания углей Кузнецкого бассейна // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. - №8. - С. 123-129.

33 Пащенко Л.В., Потапенко В.И. Особенности структуры склонных к самовозгоранию углей Донбасса // Сб. науч. тр. Донецкого института железнодорожного транспорта. - 2018. - №51. - С. 66-84.

34 Голынская Ф.А. Степень метаморфизма как главный генетический признак самовозгорающихся углей // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. - №7. - С. 164-169.

35 Onifade M, Genc B Comparative analysis of coal and coal-shale intrinsic factors affecting spontaneous combustion // International Journal of Coal Science and Technology. - 2018. - №5(3). - P. 282-294.

36 Scott A.C. Coal Petrology and the origin of coal macerals: a way ahead // International Journal of Coal Geology. - 2002. - №50(1–4). - P. 119-134.

37 Ун Л.Х., Мащенко И.Д., Белавенцев Л.П., Шлапаков П.А. О Петрографическом методе определения сорбционной способности углей // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2012. - №1. - С. 31-44.

38 Deng J., Ma X., Zhang Y., Li Y., Zhu W. Effects of pyrite on the spontaneous combustion of coal // International journal of coal science and technology. - 2015. - №2(4). - P. 306-311.

39 Arisoy A., Beamish B. Mutual effects of pyrite and moisture on coal self-heating rates and reaction rate data for pyrite oxidation // Fuel. - 2015. - №139. - P. 107-114.

40 Saffari A., Sereshki F., Mohammad A. The simultaneous effect of moisture and pyrite on coal spontaneous combustion using CPT and R70 test methods // The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin. - 2019. - №3. - P. 37-47

41 Голынская Ф.А. Исследование влияния генетической влаги на процесс самовозгорания углей // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. - №9. - С. 183-187.

42 Козлов В.А., Пикалов М.Ф. Влага в углях – важный параметр качества продукции // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. - №2. - С. 82-85.

43 Ворошилов С.П., Ворошилов Я.С., Ворошилов А.С., Уварова В.А. Влияние влаги на окисление каменных углей // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2008. - №2. - С. 68-85.

- 44 Chen Y., Mori S., Pan W.P. Studying the Mechanisms of Ignition of Coal Particles by TG-DT // *Thermochimica Acta*. - 1996. – Vol. 275, №1. - P. 149-158.
- 45 Eroglu H.N. Develop methods to prevent and control spontaneous combustion associated with mining and subsidence. – CoalTech Research association: Interim Report number 2000-0195 (task 3) , 2000. – p.71
- 46 Jeffrey L.S The impact of geotechnical factors on the secondary extraction of coal in the Witbank and Northern Highveld coalfields, specifically related to safety - Safety in mines research advisory committee: Project report number COL810, 2002. - p.48
- 47 Шевелёв Д.В., Рогатых А.М., Исхаков Х.А. Подземные воды как агенты выветривания углевмещающих пород // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. - 2003. - №2. - С. 63-64.
- 48 Белавенцев Л.П., Галанин А.Ф., Гришин А.Ф. и др. Безопасность труда в угольных шахтах: практическое руководство. - М.: Недра, 1999.- 286 с.
- 49 Saffari A., Ataei M., Sereshki F., Ghanbari K. Presenting an engineering classification system for coal spontaneous combustion potential // *International Journal of Coal Science and Technology*. - 2017. - №4. - P. 110-128.
- 50 Шаповалов А.М. Методическое руководство по изучению дисциплины "Химия" // <http://hi-edu.ru/e-books/xbook859/01/part-004>. 30.04.2020.
- 51 Эпштейн С.А., Монгуш М.А., Нестерова В.Г. Методы прогноза склонности углей к окислению и самовозгоранию // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. - 2008. - №12. - С. 211-216.
- 52 Трегубов Д.Г., Оржиховский Д.С., Титерук А.А. Использование дифференциальной сканирующей калориметрии для прогноза склонности твердых материалов к тепловому самовозгоранию // *Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. - 2014. - №1 - С.310-313
- 53 Захаров Е.И., Панферова И.В., Савинова Л.Н. Методические основы оценки склонности углей к самовозгоранию // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. - 1992. - №3. - С. 46-49.
- 54 Эпштейн С.А., Гаврилова Д.И., Коссович Е.Л., Адамцевич А.О. Использование тепловых методов для оценки склонности углей к окислению и самовозгоранию // *Горный журнал*. - 2016. - №7. - С. 100-104.
- 55 Греков П., Пашковский П.С., Завьялова Е.Л., Всякий А.А. Метод определения склонности углей к самовозгоранию // *Горноспасательное дело: сб. науч. тр. НИИГД «Респиратор»*. - 2011. - №48. - С. 64-73.
- 56 Смирнова О.С., Голынская Ф.А. Статистические методы в прогнозировании самовозгорания углей - *Горный информационно-аналитический бюллетень*. - 2016. - №3. - С. 133-41.
- 57 Zhu H.Q., Song Z.Y., Tan B., Hao Y.Z. Numerical investigation and theoretical prediction of self-ignition characteristics of coarse coal stockpiles // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. - 2013. - №26(1). - P. 236-244.

58 Kong B., Li Z.H., Yang Y.L., Liu Z., Yan D.C. A review on the mechanism, risk evaluation, and prevention of coal spontaneous combustion in China // Environmental Science and Pollution Research, 2017. - №24. – P.23453–23470

59 Bateman C.S. Prevention of spontaneous combustion in underground coal mines with the implementation of pressure balancing techniques: PhD ... thesis. – Salt lake city: The University of Utah, 2016. – p.128

60 Zhang J., Ren T., Liang Y., Wang Z.W. A review on numerical solutions to selfheating of coal stockpile: mechanism, theoretical basis, and variable study // Fuel. - 2016. - №182. - P. 80-109.

61 Греков С.П., Пашковский П.С., Орликова В.П. Контроль за признаками самонагревания угля // Уголь Украины. - 2015. - №5. - С. 40-43.

62 Каминский А.Я., Потапов П.В., Макаров Н.В. и др. Мониторинг эндогенной пожароопасности выработанного пространства отработанных и действующих выемочных участков на пологих и наклонных пластах угля // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2011. - №1. - С. 53-60.

63 Коршунов Г.И., Мироненкова Н.А., Потапов Р.В. и др. Контроль очагов самовозгорания на угольных шахтах с помощью измерения плотности потока радона // Горный информационно-аналитический бюллетень. -2012. -№6. - С. 194-196.

64 Чубаров Б.В., Чижов О.В., Токарев О.С., Вибе Ю.В. Современный способ обнаружения ранних стадий самовозгорания угля по выделению радона // Безопасность труда в промышленности. - 2014. - №9. - С. 59-62.

65 Портола В.А., Лабукин С.Н. Изменение теплофизических параметров воздуха в горных выработках шахты «Распадская» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2008. - №3. - С. 31-35.

66 Портола В.А., Дружинин А.А., Храмцов В.И. Способы обнаружения и локации очагов подземных пожаров // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2014. - №1. - С. 103-108.

67 Системы мониторинга фирмы Flir systems // <https://www.flir.eu/browse/industrial/monitoring-systems/>. 8.11.2020.

68 Ерастов А.Ю. Опыт применения геофизической съемки и тепловизионного контроля для выявления очагов самонагревания на угольных складах и выбора способа их тушения // Вестник. - 2012. - №2. - С. 152-156.

69 Пат. 2340002 РФ, МПК G08B 17/117 G08B 25/10. Способ раннего обнаружения пожара и устройство для его реализации / Дикарев В.И.; опубл. 27.11.08, Бюл. №33. – 5 с.

70 Нестерова В.Г., Пономарев К.Е., Бахтина Ю.С. Об использовании оптического и термоакустоэмиссионного методов для оценки окисленности ископаемых углей // Горный научно-аналитический бюллетень, 2011. - №2. - С. 180-187.

84 Пат. 2288155 РФ. Способ транспортирования угля и формирования из него штабеля / Новиков М.В., Михайлов А.Г., Васильев П.Н.; опубл. 27.11.06, Бюл. №33. - 5 с.

85 Пат. 2237001 РФ. Способ формирования штабеля угля в условиях многолетней мерзлоты / Васильев П.Н., Зубков В.П., Серебренникова Т.В.; опубл. 27.12.04, Заяв. №2003100454/03. - 5 с.

86 Пат. 2161115 РФ. Способ формирования штабеля угля / Васильев П.Н., Ефремов А.П., Чемезов Е.Н., Федорова С.Е.; опубл. 27.12.00, Заяв. №99110251/03. - 5 с.

87 Пат. 840400 СССР. Способ защиты штабеля полезного ископаемого и его концентрата от самонагрева и самовозгорания / Ельчанинов Е.А.; опубл. 23.06.81, Бюл. №23. - 3 с.

88 Федорова С.Е. Технологии складирования угля для предотвращения самовозгорания // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2005. - №2 (Т.12). - С. 183-189.

89 Отчет компетентного лица об угольных активах – подг. SRK Consulting (Kazakhstan) Ltd KZ0521. - Алматы, 2018. - 88 с.

90 Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Даулетжанова Ж.Т., Замалиев Н.М. Качественные характеристики угля Шубаркольского месторождения и его применимость для производства спецкокса // Труды Университета. - 2019. - №3. - С. 45-49.

91 Освоения и разработки Шубаркольского месторождения с ликвидацией последствий деятельности АО "Шубарколь Комир": комплексный проект. – Караганда, 2004. – Т. 1. - 345 с.

92 Самовозгорание углесодержих пород произошло в Карагандинской области // <http://today.kz/news/proisshestviya/2019-08-20/782051>. 8.11.2020.

93 Ведомость рабочих чертежей Актюбинского завода ферросплавов 908.11.10-1.1-ТХ – Актобе, 2012. – с.11

94 Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Технического регламента «Требования к безопасности углей и производственных процессов их добычи, переработки, хранения и транспортировки»: утв. 17 июля 2010 года, №731 // <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P100000731> Дата обращения: 7/12/2020.

95 СТ РК 1526-1-2016. Угли Шубаркольского месторождения Угли участков «Центральный» и «Западный». – Введ. 01-01-2017. – Астана, 2016. – 24 с.

96 СТ РК 1527-2006. Топливо твердое минеральное Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. – Введ. 27-09-2006. – Астана, 2006. – 38 с.

97 СТ РК 1382-2011. Угли Определение окисленности. – Введ. 18-11-2011. – Астана, 2011. – 36 с.

98 Требования к углям и продуктам их переработки: проект Технического регламента //

<http://www.nca.kz/upload/iblock/da0/da08fd323ab2be6b2100519a277b6ed4.docx>.
7/12/2020

99 Руководство по применению способов торможения развития самонагревания угля в выработанных пространствах выемочных шахт. – Кемерово: ВостНИИ, 1987. - 69 с.

100 Федорович А.П., Игишев В.Г., Вершинин С.Н., Панчишин В.Я. Об эффективности применения антипирогенов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2010. - №1. - С. 81-88.

101 Пат. 2623755 РФ. Состав для предотвращения самовозгорания угля при хранении и транспортировке / Жмаев В.В.; опубл. 29.06.17. - Бюл. №19. – 8 с.

102 Пат. 2625109 РФ. Антипирогенный реагент для хранения и транспортировки угля / Жмаев В.В.; опубл. 11.07.17, Бюл. №20. - 1 с.

103 Шлапаков П.А., Лебедев К.С., Т.М. Грачева Эффективность антипирогенов на водной основе // Вестник. - 2015. - №3. - С. 45-51.

104 Приказ Ростехнадзора. Об утверждении инструкции по предупреждению самовозгорания, тушению и разборке породных отвалов: утв. 23 декабря 2011 года, №738 // <http://docs.cntd.ru/document/902324483>. 8.11.2020.

105 Продукция фирмы Минова // www.minova.kz. 08.11.2020.

106 Суханов Р.А., Сидорова Г.П. Оценка низшей теплоты сгорания углей по известным значениям рабочей зольности и рабочей влажности // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2006. - №4. - С. 66-69.

107 Добрякова Н.Н. Научно-методическое обоснование оценки склонности углей к окислению для управления их качеством при добыче и хранении: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2016. – с.149

108 Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Даулетжанова Ж.Т. Влияние зольности и неорганического состава на самовозгорание угля // Тр. междунар. науч.-практ. конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №12). – Караганда, 2020. - С. 84-86.

109 Сафонов А.А., Парафилов В.И., Маусымбаева А.Д. и др. Микрокомпонентный состав углей Центрального Казахстана // Уголь. - 2018. - №9. - С. 70-75.

110 Сафонов А.А., Портнов В.С., Парафилова Р.У., Маусымбаева А.Д. Экспрессметод определения содержания диоксида железа в угле на основе измерения магнитных свойств // Уголь. - 2018. - №3. - С. 75-76.

111 ГОСТ Р 55662-2013. Методы петрографического анализа углей. Часть 3. Метод определения мацерального состава. – Введ. 01-01-2015. – Москва, 2013. – 20 с.

112 Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж. Применение антипирогенных материалов для покрытия углей и кокса Шубаркольского месторождения // Тр. междунар. науч.-практ. конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10). - Караганда, 2018. - Ч. 4. - С. 84-86.

113 Drizhd N.A., Dauletzhanov A.Zh., Zamaliyev N.M., Dauletzhanova Zh.T. Efficiency of application of antipyrogenic materials for coating coals and coke // Scientific Bulletin of the National Mining University. - 2019. - №6. - P. 112-116.

114 Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Нургалиев Н.У. и др. Исследование кинетики процесса термического разложения угля шубаркольского месторождения // Е.А.Бөкетовтің 90 жылдығына арналған: халық. ғыл.-тәжір. конф. матер. – город, 2015. – С. 164-168.

115 Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Ибраев М.К., Даулетжанова Ж.Т. Новое полимерное антипирогенное покрытие для угля и спецкокса из вторичных продуктов // Горный журнал Казахстана. - 2020. - №5. - С. 26-31.

116 Ибраев М.К., Даулетжанов А.Ж., Даулетжанова Ж.Т., Рахимжанова З.А. Построение математической модели влияния крупности спецкокса и количества антипирогена на самовозгорание // Colloquium-journal. - 2018. - №13(24). - С. 69-73.

117 Сварка полиэтиленовой пленки // <https://www.parnikitepliy.ru/material/svarka-plenki.html>. 08.11.2020.

118 Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Замалиев Н.М., Даулетжанова Ж.Т. Профилактика самовозгорания в горных выработках при подземной угледобыче // Горный журнал Казахстана. - 2020. - №8. - С. 47-52.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Протоколы испытаний угля и спецкокса сторонними аналитическими лабораториями

ТОО "Азимут Геология"
Химико-аналитическая лаборатория



Республика Казахстан
100019, г. Караганда
пр.С.Сейфуллина, 105
Тел:8(7212)418-410,418-409
Факс:8(7212)418-405

Заказчик: Залелова А.М.
Адрес заказчика: г.Караганда, пр.Бульвар Мира, 17
Заказ №: 825 от 29.09.2017 г.
Наименование проб: Зола
Метод определения: Атомно-эмиссионный спектральный

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 825 –ПК(36)

№ пробы заказчика	№1	№2	№3	№4	№5
Лабораторный №	20687	20688	20689	20690	20691
Наименование объекта	—	—	—	—	—
Точка отбора	—	—	—	—	—
Дата отбора	14.09.2017 г.	14.09.2017 г.	14.09.2017 г.	15.09.2017 г.	15.09.2017 г.
Определяемые элементы	Содержание, %				
1 Серебро Ag	0,00007	0,00022	0,00003	0,00002	0,00011
2 Алюминий Al	<6	7	<6	<6	<6
3 Мышьяк As	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
4 Бор B	0,019	0,042	0,014	0,001	0,020
5 Барий Ba	0,42	0,72	0,35	0,07	0,70
6 Бериллий Be	0,0008	0,0011	0,0010	<0,0004	<0,0004
7 Висмут Bi	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
8 Кадмий Cd	<0,000006	0,000008	<0,000006	<0,000006	<0,000006
9 Кобальт Co	0,0015	0,0029	0,0019	<0,0002	0,0005
10 Хром Cr	0,0026	0,0082	0,0020	<0,0007	0,0009
11 Медь Cu	0,0037	0,0070	0,0046	<0,0006	0,0027
12 Железо Fe	1,69	1,90	1,90	1,88	1,92
13 Германий Ge	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007
14 Индий In	<0,000009	<0,000009	<0,000009	<0,000009	<0,000009
15 Лантан La	0,0061	0,0089	0,0068	0,0034	0,0093
16 Литий Li	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
17 Марганец Mn	0,039	0,062	0,035	0,016	0,089
18 Молибден Mo	0,0005	0,0013	<0,0003	<0,0003	0,0004
19 Ниобий Nb	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
20 Никель Ni	0,0022	0,0046	0,0035	<0,0008	<0,0008
21 Фосфор P	0,07	0,07	<0,04	<0,04	<0,04
22 Свинец Pb	<0,0008	0,0018	0,0017	<0,0008	<0,0008
23 Сурьма Sb	0,00006	0,00006	0,00007	0,00006	<0,00004
24 Скандий Sc	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
25 Селен Se	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006
26 Олово Sn	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
27 Стронций Sr	0,140	0,336	0,098	<0,004	0,280
28 Теллур Te	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006
29 Титан Ti	0,38	0,52	0,47	0,12	0,33
30 Таллий Tl	0,00002	0,00004	0,00002	0,00002	0,00003
31 Уран U	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
32 Ванадий V	0,0067	0,0070	0,0067	0,0057	0,0079
33 Вольфрам W	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
34 Иттрий Y	0,0012	0,0018	0,0016	<0,0006	0,0013
35 Цинк Zn	0,010	0,010	0,016	0,004	0,016
36 Цирконий Zr	0,005	0,007	0,005	<0,002	0,005

Исполнитель: Залелова А.М.
Подпись:

Дата выполнения испытания: 10.11.2017 г.

Начальник лаборатории: Кушакбаева Ш.А.

Ответственность за отбор проб и их представительство несет заказчик.
Результаты относятся только к объектам, прошедшим испытание.
Протокол испытаний не может быть воспроизведен, кроме как полностью, без письменного разрешения лаборатории.

Стр.1 из 3

ТОО "Азимут Геология"
Химико-аналитическая лаборатория



Республика Казахстан
100019, г. Караганда
пр.С.Сейфуллина, 105
Тел:8(7212)418-410,418-409
Факс:8(7212)418-405

Заказчик: Залелова А.М.
Адрес заказчика: г.Караганда, пр.Бульвар Мира, 17
Заказ №: 825 от 29.09.2017 г.
Наименование проб: Зола
Метод определения: Атомно-эмиссионный спектральный

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 825 –ПК(36)

№ пробы заказчика	№6	№7	№8	№9	№10
Лабораторный №	20692	20693	20694	20695	20696
Наименование объекта	—	—	—	—	—
Точка отбора	—	—	—	—	—
Дата отбора	18.09.2017 г.	18.09.2017 г.	18.09.2017 г.	18.09.2017 г.	18.09.2017 г.
Определяемые элементы	Содержание, %				
1 Серебро Ag	0,00005	0,00007	0,00004	<0,00001	0,00009
2 Алюминий Al	<6	7	8	<6	7
3 Мышьяк As	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
4 Бор B	0,016	0,014	0,026	0,010	0,014
5 Барий Ba	0,126	0,533	0,586	0,401	0,497
6 Бериллий Be	0,0007	0,0017	0,0023	0,0010	0,0035
7 Висмут Bi	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
8 Кадмий Cd	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006
9 Кобальт Co	0,0012	0,0044	0,0021	0,0006	0,0008
10 Хром Cr	0,0020	0,0055	0,0040	<0,0007	0,0030
11 Медь Cu	0,0029	0,0043	0,0067	0,0020	0,0062
12 Железо Fe	0,99	2,06	2,11	1,00	1,58
13 Германий Ge	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007
14 Индий In	<0,000009	<0,000009	<0,000009	<0,000009	<0,000009
15 Лантан La	0,0052	0,0140	0,0080	0,0048	0,0029
16 Литий Li	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
17 Марганец Mn	0,026	0,036	0,058	0,027	0,033
18 Молибден Mo	0,0004	0,0011	0,0006	<0,0003	<0,0003
19 Ниобий Nb	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
20 Никель Ni	0,0034	0,0030	0,0053	0,0015	0,0024
21 Фосфор P	0,09	<0,04	0,11	<0,04	0,22
22 Свинец Pb	0,0015	0,0019	0,0020	<0,0008	<0,0008
23 Сурьма Sb	0,00006	<0,00004	<0,00004	<0,00004	0,00007
24 Скандий Sc	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
25 Селен Se	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006
26 Олово Sn	<0,0003	0,0004	0,0003	<0,0003	<0,0003
27 Стронций Sr	0,022	0,172	0,151	0,049	0,177
28 Теллур Te	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006
29 Титан Ti	0,21	0,78	0,79	0,27	0,73
30 Таллий Tl	<0,00001	0,00003	0,00003	0,00001	0,00002
31 Уран U	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
32 Ванадий V	0,0110	0,0270	0,0130	0,0088	0,0084
33 Вольфрам W	0,0006	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
34 Иттрий Y	0,0007	0,0033	0,0031	0,0011	0,0024
35 Цинк Zn	0,008	0,050	0,043	0,021	0,026
36 Цирконий Zr	<0,003	0,007	0,005	<0,003	0,004

Исполнитель: Подпись:
Залелова А.М.

Дата выполнения испытания: 10.11.2017 г.

/ Начальник лаборатории Кусикова Ш.А.



ТОО "Азимут Геология"
Химико-аналитическая лаборатория



Республика Казахстан
100019, г. Караганда
пр.С.Сейфуллина, 105
Тел:8(7212)418-410,418-409
Факс:8(7212)418-405

Заказчик: Залелова А.М.
Адрес заказчика: г.Караганда, пр.Бульвар Мира, 17
Заказ №: 825 от 29.09.2017 г.
Наименование проб: Зола
Метод определения: Атомно-эмиссионный спектральный

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 825 –ПК(36)

№ пробы заказчика		№11
Лабораторный №		20697
Наименование объекта		—
Точка отбора		—
Дата отбора		18.09.2017 г.
Определяемые элементы		Содержание, %
1)Серебро	Ag	0,00010
2)Алюминий	Al	9
3)Мышьяк	As	<0,005
4)Бор	B	0,023
5)Барий	Ba	0,55
6)Бериллий	Be	0,0026
7)Висмут	Bi	<0,006
8)Кадмий	Cd	<0,000006
9)Кобальт	Co	0,0016
10)Хром	Cr	0,0052
11)Медь	Cu	0,0081
12)Железо	Fe	1,36
13)Германий	Ge	<0,0007
14)Индий	In	<0,000009
15)Лантан	La	0,0096
16)Литий	Li	<0,0045
17)Марганец	Mn	0,049
18)Молибден	Mo	0,0010
19)Ниобий	Nb	<0,001
20)Никель	Ni	0,0065
21)Фосфор	P	0,235
22)Свинец	Pb	0,0033
23)Сурьма	Sb	<0,00004
24)Скандий	Sc	<0,002
25)Селен	Se	<0,00006
26)Олово	Sn	0,0003
27)Стронций	Sr	0,226
28)Теллур	Te	<0,000006
29)Титан	Ti	0,59
30)Таллий	Tl	0,00002
31)Уран	U	<0,0003
32)Ванадий	V	0,0130
33)Вольфрам	W	<0,0005
34)Иттрий	Y	0,0025
35)Цинк	Zn	0,022
36)Цирконий	Zr	0,004

Исполнители: Подпись:
Залелова А.М.

Дата выполнения испытания: 10.11.2017 г.

Начальник лаборатории

Куспекова Ш.А.



Ответственность за отбор проб и их представительство несет заказчик
Результаты относятся только к объектам, прошедшим испытание
Протокол испытаний не может быть воспроизведен, кроме как полностью, без письменного разрешения лаборатории

Стр.3 из 3

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акты о проведении ситового анализа

АКТ о проведении ситового анализа

Мы, комиссия в составе представителей КарГТУ (исполнитель) в лице Замалиева Н.М., Ахматнурова Д.Р., Хайдарова Д.А., Волколовского Д.В. и представителя АО «Шубарколь комир» в лице зам. начальника ОТК Балькиной Е.В. составили настоящий акт о проведении ситового анализа угля повышенной крупности, а именно определении фракционного состава по классам 0-3, 3-6, 6-13, 13-25, 25-50, 50-100, 100-300, более 300 мм в экспериментальных штабелях, установленных на открытом складе (ж/д тупик №7), в объеме 200 кг на штабель.

№ штабеля	Класс, мм	Дата	Результаты	
			кг	%
1.2.1	0-3	25.02.2018	25	12,5
	3-6		19	9,5
	6-13		24	12,0
	13-25		27	13,5
	25-50		30	15,0
	50-100		31	15,5
	100-300		44	22,0
	более 300		0	0,0
1.2.2	0-3	25.02.2018	24	12,0
	3-6		15	7,5
	6-13		23	11,5
	13-25		26	13,0
	25-50		28	14,0
	50-100		35	17,5
	100-300		49	24,5
	более 300		0	0,0
1.2.3	0-3	25.02.2018	22	11,0
	3-6		15	7,5
	6-13		17	8,5
	13-25		18	9,0
	25-50		23	11,5
	50-100		34	17,0
	100-300		59	29,5
	более 300		12	6,0
1.2.4	0-3	25.02.2018	20	10,0
	3-6		11	5,5
	6-13		15	7,5
	13-25		20	10,0
	25-50		20	10,0
	50-100		40	20,0
	100-300		61	30,5
	более 300		13	6,5
1.2.5	0-3	25.02.2018	20	10,0
	3-6		14	7,0
	6-13		16	8,0
	13-25		20	10,0
	25-50		22	11,0
	50-100		37	18,5

	100-300		56	28,0
	более 300		15	7,5
1.2.6	0-3	25.02.2018	27	13,5
	3-6		22	11,0
	6-13		25	12,5
	13-25		27	13,5
	25-50		28	14,0
	50-100		30	15,0
	100-300		41	20,5
	более 300		0	0,0
1.2.7	0-3	25.02.2018	28	14,0
	3-6		24	12,0
	6-13		22	11,0
	13-25		25	12,5
	25-50		30	15,0
	50-100		32	16,0
	100-300		39	19,5
	более 300		0	0,0
1.2.8	0-3	25.02.2018	22	11,0
	3-6		13	6,5
	6-13		17	8,5
	13-25		20	10,0
	25-50		27	13,5
	50-100		33	16,5
	100-300		61	30,5
	более 300		7	3,5
1.2.9	0-3	25.02.2018-	26	13,0
	3-6		20	10,0
	6-13		26	13,0
	13-25		28	14,0
	25-50		32	16,0
	50-100		33	16,5
	100-300		35	17,5
	более 300		0	0,0
1.2.10	0-3	25.02.2018	20	10,0
	3-6		15	7,5
	6-13		18	9,0
	13-25		25	12,5
	25-50		28	14,0
	50-100		28	14,0
	100-300		66	33,0
	более 300		0	0,0
1.2.11	0-3	25.02.2018	24	12,0
	3-6		18	9,0
	6-13		16	8,0
	13-25		24	12,0
	25-50		38	19,0
	50-100		32	16,0
	100-300		48	24,0
	более 300		0	0,0

1.2.12	0-3	25.02.2018	22	11,0
	3-6		21	10,5
	6-13		23	11,5
	13-25		20	10,0
	25-50		24	12,0
	50-100		30	15,0
	100-300		52	26,0
	более 300		8	4,0
1.2.13	0-3	25.02.2018	24	12,0
	3-6		20	10,0
	6-13		18	9,0
	13-25		20	10,0
	25-50		30	15,0
	50-100		32	16,0
	100-300		51	25,5
	более 300		5	2,5

Представители КарГТУ:

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Представитель АО «Шубарколь комир»:

Зам. начальника ОТК

Замалиев Н.М.

Ахматнуров Д.Р.

Хайдаров Д.А.

Волковолский Д.В.

Балыкина Е.В.



АКТ
о проведении ситового анализа

Мы, комиссия в составе представителей КарГТУ (исполнитель) в лице Замалиева Н.М., Ахматнурова Д.Р., Хайдарова Д.А., Волколовского Д.В. и представителя АО «Шубарколь комир» в лице зам. начальника ОТК Балькиной Е.В. составили настоящий акт о проведении ситового анализа угля рядового энергетического, а именно определении фракционного состава по классам 0-3, 3-6, 6-13, 13-25, 25-50, 50-100, 100-300, более 300 мм в экспериментальных штабелях установленных на открытом складе (ж/д тупик №7), в объеме 200 кг на штабель.

№ штабеля	Класс, мм	Дата	Результаты	
			кг	%
3.1	0-3	26.02.2018	24	12,0
	3-6		16	8,0
	6-13		20	10,0
	13-25		27	13,5
	25-50		45	22,5
	50-100		40	20,0
	100-300		28	14,0
	более 300		0	0,0
3.2	0-3	26.02.2018	22	11,0
	3-6		14	7,0
	6-13		19	9,5
	13-25		27	13,5
	25-50		44	22,0
	50-100		42	21,0
	100-300		32	16,0
	более 300		0	0,0
3.3	0-3	26.02.2018	24	12,0
	3-6		18	9,0
	6-13		18	9,0
	13-25		22	11,0
	25-50		52	26,0
	50-100		39	19,5
	100-300		27	13,5
	более 300		0	0,0
3.4	0-3	26.02.2018	25	12,5
	3-6		23	11,5
	6-13		29	14,5
	13-25		22	11,0
	25-50		49	24,5
	50-100		28	14,0
	100-300		24	12,0
	более 300		25	12,5
3.5	0-3	26.02.2018	19	9,5
	3-6		12	6,0
	6-13		15	7,5
	13-25		23	11,5
	25-50		36	18,0
	50-100		43	21,5

	100-300		36	18,0
	более 300		16	8,0
3.6	0-3	26.02.2018	23	11,5
	3-6		19	9,5
	6-13		27	13,5
	13-25		22	11,0
	25-50		49	24,5
	50-100		34	17,0
	100-300		26	13,0
	более 300		0	0,0
	0-3		19	9,5
3.7	3-6	26.02.2018	9	4,5
	6-13		10	5,0
	13-25		21	10,5
	25-50		42	21,0
	50-100		44	22,0
	100-300		38	19,0
	более 300		17	8,5
	0-3		22	11,0
	3-6		15	7,5
3.8	6-13	26.02.2018	19	9,5
	13-25		24	12,0
	25-50		44	22,0
	50-100		43	21,5
	100-300		33	16,5
	более 300		0	0,0
	0-3		18	9,0
	3-6		14	7,0
	6-13		15	7,5
3.9	13-25	26.02.2018	23	11,5
	25-50		40	20,0
	50-100		44	22,0
	100-300		35	17,5
	более 300		11	5,5
	0-3		22	11,0
	3-6		16	8,0
	6-13		17	8,5
	13-25		22	11,0
3.10	25-50	26.02.2018	49	24,5
	50-100		39	19,5
	100-300		27	13,5
	более 300		8	4,0
	0-3		18	9,0
	3-6		14	7,0
	6-13		15	7,5
	13-25		21	10,5
	25-50		48	24,0
3.11	50-100	26.02.2018	41	20,5
	100-300		32	16,0
	более 300		11	5,5
	0-3		18	9,0
	3-6		14	7,0
	6-13		15	7,5
	13-25		21	10,5
	25-50		48	24,0
	50-100		41	20,5

3.12	0-3	26.02.2018	24	12,0
	3-6		18	9,0
	6-13		18	9,0
	13-25		24	12,0
	25-50		46	23,0
	50-100		39	19,5
	100-300		25	12,5
	более 300		6	3,0

Представители КарГТУ:

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Представитель АО «Шубарколь комир»:

Зам. начальника ОТК

Замалиев Н.М.

Ахматнуров Д.Р.

Хайдаров Д.А.

Волколовский Д.В.

Балыкина Е.В.



АКТ

о проведении ситового анализа

Мы, комиссия в составе представителей КарГТУ (исполнитель) в лице Замалиева Н.М., Ахматнурова Д.Р., Хайдарова Д.А., Волколовского Д.В. и представителя АО «Шубарколь комир» в лице старшего мастера ОТК Нечаевой М.А. составили настоящий акт о проведении ситового анализа угля повышенной крупности, а именно определении фракционного состава по классам 0-3, 3-6, 6-13, 13-25, 25-50, 50-100, 100-300, более 300 мм в экспериментальных штабелях, установленных в закрытом складе, в объеме 200 кг на штабель.

№ штабеля	Класс, мм	Дата	Результаты	
			кг	%
1.1.1	0-3	23.02.2018	23	11,5
	3-6		16	8,0
	6-13		25	12,5
	13-25		28	14,0
	25-50		29	14,5
	50-100		33	16,5
	100-300		46	23,0
	более 300		0	0,0
1.1.2	0-3	23.02.2018	22	11,0
	3-6		11	5,5
	6-13		23	11,5
	13-25		29	14,5
	25-50		30	15,0
	50-100		32	16,0
	100-300		53	26,5
	более 300		0	0,0
1.1.3	0-3	23.02.2018	19	9,5
	3-6		11	5,5
	6-13		14	7,0
	13-25		18	9,0
	25-50		23	11,5
	50-100		35	17,5
	100-300		67	33,5
	более 300		13	6,5
1.1.4	0-3	23.02.2018	18	9,0
	3-6		10	5,0
	6-13		12	6,0
	13-25		19	9,5
	25-50		20	10,0

	50-100		41	20,5
	100-300		72	36,0
	более 300		8	4,0
1.1.5	0-3	23.02.2018	18	9,0
	3-6		13	6,5
	6-13		16	8,0
	13-25		19	9,5
	25-50		27	13,5
	50-100		32	16,0
	100-300		66	33,0
	более 300		9	4,5
1.1.6	0-3	23.02.2018	25	12,5
	3-6		20	10,0
	6-13		23	11,5
	13-25		26	13,0
	25-50		30	15,0
	50-100		34	17,0
	100-300		42	21,0
	более 300		0	0,0
1.1.7	0-3	23.02.2018	23	11,5
	3-6		17	8,5
	6-13		25	12,5
	13-25		29	14,5
	25-50		30	15,0
	50-100		30	15,0
	100-300		46	23,0
	более 300		0	0,0
1.1.8	0-3	24.02.2018	21	10,5
	3-6		14	7,0
	6-13		19	9,5
	13-25		22	11,0
	25-50		25	12,5
	50-100		31	15,5
	100-300		59	29,5
	более 300		9	4,5
1.1.9	0-3	24.02.2018	25	12,5
	3-6		23	11,5
	6-13		26	13,0
	13-25		27	13,5
	25-50		28	14,0
	50-100		32	16,0
	100-300		39	19,5
	более 300		0	0,0

1.1.10	0-3	24.02.2018	22	11,0
	3-6		15	7,5
	6-13		20	10,0
	13-25		25	12,5
	25-50		24	12,0
	50-100		29	14,5
	100-300		59	29,5
	более 300		6	3,0

Представители КарГТУ:

Исполнитель



Замалиев Н.М.

Исполнитель



Ахматнуров Д.Р.

Исполнитель



Хайдаров Д.А.

Исполнитель



Волколовский Д.В.

Представитель АО «Шубарколь комир»:

Старший мастер ОТК



Нечаева М.А.



**АКТ
о проведении ситового анализа**

Мы, комиссия в составе представителей КарГТУ (исполнитель) в лице Замалиева Н.М., Ахматнурова Д.Р., Хайдарова Д.А., Волколовского Д.В. и представителя АО «Шубарколь комир» в лице зам. начальника ОТК Балыкиной Е.В. составили настоящий акт о проведении ситового анализа угля рядового с повышенным содержанием мелочи, а именно определении фракционного состава по классам 0-3, 3-6, 6-13, 13-25, 25-50, 50-100, 100-300, более 300 мм в экспериментальных штабелях, установленных на открытом складе (ж/д тупик №7), в объеме 200 кг на штабель.

№ штабеля	Класс, мм	Дата	Результаты	
			кг	%
2.1	0-3	24.02.2018	29	14,5
	3-6		19	9,5
	6-13		30	15,0
	13-25		30	15,0
	25-50		31	15,5
	50-100		30	15,0
	100-300		31	15,5
	более 300		0	0,0
2.2	0-3	24.02.2018	28	14,0
	3-6		18	9,0
	6-13		29	14,5
	13-25		30	15,0
	25-50		32	16,0
	50-100		33	16,5
	100-300		30	15,0
	более 300		0	0,0
2.3	0-3	24.02.2018	28	14,0
	3-6		19	9,5
	6-13		27	13,5
	13-25		31	15,5
	25-50		34	17,0
	50-100		28	14,0
	100-300		31	15,5
	более 300		2	1,0
2.4	0-3	24.02.2018	30	15,0
	3-6		18	9,0
	6-13		26	13,0
	13-25		35	17,5
	25-50		31	15,5
	50-100		31	15,5
	100-300		29	14,5
	более 300		0	0,0
2.5	0-3	24.02.2018	24	12,0
	3-6		18	9,0
	6-13		25	12,5
	13-25		30	15,0
	25-50		36	18,0
	50-100		31	15,5

	100-300		32	16,0
	более 300		4	2,0
2.6	0-3	24.02.2018	30	15,0
	3-6		19	9,5
	6-13		27	13,5
	13-25		33	16,5
	25-50		32	16,0
	50-100		30	15,0
	100-300		29	14,5
	более 300		0	0,0
2.7	0-3	24.02.2018	26	13,0
	3-6		18	9,0
	6-13		25	12,5
	13-25		32	16,0
	25-50		37	18,5
	50-100		26	13,0
	100-300		32	16,0
	более 300		4	2,0
2.8	0-3	24.02.2018	27	13,5
	3-6		17	8,5
	6-13		29	14,5
	13-25		30	15,0
	25-50		32	16,0
	50-100		30	15,0
	100-300		32	16,0
	более 300		3	1,5
2.9	0-3	25.02.2018	25	12,5
	3-6		18	9,0
	6-13		24	12,0
	13-25		34	17,0
	25-50		33	16,5
	50-100		31	15,5
	100-300		32	16,0
	более 300		3	1,5
2.10	0-3	25.02.2018	29	14,4
	3-6		19	9,4
	6-13		30	14,9
	13-25		30	14,9
	25-50		30	14,9
	50-100		34	16,8
	100-300		30	14,9
	более 300		0	0,0
2.11	0-3	25.02.2018	28	14,0
	3-6		18	9,0
	6-13		27	13,5
	13-25		30	15,0
	25-50		31	15,5
	50-100		31	15,5
	100-300		33	16,5
	более 300		2	1,0

2.12	0-3	25.02.2018	28	14,0
	3-6		19	9,5
	6-13		29	14,5
	13-25		29	14,5
	25-50		30	15,0
	50-100		31	15,5
	100-300		31	15,5
	более 300		3	1,5

Представители КарГТУ:

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Представитель АО «Шубарколь комир»:

Зам. начальника ОТК

Замалиев Н.М.

Ахматнуров Д.Р.

Хайдаров Д.А.

Волколовский Д.В.

Балыкина Е.В.



АКТ

о проведении ситового анализа

Мы, комиссия в составе представителей КарГТУ (исполнитель) в лице Замалиева Н.М., Ахматнурова Д.Р., Хайдарова Д.А., Волколовского Д.В. и представителя АО «Шубарколь комир» в лице зам. начальника ОТК Балыкиной Е.В. составили настоящий акт о проведении ситового анализа спецкокса, а именно определении фракционного состава по классам 0-3, 3-6, 6-13, 13-25, 25-50, в экспериментальных штабелях, установленных на открытом складе (ж/д тупик №7), в объеме 100 кг на штабель.

№ штабеля	Класс, мм	Дата	Результаты	
			кг	%
1	0-3	26.02.2018	14,0	14,0
	3-6		34,0	34,0
	6-13		52,0	52,0
1.1	0-3	26.02.2018	12,5	12,5
	3-6		30,0	30,0
	6-13		57,5	57,5
1.2	0-3	26.02.2018	18,5	18,5
	3-6		41,0	41,0
	6-13		40,5	40,5
1.3	0-3	26.02.2018	20,5	20,5
	3-6		40,5	40,5
	6-13		39,0	39,0
	13-25		20,5	20,5
1.4	0-3	26.02.2018	13,5	13,5
	3-6		33,0	33,0
	6-13		53,5	53,5
2	0-3	26.02.2018	4,0	4,0
	3-6		5,0	5,0
	6-13		19,0	19,0
	13-25		72,0	72,0
2.1	0-3	26.02.2018	2,0	2,0
	3-6		5,0	5,0
	6-13		15,5	15,5
	13-25		77,5	77,5
2.2	0-3	26.02.2018	3,0	3,0
	3-6		6,5	6,5
	6-13		17,0	17,0
	13-25		73,5	73,5
2.3	0-3	26.02.2018	5,0	5,0
	3-6		11,5	11,5
	6-13		14,0	14,0
	13-25		69,5	69,5
2.4	0-3	27.02.2018	2,5	2,5
	3-6		5,0	5,0
	6-13		16,5	16,5
	13-25		76,0	76,0

3	0-3	27.02.2018	2,5	2,5
	3-6		2,5	2,5
	6-13		7,0	7,0
	13-25		17,0	17,0
	25-50		71,0	71,0
3.1	0-3	27.02.2018	1,0	1,0
	3-6		2,5	2,5
	6-13		6,0	6,0
	13-25		15,0	15,0
	25-50		75,5	75,5
3.2	0-3	27.02.2018	2,5	2,5
	3-6		5,0	5,0
	6-13		5,0	5,0
	13-25		15,0	15,0
	25-50		72,5	72,5
3.3	0-3	27.02.2018	2,0	2,0
	3-6		3,0	3,0
	6-13		8,0	8,0
	13-25		16,0	16,0
	25-50		71,0	71,0
3.4	0-3	27.02.2018	2,0	2,0
	3-6		2,0	2,0
	6-13		7,0	7,0
	13-25		15,0	15,0
	25-50		74,0	74,0

Представители КарГТУ:

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Представитель АО «Шубарколь комир»:

Зам. начальника ОТК

Замалиев Н.М. 

Ахматмурра Д.Р.

Хайдаров Д.А.

Волколовский Д.В.

Балыкина Е.В.



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 - Сводная таблица расчета стоимости применения антипирогенных материалов

№ штаб.	Расх. мат-ла, кг	Ст-ть 1 кг м-ла, тг	Расх. м-ла на 1 м ² , кг	Затр. м-ла на 1 м ² , тг	Расх. м-ла на 1 т штабеля 5000 т, кг	Затр м-ла на 1 т штабеля 5 000 тонн, тг
1.1.3	1 000	82	83,3	6 833,3	43,33	3 553
1.1.4	460	1 500	38,3	57 500,0	19,93	29 900
1.1.5	13	1 400	1,1	1 516,7	0,56	789
1.1.6	100	360	12,5	3 695,8	6,50	1 922
	50	167				
1.1.7	50	32	9,2	968,3	4,77	504
	60	167				
1.1.8	75	157	8,3	1 850,8	4,33	962
	25	417				
1.1.9	100	67	16,7	933,3	8,67	485
	100	45				
1.1.10	400	43	34,6	1 433,3	17,98	745
	15	0				
1.2.3	1 000	82	83,3	6 833,3	43,33	3 553
1.2.4	460	1 500	38,3	57 500,0	19,93	29 900
1.2.5	13	1 400	1,1	1 516,7	0,56	789
1.2.6	100	360	12,5	3 695,8	6,50	1 922
	50	167				
1.2.7	50	32	9,2	968,3	4,77	504
	60	167				
1.2.11	195	1 131	16,3	18 378,8	8,45	18 379
1.2.12	155	1 047	12,9	13 523,8	6,72	13 524
1.2.13	420	1 411	35,0	49 385,0	18,20	49 385
2.9	60	32	5,0	160,0	2,60	21
2.10	250	150	20,8	3 125,0	10,83	4 531
2.11	100	150	53,3	5 315,0	27,73	2 764
	500	95				
	40	32				
2.12	500	150	41,7	6 250,0	21,67	3 250
3.3	100	360	12,5	3 695,8	6,50	1 922
	50	167				
3.9	60	32	5,0	160,0	2,60	83
3.10	250	150	20,8	3 125,0	10,83	1 625
3.11	100	150	53,3	5 315,0	27,73	5 315
	500	95				
	40	32				
3.12	500	150	41,7	6 250,0	21,67	3 250

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Патент №4892



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Акт внедрения в производство

АО «Шубарколь комир»

Казахстан Республикасы, 100004
Қарағанды қ., Асфальттық к., 18
Т: + 7 7212 44 07 44
Ф: + 7 7212 44 05 16
E: shk@erg.kz

SHUBARKOL KOMIR



АО «Шубарколь комир»

Республика Казахстан, 100004
г. Караганда, ул. Асфальтная, 18
Т: + 7 7212 44 07 44
Ф: + 7 7212 44 05 16
E: shk@erg.kz

ИСХ. № 12-3466

27 ОКТ 2020

г.

Диссертационный совет
«Горное дело» по специальностям:
6D070700 «Горное дело»,
6D070600 «Геология и разведка
месторождений полезных ископаемых»
при Карагандинском техническом
университете

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе:

Ким С.П. – Вице-президент по производству АО «Шубарколь комир»;

Дрижд Н.А. – директор НТЦ «Метан» КарТУ, д.т.н., профессор;

Даулетжанов А.Ж. – докторант кафедры РМПИ КарТУ

составили настоящий акт в том, что основные положения диссертационной работы А.Ж. Даулетжанова на тему «Разработка методики хранения угля и его продуктов переработки с сохранением их потребительских свойств» докладывались и получили одобрение на заседании научно-технического совета АО «Шубарколь комир». Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно обоснованные разработки, которые имеют практическую ценность и рекомендуются к внедрению и использованию при проведении научно-исследовательских и опытно-промышленных работ по сохранению технологических свойств углей и профилактики выветривания и самовозгорания отвалов угольных пород. Настоящим письмом подтверждаем о положительных итогах внедрения научно-практических результатов диссертации, которые планируются к использованию на производственных площадках при добыче и хранения угля.

Данный акт внедрения не является основанием для предъявления каких-либо финансовых претензий, а также требований, связанных с авторскими правами.

Вице-президент по производству
АО «Шубарколь комир»



Ким С.П.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Паспорт

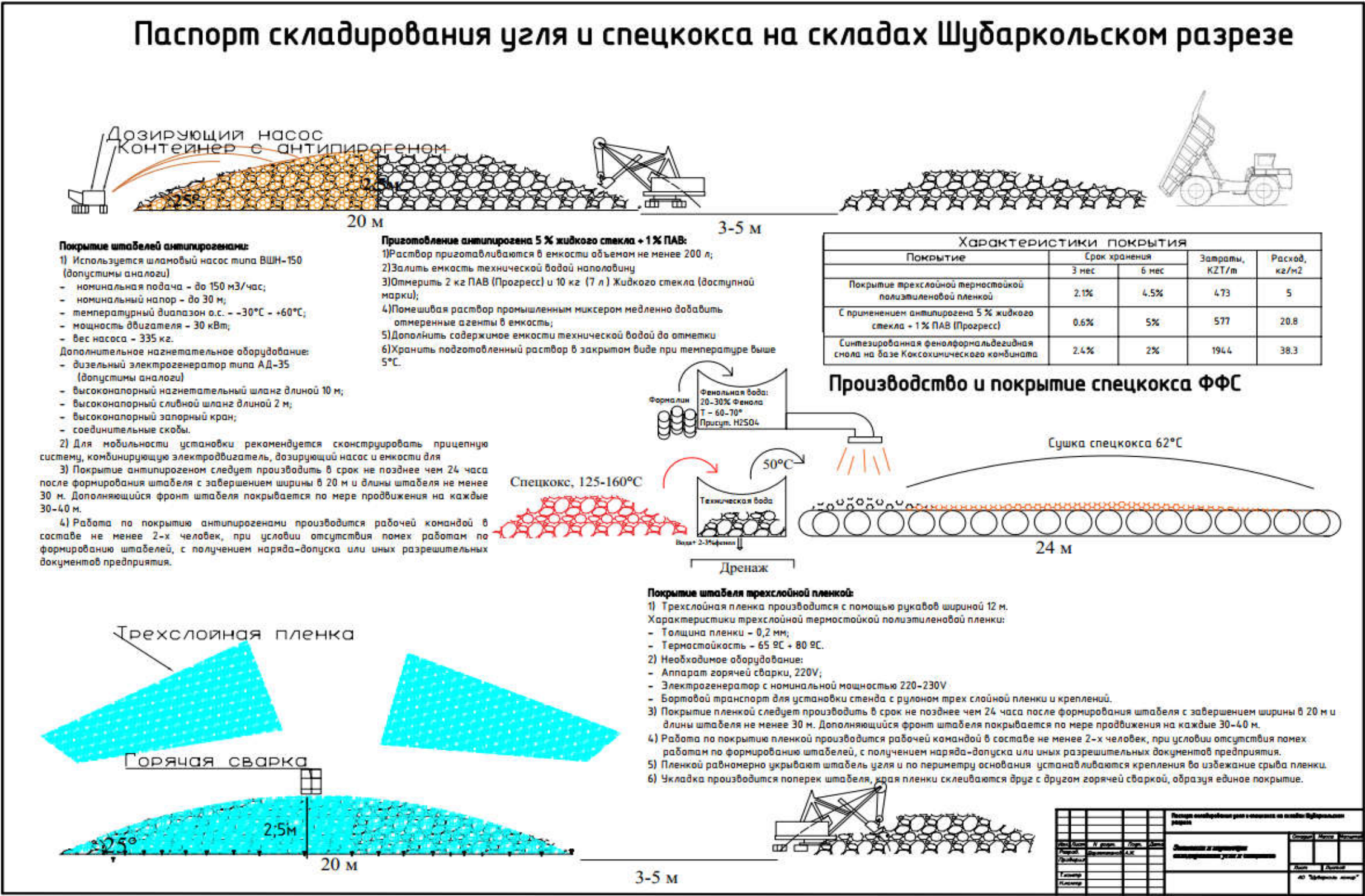
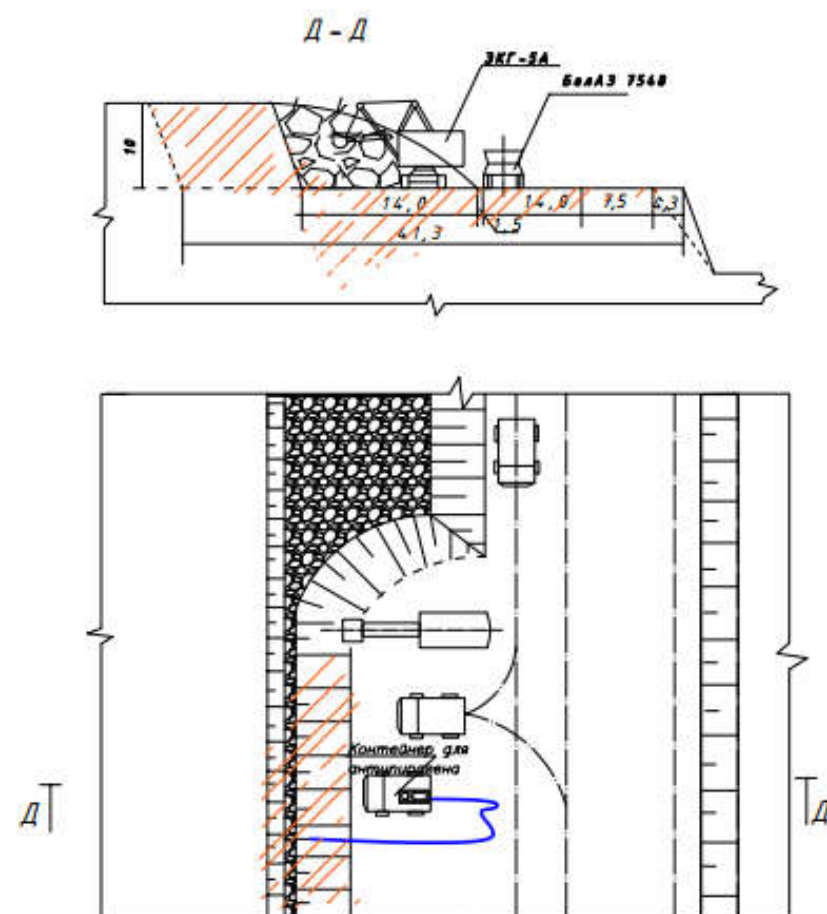


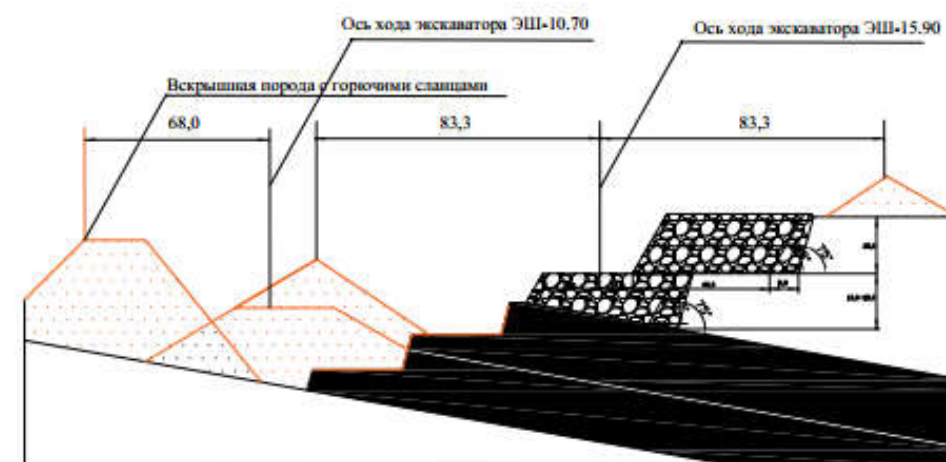
Рисунок Е.1 - Паспорт складирования угля и спецкокс на шубаркольском разрезе

Повышение эффективности технологии разработки месторождения

Технологическая схема обработки
добычного уступа с применением БВР экскаватором ЭКГ-5А



Формирование внутреннего отвала



				Повышение эффективности технологии разработки месторождения "Цуларов" АО "Цуларов-ноч"		
Исполн.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	Технологическая схема обработки уступа Отвалаобразование	Одобрено	Менеджер
					Дата	Подпись
Утвердил					АО "Цуларов-ноч"	

Рисунок Е.3 - Повышение эффективности технологии разработки месторождения