

Федеральное Государственное Образовательное Учреждение
Высшего Профессионального Образования
Иркутский Государственный Технический Университет

На правах рукописи



ИВАНОВА

Инна Ивановна

**СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ДОБЫЧНЫХ РАБОТ НА БУРОУГОЛЬНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СИБИРИ**

**Специальность 25.00.36 – «Геоэкология»
(в горно-перерабатывающей промышленности)**

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Д.т.н., профессор,
И.М. Щадов

Иркутск 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР И АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ.....	11
1.1 Физические и химические свойства бурого угля.....	11
1.2 Влияние эндогенных и экзогенных пожаров на экологию.....	14
1.3 Теории самовозгорания угля.....	17
1.4 Инкубационный период самовозгорания. Рецидивы пожаров.....	24
1.5 Зародышевый механизм самовозгорания бурого угля.....	25
1.6 Методы исследования склонности угля к самовозгоранию.....	27
1.7 Классификация разрезов по степени пожароопасности.....	30
2 АНАЛИЗ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СИБИРИ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	34
2.1 Геология исследуемых разрезов по добыче бурых углей.....	34
2.2 Анализ систем разработки добычных работ на буроугольных месторождениях Сибири.....	50
2.3 Расчеты экологического влияния открытых горных работ на окружающую среду.....	87
2.4 Типизация зон возникновения эндогенных пожаров.....	95
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА САМОВОЗГОРАНИЯ БУРОГО УГЛЯ.....	100
3.1 Определение качества исследуемых углей.....	100
3.2 Определение инкубационного периода самовозгорания бурых углей в натурных условиях.....	101

3.3 Определение инкубационного периода самовозгорания бурых углей в лабораторных условиях.....	117
4 МЕРОПРИЯТИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ САМОВОЗГОРАНИЯ И ТУШЕНИЮ БУРЫХ УГЛЕЙ СИБИРИ.....	
4.1 Определение необходимой концентрации компонентов антипирогенного состава для профилактики самовозгорания угля разреза Бородинский им. М.И. Щадова.....	124
4.2 Определение необходимой концентрации огнетушащего аэрозоля СБК-2М для ликвидации процесса самовозгорания бурых углей Сибири в лабораторных условиях.....	128
4.3 Профилактические меры с использованием инертных пород.....	132
4.4 Рекомендации по профилактике и тушению пожароопасных буроугольных месторождений Сибири.....	135
4.4.1 Мероприятия по профилактике эндогенных пожаров.....	135
4.4.2 Мероприятия по тушению пожаров.....	139
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	141
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	143
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	155

ВВЕДЕНИЕ

За последние 10 лет мировое потребление угля выросло почти на 50 % (потребление газа – примерно на 30 %; нефти и атомной энергии – менее чем на 10 %) [52, 67, 70, 84, 121, 132]. Уголь – это один из главных энергоресурсов, способный удовлетворить основные энергетические потребности растущего населения и развивающейся мировой экономики, внести важнейший вклад в преодоление энергетической бедности и энергетического неравенства. Балансовые запасы угля в России по категориям А+В+С1+С2 – 270 млрд т., а общие ресурсы угля в недрах с учетом прогнозных – 4,4 трлн тонн.

Конкурентные преимущества российской угольной отрасли в рамках отечественного топливно-энергетического комплекса заключаются:

- в наличии огромных запасов угля, которых при существующем уровне добычи хватит на 600 лет;
- в значительном опыте использования данного энергоресурса; повышении устойчивости энергоснабжения (в том числе в кризисных ситуациях);
- возможностях выхода на мировой рынок; наличии существенных резервов повышения эффективности;
- многообразии различных видов угольной продукции;
- возможностях адаптации к меняющимся условиям рынка;
- интеграции с приоритетными направлениями инновационного развития экономики;
- вкладе в региональную энергетическую безопасность.

Уголь разрабатывают открытым и подземным способами [2, 20, 25, 27, 77, 80, 120]. Выбор способа ведения горнодобывающих работ зависит в основном от расположения угольного пласта относительно земной поверхности. Разработка открытым способом обычно ведется при глубине его залегания не более 100 м. В

настоящее время ведущее место в мировой добыче минерального сырья занимают открытые горные работы. Их удельный вес составляет около 66 %, в том числе 57 % в добыче руд различных металлов, 34 % - угля и 97 % - строительных материалов.

Изучение взаимодействия промышленного производства с окружающей природной средой необходимо для создания и обеспечения рационального функционирования природно-промышленных систем различного уровня. Экология горного производства при открытой разработке месторождений рассматривает вопросы рационального природопользования, связанные со спецификой ведения открытых горных работ [52, 21, 26, 61, 121].

Негативными сторонами современного горного производства являются, во-первых, истощение природных ресурсов и, во-вторых, опасное нарушение и загрязнение окружающей среды.

В горном деле основными видами деятельности угольного предприятия, при котором происходят те или иные нарушения окружающей среды различной интенсивности, являются: проведение горных выработок для добычи полезного ископаемого и обслуживания горных работ; транспортирование горной массы; переработка угля; складирование угля и минеральных отходов и их последующая утилизация; пылеподавление и пылеулавливание; целенаправленное изменение свойств массива горных пород; энергоснабжение горных предприятий; эндогенные и экзогенные пожары; рекультивационные и закладочные работы; дренажные и водоотливные мероприятия.

Защита окружающей среды в горном деле сводится к двум основным направлениям:

- учету влияния горных разработок на воздушную, водную, земную среду и недра;
- изысканию методов инженерной защиты природной среды от вредного влияния горных работ.

При втором направлении в процессе горных работ следует обеспечивать рациональное и полное использование ресурсов недр, предупреждать их порчу,

сохранять участки недр и земной поверхности, представляющие научный и культурный интерес, сокращать потери при добыче, транспортировке и переработке угля; предотвращать деформации и истощение ресурсов земной поверхности; способствовать сохранности водных ресурсов, предотвращать энергетическое загрязнение окружающей среды, создавать горные технологии будущего.

Рациональное использование направлено на поддержание и повышение продуктивности и привлекательности природы, обеспечение и регулирование экономного, научно обоснованного использования ресурсов.

Актуальность темы. Угольная промышленность относится к отраслям с высокой экологической опасностью. Ежегодно сумма предъявляемых региональными органами Госкомэкологии России платежей за загрязнение окружающей среды растет быстрыми темпами и составляет 370 млн руб, а общие издержки производства – 1500 млрд руб. Необходимость защиты окружающей среды вызвана производственной деятельностью бурого угольных разрезов, изучению подлежат причины, вызывающие изменения в природе. Специфика влияния открытых горных работ на экологию обусловлена геолого-геохимическими особенностями месторождения и применяемой техникой и технологией для его разработки.

При разработке бурого угля открытым способом загрязнению подвержены: атмосфера, гидросфера, литосфера и биосфера. В первую очередь негативное воздействие испытывает атмосфера за счет выбросов пыли и газов при всех основных производственных процессах при эксплуатации бурого угольного месторождения. Источниками значительного выделения вредных веществ (среди которых окись углерода, сернистый газ и прочие) являются эндогенные и экзогенные пожары, возникающие при открытой добыче бурого угля в местах с наиболее благоприятными для концентрации тепла условиями. Общеизвестным является тот факт, что до 7 % добычи бурого угля ежегодно теряется в результате его самовозгорания. Если добычные работы ведутся с нарушениями технологии, то выбросы вредных веществ от пожаров будут превышать более чем в 2 раза выбросы от оборудования. На угольных разрезах нередки случаи, когда пожары и дым, выделяющийся в процессе самовозгорания, парализуют деятельность всего разреза,

нарушается экология в регионе. Поэтому для повышения экологической безопасности добычных работ в первую очередь необходимо предотвратить или сократить именно эти выбросы.

Пути решения задачи по повышению экологической безопасности бурого угольных разрезов заключаются в разработке комплекса мероприятий, имеющих оптимальное соотношение между уровнем безопасности и материальными затратами для их реализации. Основу этих предложений составляют меры организационного порядка, а также технические предложения, направленные на профилактику возникновения и развития пожароопасных природных и техногенных процессов. Поэтому данная работа является **актуальной**.

Степень научной разработанности проблемы.

Горнотехнические условия залегания бурого угольных месторождений Сибири, а также применяемое оборудование и технологии относят к разряду уникальных, поэтому их изучением занимались и занимаются ведущие научно-исследовательские и проектные организации страны: ВНИОСУголь, МГИ, ИГД им. А.А. Скочинского, ИОТТ, «Гипрошахт», МГГУ, НИ ИрГТУ, «Центргипрошахт», «Востсибгипрошахт», НИОГР, ЦНИЭИуголь, НКМЗ, ПО «Донецкгормаш», УЗТМ.

Изучению экологии горного производства, вопросов проектирования и технологии на пожароопасных угольных разрезах посвящено большое количество работ таких ученых как В.В. Ржевский, А.А. Скочинский, К.Н. Трубецкой, Н.В. Мельников, В.С. Веселовский, В.А. Харченко, Г.Л. Стадников, П.И. Томаков, А.С. Астахов, Е.Я. Диколенко, Е.Ю. Куликова, В.С. Коваленко, Е.Л. Счастливец, С.П. Амельчугов, В.И. Ганицкий, Н.Н. Чаплыгин, И.М. Щадов и других.

Несмотря на изученность темы, недостаточно внимания уделено разработке методических подходов к экологии при развитии пожароопасных процессов и профилактики самовозгорания бурых углей на открытых горных работах.

Цель работы. Повысить экологическую безопасность производств, связанных с добычей и хранением бурого угля, на основе установления закономерностей процесса самовозгорания бурых углей Сибири.

Задачи, решаемые в работе, нацелены на изыскание приемлемых вариантов сохранения окружающей среды и носят оптимизационный характер с учетом длительных природно-техногенных процессов, направленных на предупреждение экстремальных ситуаций, связанных с экзогенными и эндогенными пожарами.

В работе поставлены следующие задачи:

1. Оценить экологические последствия горных работ при разработке бурого углей месторождений Сибири.
2. На основе анализа технологических схем добычных работ установить условия, способствующие возникновению эндогенных и экзогенных пожаров на бурого углей месторождениях Сибири.
3. Экспериментально в натурных и лабораторных условиях определить инкубационный период самовозгорания, критическую температуру самовозгорания для каждого исследуемого пласта угля.
4. Произвести обоснование и выбор методов снижения пожароопасности с применением профилактических и тушащих средств для исследуемых бурого углей.
5. Разработать технические решения и специальные рекомендации по профилактике и тушению возгораний на пожароопасных месторождениях бурого углей Сибири.

Научная новизна:

1. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена закономерность расположения зон наиболее вероятного возникновения пожаров от геологических условий и технологии добычи на бурого углей месторождениях Сибири. Между параметрами технологических схем добычных работ и склонностью бурого углей к самовозгоранию имеется взаимозависимость, которая определяется величиной инкубационного периода самовозгорания.
2. Определены инкубационные периоды самовозгорания исследуемых бурого углей, установлена зависимость их пожароопасности от степени метаморфизма и зольности. Продолжительность инкубационного периода самовозгорания бурого угля в адиабатических условиях определяется по степенной зависимости

скорости поглощения кислорода воздуха, а в природных условиях является многовариантной функцией, зависящей от климатических, горно-геологических, технических и технологических факторов.

3. Обоснована оптимальная концентрация компонентов антипирогенного состава для разреза Бородинский; выявлена необходимая концентрация огнетушащего аэрозоля СБК-2М; установлена необходимая мощность засыпки инертными породами породугольных отвалов на разрезах Харанорский.

Практическая значимость работы. Разработаны технические решения и специальные рекомендации по профилактике и тушению возгораний на пожароопасных буроугольных месторождениях. Применение предложенного антипирогенного состава на разрезе Бородинский в течение года привело к увеличению инкубационного периода самовозгорания обработанных данным составом вскрытых запасов угля. В результате выполненных исследований получен экономический эффект в размере 11,2 млн рублей.

Практические и методические результаты диссертационного исследования могут представлять интерес для деятельности предприятий по добыче бурого угля и использоваться в учебном процессе высших учебных заведений по специальностям «Открытые горные работы», «Безопасность технологических процессов и производств».

Методология и методы исследования. В работе использован комплекс методов исследования для решения поставленных задач, а именно осуществлено аналитическое обобщение сведений, содержащихся в научно-технической, проектной и специальной литературе. Полигонные и лабораторные исследования были проведены с использованием апробированных методик С.П. Амельчугова и И.М. Щадова. Обработка полученных данных выполнена с применением программных пакетов Microsoft Office – Excel 2011, AutoCAD 2010 и Corel Draw X6.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Систематизированы зоны наиболее вероятного возникновения эндогенных и экзогенных пожаров в зависимости от геологических особенностей и технологических параметров добычи бурых углей Сибири.

2. Установленные характеристики пожароопасности исследуемых бурых углей, а именно инкубационный период самовозгорания, критическая температура самовозгорания зависят от степени метаморфизма и зольности бурых углей.

3. Результаты натурных и лабораторных испытаний обосновывают оптимальные концентрации антипирогенного и огнетушащего составов и расход инертных пород для снижения распространения пожароопасных процессов.

Степень достоверности обеспечивается использованием современного оборудования и апробированных методик, надежностью исходных данных, удовлетворительной сопоставимостью результатов лабораторных исследований и испытаний в производственных условиях и положительными результатами внедрения на предприятиях Сибири.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях: «Пятая Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле» (Новосибирск, 2010 г.); «Чтения памяти А.А. Игошина» (Иркутск, ИрГТУ, 2010 – 2013 гг.); «Проблемы экономики и предпринимательства» (Иркутск, ИрГТУ, 2011 и 2012 гг.); «Неделя горняка» (Москва, МГГУ, 2012 г.).

Публикации: по материалам исследований опубликовано 9 печатных работ, в том числе 7 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

1 АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

1.1 Физические и химические свойства бурого угля

Одним из источников загрязнения окружающей среды разрезов и близлежащих поселков являются эндогенные и экзогенные пожары. Угольная промышленность, как и другие горнодобывающие отрасли, обладает рядом существенных особенностей, имеющих прямое отношение к проблемам ее экологической безопасности. Источниками воздействия горного производства на окружающую природную среду являются открытые и подземные горные работы, обогатительные фабрики, отвалы, хвостохранилища и др. [1, 9, 10, 16, 61, 67, 127]. Масштабы этого воздействия определяются производственной мощностью предприятия, состоянием применяемого оборудования, совершенством технологических процессов, уровнем технологической дисциплины, размерами горного и земельного отводов, географическими и климатическими условиями и другими факторами.

Среди продуктов горения могут быть не только механические взвеси, представленные сажой, но и отравляющие и токсические вещества, среди которых окись углерода, сернистый газ, углеводороды и прочее [50, 72, 74, 78, 128].

Основа успешной борьбы с эндогенными пожарами заложена в понимании физико-химических свойств бурого угля, процессов, обуславливающих самонагревание и самовозгорание угля.

Уголь представляет собой многокомпонентную горную породу, которая состоит из неоднородной органической массы угля, влаги и минеральных включений различного состава [5, 40 - 48].

В углях, в зависимости от геологических особенностей месторождений, в разных количествах присутствуют включения горных пород и минералов. Это могут быть силикаты алюминия, железа, натрия и калия, карбонаты (CaCO_3 , MgCO_3 ,

FeCO_3 и т.д.), сульфаты (CaSO_4 , FeSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, оксиды (FeO , CaO и т.д.), сульфиды (FeS_2), а также органоминералы – соли гуминовых кислот (гуматов). В углях также присутствуют микроэлементы, концентрация которых в угольных пластах иногда может превышать их фоновые содержания в несколько сотен раз – Ge, W, Be, U, Se, Zn, Mo, Ag, As, Sb, Pb [3, 4, 6, 33, 54, 64, 68, 69].

Петрографический состав угля характеризуется содержанием основных групп мацералов, микролитотипов, литотипов и минеральных включений. К составным частям угля, встречающимся в виде линз и прослоев в угольных пластах, относятся витрен (блестящий, однородный, хрупкий, с хорошо выраженной эндогенной трещиноватостью, перпендикулярной наслению), фюзен (матовый, с шелковистым блеском, волокнистой структурой, сажистый, очень хрупкий), кларен (по блеску близок к витрену, относительно хрупкий, однородный и полосчатый) и дюрэн (матовый, однородный, твердый, с шероховатой поверхностью) [7, 11, 23, 40 – 48, 49, 54, 90, 93].

Уголь образовался из остатков отмерших живых организмов, в первую очередь растительных, в результате их биохимических, химических и физических изменений. Превращение отмерших растений в уголь происходит в два этапа: первый – это гумификация, когда органическая масса под влиянием кислорода и бактерий претерпевает биохимическое превращение (образуется торф); второй – это углефикация, под влиянием температуры, давления и минеральных компонентов происходят геохимические процессы превращения торфа в бурый уголь, при дальнейшей углефикации бурые угли превращаются в каменные и антрациты (Рисунок 1.1).

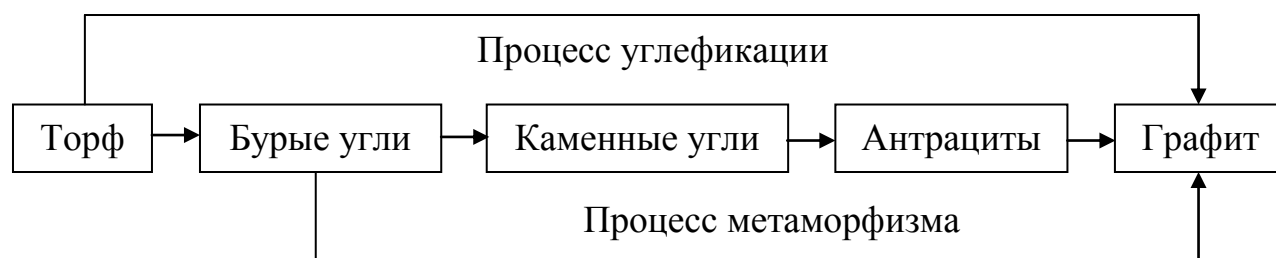


Рисунок 1.1 Процесс углефикации

Ископаемые угли делятся на три основных типа: бурые, каменные и антрациты. Кроме этого существует еще несколько видов углей – гумолит, липтобиолит, сапролит, ксилит, окисленный уголь.

Повышенной склонностью к самовозгоранию среди метаморфического ряда углей обладают бурые угли, хотя, при наличии благоприятных условий для концентраций теплоты, самовозгорание имеет место на разрезах при добыче каменного угля. К бурым углям, согласно ГОСТу 25543-88 «Угли бурые, каменные и антрациты» относятся угли с высшей теплотой сгорания влажной беззольной массы угля менее 24 МДж/кг. Эти угли делятся на три группы: 1Б, 2Б и 3Б. Группы 2Б и 3Б имеют подгруппы - 2БВ (второй бурый витринитовый) и 2БФ (второй бурый фюзинитовый), 3БВ (третий бурый витринитовый) и 3БФ (третий бурый фюзинитовый). Их характерные общие признаки по маркам представлены в Таблице 1.1.

Таблица 1.1

Характерные общие признаки бурых углей по маркам

Показатели	1Б	2БВ	2БФ	3БВ	3БФ
Средний показатель содержания витринита, %	0,2 – 0,39	0,2 – 0,49	0,2 – 0,49	0,3 – 0,59	0,4 – 0,59
Сумма фюзинитовых компонентов, %	любое	39 и менее	40 и более	39 и менее	40 и более
Максимальная влагоемкость, %	50 и выше	30 – 50	30 – 50	30 и менее	30 и менее
Выход смолы полукоксования на сухое беззольное состояние, %	любое	любое	20 и менее	любое	15 и менее

Класс 1Б объединяет землистые бурые угли, они рыхлые и пористые, похожи на торф, это переходный класс между торфом и плотными бурыми углями. К классу 2Б отнесены плотные матовые бурые угли, от класса 1Б они отличаются меньшей пористостью и большей механической прочностью. В класс 3Б входят угли, переходные от бурых к длиннопламенным.

Вода является одним из естественных компонентов угля, и для различных углей ее количество колеблется в широких пределах (до нескольких десятков процентов рабочей массы). Обычно в бурых углях содержание влаги больше, чем в каменных и антрацитах [26, 33, 124 – 127, 133 – 135].

В углях различают внешнюю $W_{\text{внеш}}^p$ и внутреннюю (гигроскопическую) влагу $W_{\text{гигр}}^p$. Внешняя влага удаляется естественным испарением и оставшийся уголь называют воздушно-сухим (при $t=20$ °С и влажности воздуха 65%). Влага, оставшаяся в воздушно-сухом угле с зернами диаметром менее 0,2 мм – аналитическая влага W^a .

По виду и прочности удерживания влагу можно разделить на ряд составляющих:

- 1) гидратная вода, которая входит в состав минеральных включений в виде одного из компонентов кристаллической решетки;
- 2) капиллярная вода, удерживаемая под влиянием осмотического давления, создаваемого за счет поверхностной энергии;
- 3) адсорбционная вода, которая на поверхности трещин и под ними удерживается за счет донорно-акцепторных взаимодействий;
- 4) свободная вода, которая находится за монослоем адсорбированной воды.

Влага в угле является балластом и влияет на его поверхностные характеристики и реакционную способность органической массы [27, 34].

1.2 Влияние эндогенных и экзогенных пожаров на экологию

При загрязнении природной среды происходят изменения состава и свойств угля, а возникновение эндогенных и экзогенных пожаров ухудшают экологию. Специфика влияния открытых горных работ на окружающую среду обусловлена геолого-геохимическими особенностями месторождения и применяемой техникой и технологией для его разработки [1, 3, 4, 6, 33, 54, 64, 122].

Загрязнение атмосферы происходит в результате возникновения эндогенных и экзогенных пожаров. Обладая непосредственным воздействием на природу,

они вызывают в ней изменения. Процессы обладают высокой динамичностью и однонаправленны.

Высокая активность бурых углей определяет большую частоту возникновения эндогенных и экзогенных пожаров. Пожары на разрезах возникают и развиваются при реализации определенных условий: наличие горючего материала, возникновение теплового импульса и способность окружающей среды поддерживать горение.

Экзогенные пожары вызваны внешними тепловыми источниками. К ним относятся очаги самовозгорания, взрывные и сварочные работы, костры, искры от локомотивов, автосамосвалов, бульдозеров, окурки и прочее.

При применении взрывчатых веществ с большим отрицательным кислородным балансом очень часто возникают пожары в угольных блоках. Иногда такие пожары ошибочно классифицируют как эндогенные. На самом деле в этих случаях происходит неполная детонация взрывчатых веществ, а остаточные горючие компоненты выгорают с выделением большого количества тепла. В результате выгорания повышается температура, что многократно ускоряет развитие естественного процесса самовозгорания во взорванной горной массе. В немалой степени этому способствуют физические свойства и петрографический состав углей, а также природные факторы.

Эндогенный пожар вызван самовозгоранием угля. Самовозгорание угля – это процесс нарастания температуры в массиве или в скоплении разрыхленного угля, переходящий в пламенное горение. В процессе самовозгорания выделяют две стадии: самонагревания и возгорания. Стадия самонагревания характеризуется медленной скоростью протекания экзотермической реакции окисления угля кислородом воздуха и равномерным нарастанием температуры. Если теплота полностью рассеивается в окружающую среду, то происходит низкотемпературное окисление угля. При наличии условий для накопления тепла и разогрева угля происходит его возгорание. Стадия горения наступает при температуре угля выше 250 – 300 °С.

К потенциально пожароопасным участкам относятся технологические объекты при добыче и хранении угля, которые характеризуются наиболее благоприятными условиями для протекания процессов самонагревания, самовозгорания, возгорания от внешних тепловых источников и распространения открытых очагов пожаров:

- кровля вскрытого пласта, нарушенная при взрывании пород вскрыши и некачественно зачищенная от разрыхленного угля;
- верхняя бровка угольного уступа, неудовлетворительно зачищенная при превышении высоты уступа над высотой черпания экскаватора;
- откос угольного уступа, некачественно зачищенный или на оползневых участках, в районе геологических нарушений и вскрытых открытыми работами подземных горных выработок (подготовительных, дренажных и др.)
- целики угля на контакте с породами внутренних отвалов бестранспортной вскрыши;
- угольные и смешанные уступы, оставляемые на длительную консервацию;
- осыпи (породно-угольные скопления, прилегающие к откосу уступа), образующиеся за счет сбрасывания экскаватором части взорванного блока при послойной разработке пластов большой мощности без оставления транспортных берм между слоями, некачественной зачистки элементов уступа и выветривания породно-угольного массива под действием атмосферных факторов;
- навалы (породно-угольные скопления конусной или плоской формы со степенью сосредоточенности более $2 \text{ м}^3/\text{м}^2$ и высотой более 2 м), образующиеся в результате неполной выемки взорванных угольных и смешанных блоков, зачистки бульдозером почвы пласта (рабочего горизонта), на переразгрузочных пунктах при ж/д и конвейерном транспорте;
- 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 бес-транспортной 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 и разубоженных углей.

1.3 Теории самовозгорания угля

Исследования, посвященные изучению механизма самовозгорания угля, привели к появлению огромного количества теорий. В них причины самовозгорания угля сводятся к химическим особенностям отдельных компонентов, входящих в состав угольной породы.

В первую очередь этой проблемой занялись известные химики и первоначально именно на химической стороне процесса самовозгорания угля было сосредоточено основное внимание исследователей.

Одной из первых теорий, пытавших объяснить самовозгорание угля, является пиритная, разработанная в 60-х годах XIX века, принадлежащая известному химику Ю. Либиху [1, 20, 51, 29, 32]. Согласно этой теории, самовозгорание угля происходит вследствие наличия в нем пирита, способного вступать во взаимодействие с кислородом воздуха и водой. При этом реакция окисления сопровождается выделением тепла, а при его аккумуляции происходит самовозгорание угля. Однако, как показала практика, этот фактор не является решающим. Часто самовозгораются угли не только с высоким, но и с низким содержанием пирита. Проведенные позже В.С. Крымом наблюдения за самовозгоранием угля в штабелях также показали, что однозначной зависимости между склонностью углей к самовозгоранию и содержанием в них пиритной серы нет.

Некоторые авторы считают причиной самовозгорания органическую часть углей, такую как альдегидные группы, гидроароматические соединения и фенольные группы [24, 27, 28, 35, 50, 57, 61, 79, 89]. В теории Фишера рассматриваются ненасыщенные соединения, обладающие большой химической активностью. В

фенольной теории окисления, представленной Г.Л. Стадниковым, считается, что причиной самовозгорания является активное окисление иглистых аргиллитов, чья активность объясняется присутствием в них окислов железа.

Молекулярно-кинетическая теория объясняет механизм самовозгорания угля через химическое превращение, при котором молекулы реагирующих веществ должны обладать достаточно большим запасом энергии («энергией активации»), чтобы прийти в непосредственное столкновение, которое возможно при их тепловом движении [21, 25, 74, 82, 86, 91, 92, 130]. Дальнейшие опыты показали, что во многих случаях химические превращения идут быстрее, чем этого требует теория абсолютных скоростей. Академик Н.Н. Семенов объяснил это явление тем, что в таких случаях реагируют не нейтральные молекулы, а их радикалы.

В цепной теории окисления органических соединений первичными промежуточными продуктами окисления являются перекисные радикалы, которые способны вступать в реакцию с образованием новых радикалов при значительно меньшей энергии разрыва связей, чем при прямых реакциях [50, 73, 75, 92]. Возможны три варианта цепных процессов: образование неразветвленной длинной цепи; образование из одного радикала нескольких, т. е. разветвленная цепная реакция; образование дополнительных радикалов при не разветвляющейся основной цепи. При этом свободные валентные связи не исчезают и один из продуктов реакции будет радикалом, способным вступать в реакцию с насыщенной молекулой.

Совокупность протекающих эндотермических реакций, определяющихся наличием на поверхности частиц небольшого количества активных центров, является одной из теорий самовозгорания [25, 29, 33, 54, 74, 76, 94, 81, 130]. Активные центры могут иметь различную природу: на поверхности сажевых частиц наиболее вероятными являются углеродные атомы с насыщенными и перенапряженными валентными связями.

Все перечисленные теории сводят процесс горения к реакции взаимодействия углерода с кислородом. Несмотря на различные объяснения причин появления теплового импульса, их объединяет то обстоятельство, что основное внимание они сосредоточивают на чисто химическом реагировании кислорода с углем и

имеющимися в нем примесями и игнорируют механизм самовозгорания и горения как химического процесса, протекающего в реальных физических условиях. Это предопределило длительный застой в решении проблемы, который был преодолен лишь работами исследователей А.А. Скочинского, Л.Д. Шевякова, В.Ф. Парусимова и др., изучавших влияние горнотехнических факторов на возникновение эндогенных пожаров.

Основные положения теории самовозгорания углей разработаны в трудах А.А. Скочинского, В.С. Веселовского, Л.Н. Быкова, В.М. Маевской и их коллег [26 – 32, 50, 65, 74, 130, 136].

Исследованиями ученых установлено, что возгоранию ископаемого угля предшествует период его самонагревания, являющийся результатом низкотемпературного окисления угля и дальнейшего его взаимодействия с кислородом при средних температурах. Переход от одной стадии самонагревания к другой происходит скачкообразно по достижении некоторой критической температуры и характеризуется качественным изменением механизма окисления, что приводит к резкому ускорению скорости тепловыделения и делает процесс практически неуправляемым.

Исследованию факторов, влияющих на характер протекания начальной стадии эндогенного пожара, посвящено большое число работ.

Самонагревание угля и углесодержащих пород зависит от большого числа факторов, степень влияния которых различна. Эндогенная пожароопасность разрезов в целом определяется суммарным воздействием целого ряда этих факторов.

Основоположниками теории самовозгорания углей на основе анализа характера влияния отдельных факторов сформулированы три условия, необходимые для зарождения и развития самовозгорания [1, 26, 95, 132]: уголь должен быть способен к окислению при низких температурах; количество кислорода должно быть достаточным для протекания реакции; количество выделяющейся в результате окисления теплоты должно преобладать над его отводом в окружающую среду.

Все факторы подразделяются на три группы: геологические, горнотехнические и климатические [100, 131].

В естественных условиях главную роль в процессе самовозгорания угольных пластов играет геологическое строение и качество углей, на основании чего были выделены так называемые «геологические факторы» самовозгорания углей. Эти факторы можно объединить в две группы:

1. Собственно геологические:

- Приток воздуха к угольному пласту влияет на генерацию тепла (так как приток увеличивает концентрацию кислорода), и на вынос тепла воздухом;
- Мощность пласта. С увеличением мощности повышается вероятность самовозгорания, это связано с теплоизоляционными свойствами угля, препятствующими оттоку теплоты;
- Глубина залегания пласта. Известно, что с глубиной температурный градиент увеличивается, и температура угля приближается к критической; с другой стороны близко с земной поверхностью опасность самовозгорания увеличивается вследствие проникновения воздуха;
- Тектоническая нарушенность. При нарушении первичной структуры угольного пласта увеличивается трещиноватость и облегчается дегазация пласта, создаются трудности при выемке угля, увеличивается аварийность горных работ и потери угля, в оставленных на местах тектонических нарушений целиках часто развивается самовозгорание;
- При сдвигании и сползании уступов при разработке мощных пластов осложняется проведение любых технических мероприятий по борьбе с эндогенными пожарами.

2. Физико-химические:

- Химическая активность углей может служить показателем только относительной или потенциальной склонности к самовозгоранию, т. е. при равных горногеологических условиях для химически активных углей пожарная опасность больше, чем для малоактивных. По химической активности бурые угли относятся к высокоактивным;

- Степень метаморфизма. Химическая активность бурых углей в среднем в 3 раза превышает химическую активность каменных углей, хотя угли одной степени метаморфизма могут различаться по химической активности вследствие различных факторов: пористости, тектонической нарушенности и др. Снижение реакционной способности углей объясняют закономерным изменением их химического состава и внутреннего строения вещества в ряду углефикации;

- Окисление углистого вещества. Молекулярный механизм окисления угля объясняется следующими закономерностями: 1) все угли при комнатной температуре поглощают кислород из воздуха; 2) скорость поглощения кислорода пропорциональна его концентрации в газовой среде; 3) скорость сорбции уменьшается со временем, т. е. со временем происходит дезактивация угля; 4) после нагревания угля без доступа воздуха его активность увеличивается; 5) сложная зависимость между скоростью сорбции и степенью измельчения угля. Для не окисленного угля скорость сорбции тем больше, чем меньше размер зерен, однако чем меньше размер зерен, тем быстрее уменьшается скорость сорбции со временем. Поэтому, если сравнивать угли при мелком измельчении, первые могут быть активнее, чем вторые, а при крупном измельчении – наоборот; 6) ускорение сорбции не вполне обратимо, т.е. активность угля после охлаждения становится больше активности угля, который не подвергался нагреванию; 7) скорость сорбции кислорода углем зависит от степени метаморфизма угля и его петрографической структуры, т. е. чем плотнее структура, тем меньше химическая активность угля при одной и той же степени метаморфизма; 8) метан, содержащийся в угле, препятствует его окислению;

- Петрографический состав. Активность угля создается наименее устойчивыми к воздействию атмосферных агентов микрокомпонентами группы витринита. Причиной этого является наличие в нем активного водорода и его повышенная микропористость, увеличивающая «проницаемость по отношению к окислителю». Содержащийся в углях фюзинит имеет слабую связь с самовозгоранием углей, а влияние липтинита еще меньше, чем фюзинита, поскольку липти-

ниты индифферентны как к окислителям, так и к микробиологическому воздействию;

- **Накопление теплоты.** Окисление угля, а следовательно, и генерация тепла, происходят в объеме скопления угля. Отдача тепла всегда идет через внешнюю поверхность этого скопления. Поэтому скорость самонагрева зависит от отношения объема скопления к его поверхности. Чем большая часть идет на нагревание угля, тем больше опасность его самовозгорания;

- **Критическая температура** – время, которое требуется для того, чтобы в результате самонагрева температура угля достигла критического значения. Критической обычно считается температура 70 – 80°C, при которой самонагревание быстро переходит в самовозгорание;

- **Газоносность.** Присутствие метана препятствует окислению угля и понижает его химическую активность;

- **Зольность.** С увеличением минеральной части углей, а следовательно, и с повышением зольности, возрастает вероятность наличия в них активных к окислению минералов, например, сульфидов железа;

- **Сернистость** влияет на самовозгорание углей в том случае, если она связана с содержанием сульфидов железа – пирита и марказита, которые являются химическими инициаторами реакций окисления и самовозгорания. Химически воздействуя на уголь, продукты окисления пирита образуются «активные сульфопроизводные» угля, обладающие повышенной активностью по сравнению с исходным углем;

- **Влажность.** В сухих образцах угля тепловой обмен, вызываемый окислителем, имеет одинаковый характер как в угле, так и в пирите. Однако если уголь увлажнить, то реакционная способность его удвоится, а реакционная способность тонкодисперсного пирита возрастет в 10 раз.

К горнотехническим факторам обуславливающим самовозгорания угля при открытых горных работах относятся [26, 36 – 39, 50, 53, 87, 89, 92, 108, 136]:

- Суммарная длина фронта работ – с ее увеличением возрастает вероятность возникновения очагов самовозгорания;
- Цикл обновления угольных уступов. Если угольный уступ длительное время не обновлялся, то под воздействием атмосферных условий и сейсмических колебаний при взрывных работах происходит разрушение поверхностных элементов уступов;
- Высота угольного уступа. При большой высоте уступов экскаватор не обеспечивает качественной обработки верхней части уступа, нарушенной взрывными работами, где возникают пожары;
- Значительные объемы разрыхленной породно-угольной массы в виде автотракторных съездов, искусственно возводимых и сохраняемых в течение всего периода отработки уступа и являющихся потенциально-пожароопасными объектами;
- Когда взорванный угольный блок, по различным причинам, не обрабатывается или обрабатывается не полностью, его часть остается на длительное время - это приводит к возникновению в нем очагов эндогенных пожаров.

На частоту и периодичность возникновения эндогенных пожаров, кроме состава и свойств угля и углистых пород, геологических и технологических условий, существенное влияние оказывает целый ряд атмосферных факторов. Это относительная влажность воздуха, количество атмосферных осадков, изменение барометрического давления, температура воздуха и скорость ветра. Их параметры при разработке месторождений открытым способом крайне непостоянны. Из перечисленных факторов особое значение имеют два: температура воздуха и скорость ветра. В условиях открытой добычи даже при значительных колебаниях температуры воздуха от $+30$ до -30°C , частота возникновения эндогенных пожаров в летний и зимний периоды почти одинакова. Действие температуры проявляется только на определенных стадиях развития процесса самовозгорания, т. е. в летний период повышение температуры лишь ускоряет процесс окисления в начальной стадии. Наблюдения на Харанорском, Бородинском разрезах так же показали, что пожары в скоплениях чаще возникают со стороны господствующих

ветров. Сильные ветры содействуют ускорению возгорания, обеспечивая усиленный приток воздуха и интенсивное испарение влаги на завершающей стадии.

Самовозгорание штабелей угля обусловлено в основном циркуляцией в них воздуха. Факторы, увеличивающие циркуляцию:

1. Высота штабеля. Чем она больше, тем интенсивнее вертикальные движения воздуха внутри штабеля.
2. Сегрегация угля по крупности кусков во время насыпания штабеля. Вследствие этого в местах скопления крупных кусков создаются воздушные каналы. В связи с этим неоднородные по крупности куски угля, особенно содержащие штыб, самовозгораются чаще, чем грохоченные.
3. Переваливание угля к стенке или столбу создает благоприятные условия для образования вертикальных каналов.
4. Значительное влияние оказывает погода – ветер и температура воздуха. Зимой температура внутри штабеля обычно выше, чем снаружи. Это усиливает восходящие токи воздуха в штабеле. Поэтому самонагревание штабелей в холодные месяцы активизируется.

1.4 Инкубационный период самовозгорания. Рецидивы пожаров

Указанные факторы обуславливают инкубационный период, а именно - время, необходимое для возникновения эндогенного пожара. Его обычно отсчитывают от начала очистной выемки угля. Длительность инкубационного периода различна для разных природных и горнотехнических условий и систем разработки и может служить характеристикой их пожарной опасности [1, 7, 68, 69, 122, 124].

Активация угля в промышленных условиях способствует рецидивам эндогенных пожаров, что объясняется следующим: температура горной массы от центра очага пожара к периферии осыпи или уступа понижается. После тушения пожара водой или другими антипирогенами в угольной массе сохранится сильно активированный нагретый уголь (до 110 – 150°C). Если к нему будет приток воздуха, то произойдет быстрое самонагревание (рецидив). Указанные условия само-

возгорания и свойства активированного нагретого угля указывают на необходимость охлаждения всей нагретой угольной массы до температуры разрабатываемых горных пород, с последующей отгрузкой и вывозкой их с разреза. Повторный, или рецидивный, пожар может возникнуть в сроки меньше, чем длительность инкубационного периода, определяемая физическими условиями и факторами самовозгорания угля.

В производственной обстановке часто бывает трудно убедиться в том, что предыдущий пожар был полностью ликвидирован, особенно в том случае, когда его очаг недоступен для непосредственного обследования. Поэтому на практике обычно рецидивным называют всякий пожар, возникший на месте ранее потушенного пожара или поблизости от него.

Как для рецидивных пожаров, так и для активизации старых пожаров характерно, что они возникают в сроки, значительно меньшие, чем длительность инкубационного периода, обычная для данных условий и систем разработки.

1.5 Зародышевый механизм самовозгорания бурого угля

Процессы самовозгорания бурого угля связаны с твердофазными превращениями. В процессе самовозгорания бурого угля твердофазные превращения начинаются в отдельных центрах, которые образуются в местах наиболее благоприятных для протекания реакций. Буроугольное скопление представляет собой пористую среду, состоящую из частиц угля и окружающей их среды [8, 20, 50, 55, 58, 64 – 66].

Развитие реакций превращения в одной из частиц угля сталкивается с необходимостью преодоления границы раздела фаз «твердое вещество-газ». В пространстве между частицами скорость реакции самовозгорания практически равна нулю вследствие отсутствия реагирующего вещества. Выделяемое тепло экзотермических реакций от частицы удаляется конвективными потоками окружающей среды и передается теплопроводностью соседним частицам, количество которого определяется площадью контакта, т. е. формой частиц и может быть представлена следующим уравнением:

$$Q = a \cdot F \cdot (T_2 - T_1), \quad (1.1)$$

где Q – тепловой поток, Вт; a – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²К); F – площадь изотермической поверхности, м²; T_2 и T_1 – температуры смежных частиц угля, К.

Рост зародыша ограничивается величиной угольной частицы, в которой он зародился. При превышении температуры зародыша свыше температуры плавления происходит спекание смежных частиц, при этом их среднеобъемная температура несколько снижается. Для того чтобы зародыш «поглотил» следующую соседнюю частицу, необходимо время, в течение которого температура зародыша, возрастающая за счет внутренних реакций, превысит температуру плавления угля.

Поверхность массы угля в процессе его самовозгорания может быть представлена как поверхность, состоящая из набора элементарных площадок, определяемая крупностью частиц угля. Частицы угля с зарождающимися процессами горения имеют более высокую температуру, чем остальные. На поверхности массы угля обеспечиваются наиболее благоприятные условия для диффузии кислорода воздуха и прохождения экзотермических реакций, которые при определенных условиях теплоотвода приводят к низкотемпературному горению. Поэтому эти частицы имеют температуру тления.

Учитывая, что для технических поверхностей зависимость коэффициента теплового излучения от температуры достаточно слабая, поверхностная плотность потока интегрального излучения описывается законом Стефана-Больцмана для реального тела:

$$q = \varepsilon C_0 E^4, \quad (1.2)$$

где $C_0 = \sigma_0 \cdot 10^{-8} = 5,67$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана-Больцмана; ε – степень черноты бурого угля.

Тепловой поток, излучаемый на всех длинах волн с единицы поверхности бурого угля, определяется суммой излучения поступающего от зародышей и от прочих частиц угля, имеющих температуру среды.

Представим поверхность угля совокупностью частиц N , состоящей из n частиц зародышей и $N-n$ - прочих частиц. Тогда суммарный тепловой поток будет равен

$$q = n \cdot q_z + (N-n) \cdot q_{\text{ч}}, \quad (1.3.)$$

где q_z – тепловой поток от зародышей; $q_{\text{ч}}$ – тепловой поток от остальных частиц.

Подставив в уравнение 1.3 температуру зародышей, равную температуре тления бурого угля (600K), получаем

$$q = 23224n + 4,54 \cdot 10^{-8} T^4 (N-n) \quad (1.4)$$

Количество зародышей определяется на основе закона Аррениуса и изменяется в соответствии с определенной экспоненциальной зависимостью, обусловленной химической активностью угля:

$$n = n_0 \exp(-E/RT), \quad (1.5)$$

где R – универсальная газовая постоянная, $\text{кДж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$; T – температура угля, K ; E – энергия активации реакции самовозгорания, $\text{кДж}/\text{моль}$.

Следовательно, тепловой поток от поверхности бурого угля на стадии самовозгорания будет определяться выражением

$$Q = 23224 n_0 \exp(-E/RT) + 4,54 \cdot 10^{-8} T^4 (N - n_0 \exp(-E/RT)) \quad (1.6)$$

Этот механизм протекания реакции самовозгорания бурого угля может быть использован для обнаружения очага самовозгорания на начальных стадиях.

1.6 Методы исследования склонности угля к самовозгоранию

Методы исследования склонности угля к самовозгоранию основаны на определении скорости взаимодействия угля с кислородом и взаимосвязи изменения его физических свойств при изменении петрографического состава и структуры. Несмотря на большой объем выполненных исследований, в настоящее время нет единого мнения о методах определения склонности угля к самовозгоранию, а прогноз эндогенной пожароопасности в разных бассейнах страны проводится неодинаково [24 – 29, 32, 36, 107].

Вследствие того, что с повышением температуры изменяется не только скорость окисления, но также его механизмы и форма, методы исследования

окислительных процессов разделяются, прежде всего, по температурным интервалам, так как в зависимости от температуры изменяется скорость окисления, а также его механизмы и форма. Существуют низкотемпературный интервал (60 – 100 °С и ниже), среднетемпературный интервал (150 – 400 °С) и высоко температурный интервал (500 – 600 °С и выше).

Окисление при низких температурах идет слишком медленно, а при высоких усложняется побочными реакциями и диффузией газов. Поэтому наиболее удобно исследовать окисление при средних температурах, от 299 до 400 °С, при которых и проведено большинство работ.

Критическая температура возгорания служит одним из лучших показателей окисляемости вещества при средних температурах. Было предложено много методов ее определения. Температура возгорания, кроме природы окисляемого вещества, зависит от условий нагревания, поэтому разные методы ее определения дают несовпадающие результаты.

Методы, основанные на определении окисляемости:

при низких температурах:

1. Окисление в водной среде:
 - А. окисление перманганатом в кислой среде (метод В.С. Крыма);
 - Б. окисление перманганатом в щелочной среде (метод Френсиса);
 - В. окисление хромовой смесью;
 - Г. окисление азотной кислотой (метод Лили и Горланда);
 - Д. окисление бромом (метод Фишера).
2. Определение скорости окисления газообразным кислородом в адиабатических и изотермических условиях.
3. Определение склонности к выветриванию (метод В.М. Маевской)
4. Определение поверхностного окисления в водной среде по температуре возгорания (В.С. Веселовский, Г.Л. Орлеанская и Е.А. Терпогосова)

при повышенной температуре:

1. Определение температуры возгорания:

А. нагревание угля с установленной скоростью в струе кислорода и определение температуры, при которой происходит возгорание угля (метод Эрдмана);

Б. выдерживание при постоянной температуре и определение низшей температуры, при которой уголь начинает самовозгораться (метод Денштедта);

В. определение температуры возгорания в адиабатических условиях;

Г. определение температуры возгорания весовым способом (метод В.Ф. Орешко);

2. Определение скорости окисления:

А. определение количества прореагировавшего кислорода и продуктов окисления при 150 – 200 °С (метод В.М. Маевской)

Б. определение гумусовых кислот, образующихся при окислении около 240 °С (метод Крейлена).

Кроме этого, было предложено много косвенных методов. Однако они либо дали неудовлетворительные результаты, либо вовсе не были проверены.

Почти все описанные в литературе методы определения склонности углей к самовозгоранию были предложены на основании общехимических соображений, а не путем сравнения получаемых с их помощью результатов с действительной частотой пожаров. Большинство этих методов даже не проверялось на практике. В связи с этим в настоящее время существует только два метода, которые дают результаты, согласующиеся с промышленной практикой:

- Метод Института горного дела Академии Наук СССР (В.С. Веселовский с сотрудниками); Сущность метода: Низкотемпературное окисление углей понижает их температуру возгорания, причем для углей, склонных к самовозгоранию, это понижение велико, а для безопасных – мало. Поэтому если определить температуру возгорания свежего, не затронутого окислением угля, затем окислить его в определенных условиях и вновь определить температуру возгорания, то по величине понижения этой температуры можно судить о степени склонности угля к самовозгоранию.

- Метод В.М. Маевской состоит в определении окисляемости угля по количеству прореагировавшего кислорода и образовавшихся продуктов окисления. В условиях нагревания в приборе также происходит окисление угля, которое увеличивает его химическую активность, при этом проявляется различие в окисляемости при невысоких температурах для углей, склонных и не склонных к самовозгоранию.

1.7 Классификация разрезов по степени пожароопасности

Пожароопасность разрезов определяется рядом объективных и субъективных факторов [78, 82]. Абсолютная значимость принятых для оценки пожароопасности разрезов факторов, выраженная определенным числовым интервалом (баллами), установлена по результатам многолетних исследований и опыту работы разрезов. Их перечень и соответствующие им числовые интервалы приведены в Таблицах 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2

Продолжительность инкубационного периода самовозгорания
угля на потенциально опасных объектах разрезов
различной категории пожароопасности

Вид потенциально пожароопасных участков	Категория пожароопасности, $\tau_{\text{инк}}$, сут					
	I	II	III	IV	V	VI
Ненарушенные целики	Не горят	Не горят	360			
Целики, нарушенные взрывными работами		360	210- 270	150- 210	120- 150	90- 120
Целики с геологическими нарушениями или деформированные оползнями			150- 180	120- 180	90- 120	45- 90
Склады, отвалы, навалы и осыпи объемом более 200 м ³			120- 180	60- 180	45- 90	20- 60

Степень пожароопасности разреза Π_0 может быть определена по формуле 1.7:

$$П_0 = K_1 * K_2 * \Phi_0, \quad (1.7)$$

где Φ_0 – суммарное числовое значение объективных факторов, определяющих пожароопасность конкретного объекта в баллах (формула 1.8).

K_1 - коэффициент пожароопасности, учитывающий влияние склонности углей к самовозгоранию на пожароопасность разреза (формула 1.9).

K_2 – коэффициент пожароопасности, учитывающий влияние суммарной площади угольных обнажений. $K_2=0,75 \div 0,2$, он зависит от суммарной площади угольных обнажений (ΣS , м²), (Таблица 1.4).

Таблица 1.3

Классификация разрезов по степени пожароопасности

Категория пожа-роопасности	Степень пожароопасности	Критерий пожароопасности
I	Неопасные	До 25
II	Мало опасные	26-50
III	Умеренно опасные	51-75
IV	Опасные	76-100
V	Повышенной опасности	101-125
VI	Весьма опасные	Более 125

Таблица 1.4

Величина коэффициента K_2 в зависимости от ΣS

Суммарная площадь угольных обнажений ΣS , тыс.м ²	Коэффициент пожароопасности, K_2
До 500	0,75
51-150	1,0
151-300	1,25
301-600	1,5
601-1000	1,75
Более 1000	2,0

$$\sum \Phi_o = \Phi_{o1} + \Phi_{o2} + \dots + \Phi_{on} \quad (1.8)$$

где $\Phi_{o1}, \Phi_{o2}, \dots, \Phi_{on}$ – объективные факторы, принятые для оценки пожароопасности разреза.

$$K_1 = \frac{\bar{U}_{25(i)}}{\bar{U}_{25(6)}} \quad (1.9)$$

где $\bar{U}_{25(i)}$ – константа скорости сорбции кислорода путем i-го объекта, мл/г*ч
 $\bar{U}_{25(6)}$ – константа скорости сорбции кислорода путем базисного объекта, мл/г*ч. $\bar{U}_{25(6)}=0,29$ мл/г*ч.

Коэффициенты пожароопасности исследуемых разрезов в зависимости от основных факторов пожароопасности приведены в Таблице 1.5.

Результаты определения степени пожароопасности исследуемых разрезов приведены в Таблице 1.6.

Таблица 1.5

Коэффициенты пожароопасности исследуемых разрезов в зависимости от основных факторов пожароопасности

Разрез	Коэффициент пожароопасности, K_1		Коэффициент пожароопасности, K_2	
	$\bar{U}_{25(i)}$	K_1	ΣS факт, m^2	K_2
Бородинский	0,22	0,76	130	1,0
Переясловский	0,17	0,59	120	1,0
Азейский	0,20	0,69	95	1,0
Мугунский	0,20	0,69	70	1,0
Харанор	0,29	1,0	100	1,0

Исследуемые буроугольные разрезы относятся к следующим категориям пожароопасности: Бородинский и Харанорский к VI категории, Переясловский, Азейский и Мугунский к IV категории.

Таблица 1.6

Результаты определения степени пожароопасности исследуемых разрезов

Разрез	Показатели пожароопасности			Степень пожароопасности	
	$\Sigma\Phi_0$	K_1	K_2	P_0	категория
Бородинский	192	0,76	1,0	146	VI
Переясловский	158	0,59	1,0	93	IV
Азейский	130	0,69	1,0	90	IV
Мугунский	130	0,69	1,0	90	IV
Харанор	185	1,0	1,0	185	VI

Экологическое воздействие добычных работ на бурогольных месторождениях Сибири в первую очередь обусловлено большими выбросами в атмосферу, связанными с самовозгоранием.

Проведение теоретических и экспериментальных исследований нацелены на изыскание приемлемых вариантов сохранения окружающей среды и носят оптимизационный характер, с учетом длительных природно-техногенных процессов, направленных на предупреждение экстремальных ситуаций, связанных с экзогенными и эндогенными пожарами.

2 АНАЛИЗ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СИБИРИ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

2.1 Геология исследуемых разрезов по добыче бурых углей

Защита окружающей среды сводится к обнаружению и нейтрализации или ослаблению отрицательных явлений, вызванных развитием пожароопасных процессов на буроугольных разрезах [13, 61 – 63, 84, 112, 126].

Необходимость защиты окружающей среды вызвана производственной деятельностью: изучению подлежат причины, вызывающие изменения в природе. Специфика влияния открытых горных работ на экологию обусловлена геолого-геохимическими особенностями месторождения и применяемой техникой и технологией для его разработки. Для выявления и систематизации очагов развития пожароопасных процессов были изучены геологические и технологические характеристики месторождений бурых углей Сибири [26, 59, 60, 70, 73, 117, 132].

Наиболее крупные бассейны и месторождения бурых углей характерны для мезазойско-кайнозойских отложений [15, 16, 18, 59, 60, 70, 72, 113, 114, 127, 132]. В Европе залежи бурых углей связаны почти исключительно с отложениями неоген-палеогенового возраста, в Азии — преимущественно юрского, в меньшей степени мелового и палеоген-неогенового, на остальных континентах — мелового и палеоген-неогенового. В России основные запасы бурых углей приурочены к юрским отложениям. Значительная часть бурых углей залегает на небольших глубинах в угольных пластах мощностью 10 – 60 м, что позволяет отрабатывать их открытым способом. На отдельных месторождениях мощность залежей составляет 100 – 200 м.

Основные буроугольные бассейны зарубежных стран: Латроб-Валли (Австралия); Форт-Юнион, часть Альберты (США), Нижнерейский (Германия), Тюринго-Саксонский и Магдебургский (Германия); Миссисипский и Техасский

(США); Марицкий (Болгария); Косовский (Югославия); Анатолийский (Турция); Нейвели (Индия); Алта-Амазона (Бразилия).

Среди крупных буроугольных бассейнов России выделяются Канско-Ачинский, Илийский, Подмосковский, Днепровский, Южноуральский, Челябинский, Тургайский, Иркутский, Майкюбинский, Угловский и Ленский.

Горно-геологические условия разрезов отличаются большим разнообразием и сложностью и в ряде случаев не имеют аналогов за рубежом. Залегание угольных пластов на угольных разрезах Восточной Сибири в основном горизонтальное и пологое ($0 - 12^\circ$). В отдельных случаях имеются пласты наклонного (до $15 - 40^\circ$) залегания. Пласты в основном сложного строения с отдельными пропластками породы 0,1-0,3 м.

Объектом исследования являются буроугольные разрезы Сибири.

Красноярский край. Канско-Ачинский угольный бассейн обладает наиболее значительными запасами энергетического бурого угля, добываемого открытым способом. Государственным балансом запасов учитывается 72 месторождения, участка, разреза с количеством запасов угля по категориям $A+B+C_1 - 46,2$ млрд т, категории $C_2 - 20,1$ млрд т [83, 84, 95, 110, 111, 113, 114]. Наиболее крупным угледобывающим предприятием является крупнейший в России угольный разрез «Бородинский им. М.И. Щадова» (далее по тексту разрез Бородинский), добыча угля в 2006 году — 20 млн т/год. К крупным относятся также разрезы «Берёзовский», «Назаровский», «Переясловский» и «Канский» (Рисунок 2.1).

Канско-Ачинский буроугольный бассейн расположен, в основном, на южных территориях Красноярского края и только 20 % площади бассейна находится в пределах Кемеровской и Иркутской областей.

Бородинское буроугольное месторождение расположено на территории Рыбинского административного района Красноярского края РФ (Рисунок 2.2.). Разработка Бородинского буроугольного месторождения ведется с 1949 г. На площади месторождения в настоящее время работает ОАО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Бородинский». Угли относятся к переходным от углей марки 2Б к углям марки 3Б. Балансовые запасы составляют 3,1 млрд т. [79, 84, 110, 113].



Рисунок 2.1 Схема расположения Бородинского и Переясловского разрезов. Красноярский край. Вид со спутника

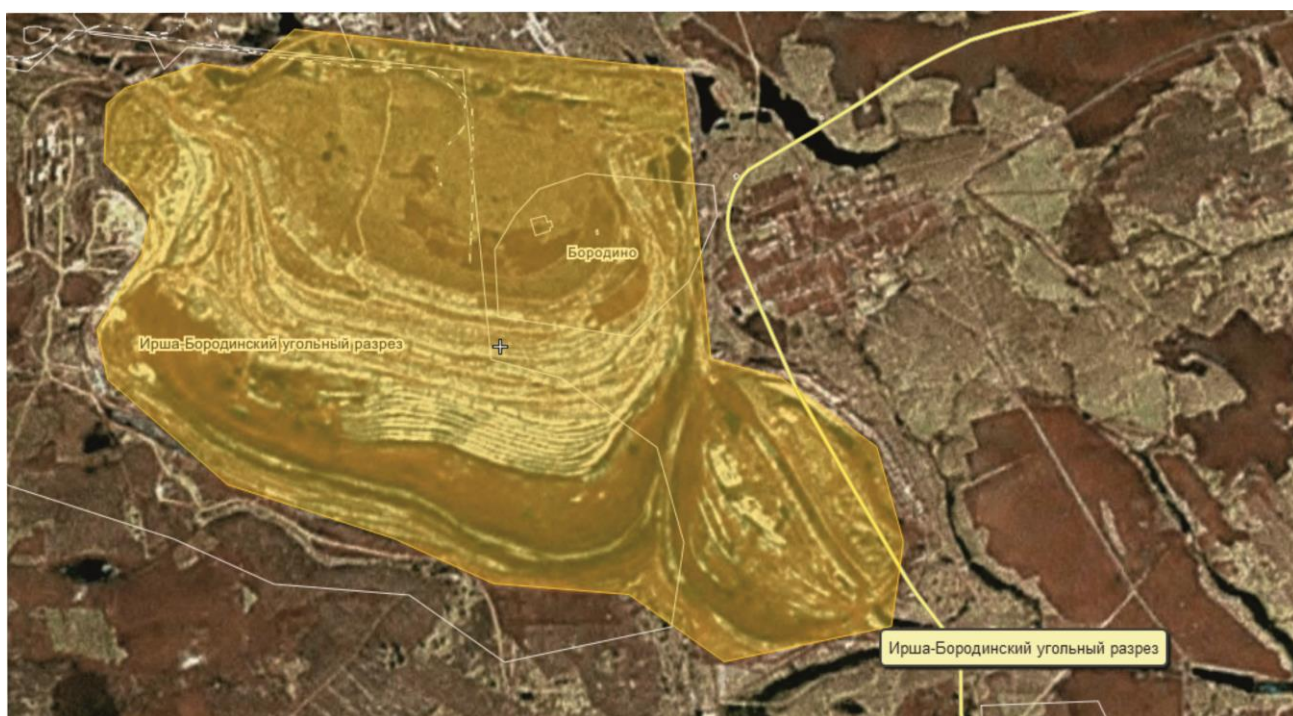


Рисунок 2.2 Разрез Бородинский. Вид со спутника

В промышленном отношении Бородинская свита делится на две подсвиты: нижнюю (безугольную) и верхнюю (угленосную). Нижняя безугольная подсвита сложена песчаниками, реже – алевролитами. Верхняя угленосная подсвита средней мощностью 91 м занимает верхнее стратиграфическое положение в разрезе юрских отложений. Литологический состав представлен песчаниками, алевролитами и бурыми углями. В подсвите насчитывается до 20-ти угольных пластов, из которых пласт Бородинский выделяется большой мощностью и выдержанностью залегания.

В строении бородинского бассейна принимают участие осадки континентального происхождения девонского, карбонового и юрского возраста. Юрские угленосные отложения залегают почти горизонтально, со слабой волнистостью, выраженной мелкими синклинальными и антиклинальными складками. Общее погружение пластов северной части месторождения с севера на юг, южной – с востока на запад.

По горно-техническим условиям разработки на поле разреза "Бородинский" четко прослеживаются две различающиеся части – поле действующего разреза и

поле Восточного участка доработки. Отработка ведется в направлении с севера – на юг.

Поле действующего разреза в настоящее время разделено на три эксплуатационных участка: "Основное поле разреза", участок "Восточный" и участок "Восточный-1". Настоящим проектом предусматривается выделение еще одного эксплуатационного участка – участка "Восточный-2"

Основными рабочими угольными пластами в границах поля разреза являются: Бородинский-I 34,1 м; Бородинский-II 7,5 м; Рыбинский-I 3,1 м; Рыбинский-II 7,4 м, с ними связаны основные промышленные запасы месторождения. Залегают пласты практически горизонтально, углы падения составляют от 0 до 2°, характеризуются устойчивыми по площади показателями мощности и качества угля. Контакты пластов угля с вмещающими породами четкие, контрастные. Внутреннее строение рабочих пластов устойчивое, простое, без породных прослоев, за исключением пласта Бородинский-II.

Пласт Бородинский-I является основным промышленным пластом месторождения. В центральной части месторождения от пласта Бородинский-I отщепляется пласт Бородинский-II, который к востоку от линии расщепления прослеживается как самостоятельный пласт. В западной части месторождения мощность пласта Бородинский-I составляет в среднем 40 м, в юго-западной части до 50 – 53,2 м. В восточной части месторождения мощность пласта изменяется от 20 до 29 м. На выходах под наносы пласт большей частью выгорел. Наибольшие площади выгорания пласта наблюдаются в западной, южной и юго-восточной частях месторождения.

Пласт Бородинский-II залегает ниже пласта Бородинский-I в среднем на 11 м. Мощность пласта изменяется в направлении с запада на восток от 3 до 15,6 м, при преобладающей – 6-7 м. Строение пласта в северной, западной и северо-западной частях площади распространения простое, а на остальной части площади он расщепляется на 2 – 4 пачки.

Изменение мощности пласта Рыбинский-I наблюдается с севера на юг и восток. На северо-западе мощность пласта нерабочая 0,8 – 1,2 м, в центральной и

южной частях – 2,6 – 3,6 м. В северной части месторождения наблюдается генетическое выклинивание пласта, в центральной он сливается с Рыбинским-II, а южнее вновь от него отщепляется и на юге прослеживается как самостоятельный пласт.

Пласт Рыбинский-II распространен почти на всей площади месторождения. В северной части месторождения пласт имеет нерабочую мощность, в центральной части мощность его изменяется от 3,3 до 9,5 м при среднем значении 4,9 – 5,5 м, в южной части — от 9,0 до 13 м.

Все угли на разведанной площади относятся к переходным от углей марки 2Б к углям марки 3Б, обладают устойчивыми показателями качества, энергетическими и технологическими свойствами, общее направление их использования – энергетика.

Потребителями угля разреза "Бородинский" являются: электростанции, коммунально-бытовые нужды, Минобороны, МВД, МПС, население, металлургия, страны ближнего и дальнего зарубежья, собственные нужды, другие потребители. Из перечисленных потребителей более 70 % угля, добытого на разрезе, поступает на ТЭЦ и ГРЭС.

На разрезе Бородинский работает дробильно-сортировочный комплекс, который может поставлять фракции угля 25 – 300 мм для коммунально-бытового хозяйства, фракцию 0 – 25 мм для котлов с пылеугольным сжиганием, что может позволить снизить затраты по пылеприготовлению на ТЭС.

Переясловское бурогольное месторождение расположено на территории Рыбинского и частично Уярского районов Красноярского края России (Рисунок 2.3). На площади месторождения в настоящее время работает филиал ОАО «Красноярсккрайуголь» «Переясловский разрез». Угли марки 3Б. Балансовые запасы составляют 313,1 млн т. [79, 113].

Горные работы ведутся в северной и восточных частях существующего горного отвода в пределах проектных Участков № 1 – 2, а так же расширяются на запад (Участок № 3).



Рисунок 2.3 Разрез Переясловский. Вид со спутника

Площадь Переясловского месторождения целиком сложена мезозойскими терригенными отложениями, являющимися промышленно-угленосными. В разрезе опорных скважин зафиксировано до 27 угольных пластов и линз мощностью от 0,1 до 17,3 м при общем коэффициенте угленосности 11,1 %. Промышленной угленосностью обладает верхнекамалинская подсвита – 19,6 %, которой и принадлежат основные рабочие угольные пласты: Верхний, Мощный и Спутник. Пласт Верхний распространен на северо-западе площади горного отвода с подсчитанными запасами в количестве 20134 тыс т. по категории C_1 и в отработку не вовлечен.

Объектом разработки является угольный пласт «Мощный», имеющий промышленное значение на большей части месторождения, и пласт «Спутник». Угольный пласт «Мощный» является основным объектом добычи с общими подсчитанными запасами 279,9 млн т. по категориям А+В+С₁, мощность пласта колеблется, в основном, от 10 до 13 м и лишь в отдельных случаях, в осложненных частях антиклинальных складок Участка № 2 и северо-восточной части отрабатываемого поля в пределах его слияния с пластом «Спутник», достигает 17-18 м. Пласт «Мощный» имеет как простое, так и сложное (двух-трех пачечное) строение. В морфологическом плане пласт «Мощный» представляет собой пластообразное тело с четкими границами кровли и почвы. Углы наклона послойных границ пласта обычно составляют 2 – 5° и только на крыльях некоторых напряженных антиклинальных структур, в локальных зонах, достигают от 15 – 20° до 45 – 60° (Участок № 2).

Угольный пласт «Спутник» залегает гипсометрически ниже пласта «Мощный». Общее количество подсчитанных запасов по нему составляет 13045 тыс т. Пласт часто генетически выклинивается, распространен преимущественно в западной части месторождения. На большей части площади имеет нерабочую мощность. Строение пласта в основном простое, реже сложное, имеет 1 – 2 породных прослоя. Мощность пласта «Спутник» варьируется от 1,6 до 7,9 м. Залегает параллельно пласту «Мощный», повторяя все его пликативные структуры.

Основные запасы угля разведанного участка связаны с пластом «Мощный». Угли пласта «Мощный» относятся к бурым углям марки 3Б, низкозольным, высококалорийным. По количеству серы угли характеризуются как малосернистые.

Вскрытие запасов выполняется по усложненной системе отработки: бес-транспортная и транспортная на вскрышных работах. Поле разреза отрабатывается двумя эксплуатационными участками. Учитывая применяемые экскаваторы на добыче, пласт отрабатывается двумя уступами.

Участок № 1: Южная траншея длиной около 2500 м, Восточная траншея – длиной около 800 м.

Участок № 2: Северная траншея – Северный борт длиной около 3400 м, Западная траншея – Северный и Южный.

Уголь может использоваться для пылевидного и слоевого сжигания как на крупных ТЭЦ, ГРЭС, районных ТЭЦ, так и в коммунально-бытовом секторе.

Иркутская область. Иркутский угольный бассейн расположен в южной части Иркутской области РФ. Протягивается на 500 км вдоль северо-восточного склона Восточного Саяна от города Нижнеудинск до озера Байкал. Разведанные запасы угля составляют 7,5 млрд т, в том числе бурого — 2,3 млрд т. [79, 113]. В бассейне выделено 16 угленосных районов, разведано 20 больших угольных месторождений, в том числе бурого — разрез Тулунуголь, производственные участки Азейский (далее по тексту разрез Азейский) и Мугунский (далее по тексту разрез Мугунский) (Рисунок 2.4).

Азейское бурогольное месторождение в настоящее время разрабатывает филиал ООО «Компания Востсибуголь» Разрез «Тулунуголь» (Рисунок 2.5.). Угли марки ЗБ. Балансовые запасы насчитывают 109 млн т.

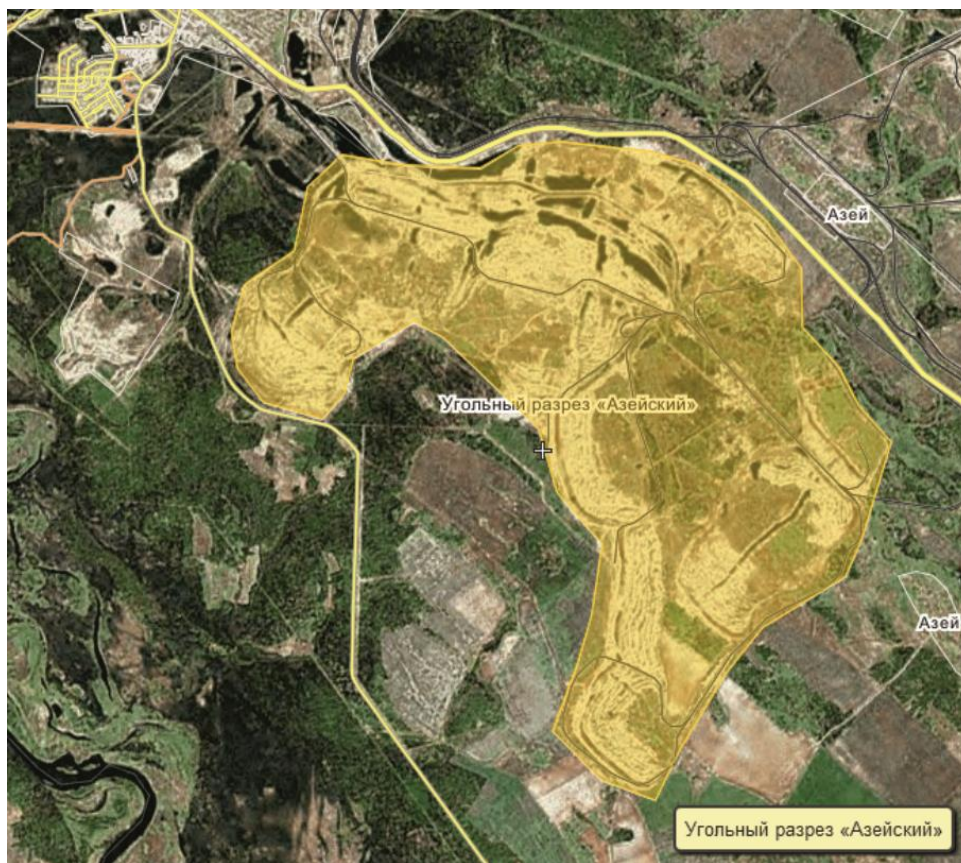


Рисунок 2.5 Разрез Азейский. Вид со спутника

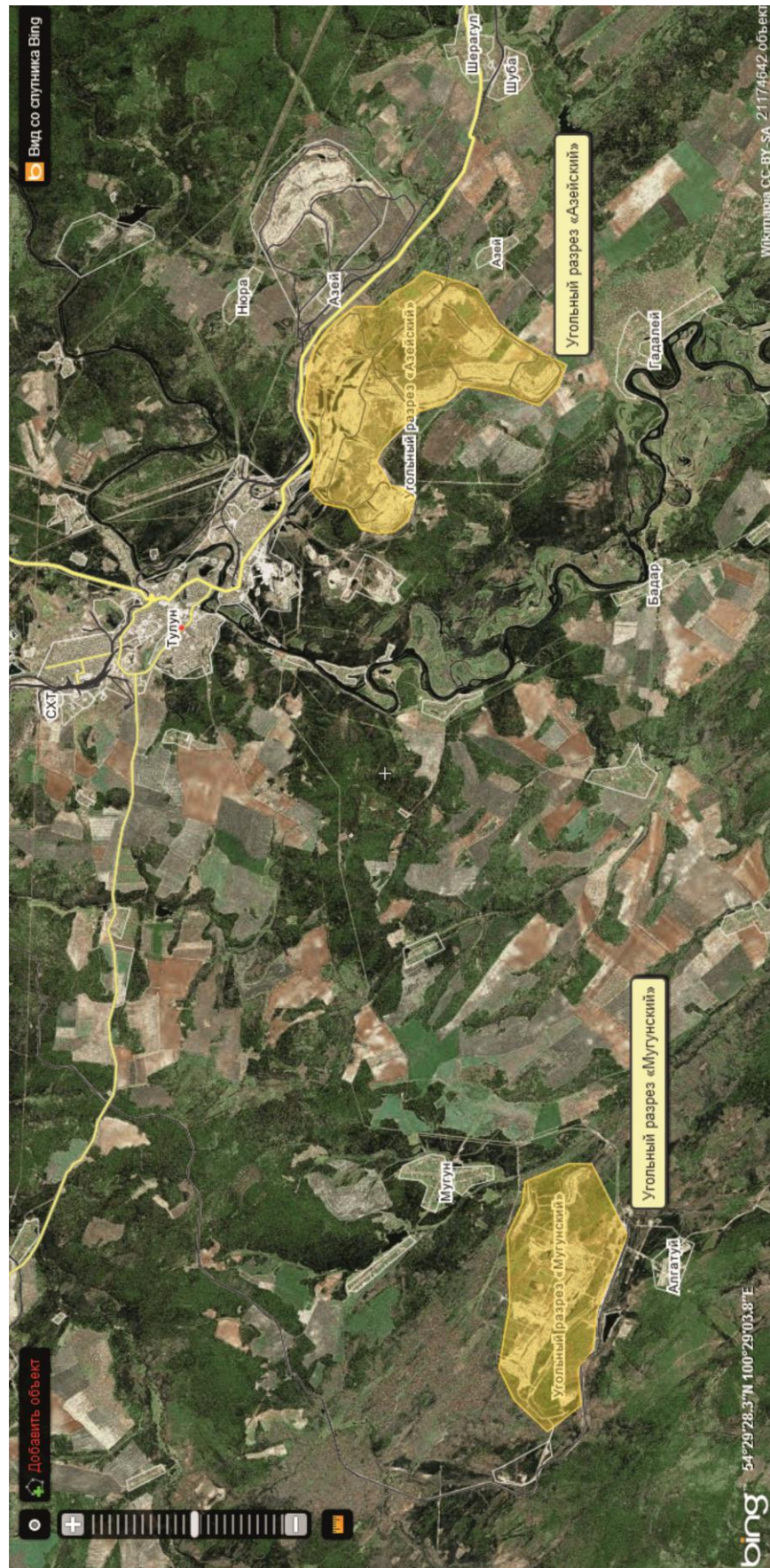


Рисунок 2.4 Расположения разрезов Иркутского угольного бассейна

Азейское месторождение входит в платформенную структурно-фациальную зону, для которой свойственна уменьшенная мощность осадков, слабонаклонное и мульдообразное залегание отложений и расположено вдоль северо-восточного крыла Тулунского поднятия, приуроченного к междуречью Уды и Ии, протяженностью 100 км и шириной в юго-восточной части до 60 км. Поднятие характеризуется выступами фундамента, сложенного нижнеордовикскими породами, прерванными пластовыми телами траппов. Азейская впадина осложнена валообразными выступами доюрского фундамента. В разрезе эти впадины имеют корытообразную форму со слабоволнистым дном и более крутыми бортами. Угольные пласты повторяют рельеф фундамента: опускаются в его впадинах и поднимаются на выступах.

Угленосность участка представлена пластами «Верхний», I и II.

Пласт II является основным рабочим пластом и распространен по всей площади. Мощность пласта для отдельных участков является величиной довольно постоянной; однако, в целом для участка изменяется в довольно значительных пределах от 1,5 до 11,7 м. Пласт залегает в виде пологой синклинальной складки меридионального протирания, ось которого погружается в северном направлении. В центральной части складки углы падения не превышают 2 – 3°, местами пласт имеет горизонтальное залегание. К востоку и западу углы падения пласта увеличиваются до 7 – 9°.

Пласт I распространен в северо-восточной части площади. Мощность пласта составляет от 1,5 до 6,9 м. Залегание пласта слабоволнистое. В восточной части угол падения увеличивается до 6°.

Пласт «Верхний» образует линзовидную залежь и расположен в северной части площади. Мощность пласта составляет от 1,5 до 3,4 м. Залегание слабоволнистое, практически горизонтальное – углы падения не превышают 2 – 3°. Пласт характеризуется двух-трех пачечным строением. Глубина залегания изменяется от 5 – 7 м вблизи выходов до 19,7 м в восточной части.

Мугунское месторождение занимает юго-западную часть Тулунского района Иркутского бассейна (Рисунок 2.6). Мугунское угольное месторождение от-

рабатывается филиалом ООО «Компания Востсибуголь», Разрез «Тулунуголь». Угли марки 3Б. Балансовые запасы месторождения в пределах горного отвода составляют 352,6 млн т угля.

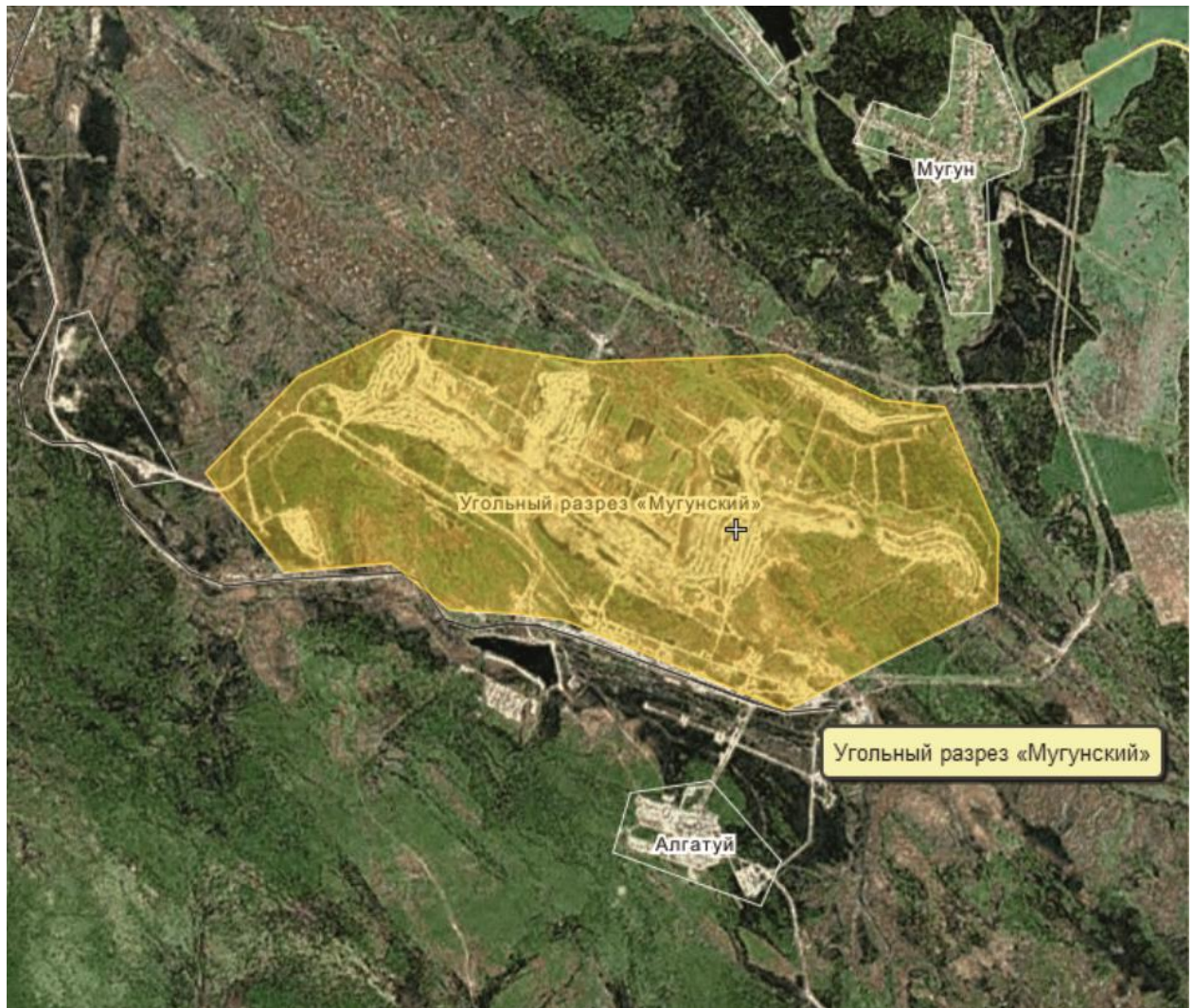


Рисунок 2.6 Разрез Мугунский. Вид со спутника

Угленосные отложения приурочены к крупной неправильной эрозионно-тектонической котловине в палеозойских осадках, вытянутой в северо-западном направлении. Мугунские угли относятся к юрским отложениям. Рабочие пласты угольной залежи – I, Ia, Ib, II, IIa (снизу вверх) имеют горизонтальное, слабоволнистое залегание. Глубина залегания почвы нижнего пласта I колеблется от 7,0 на севере и до 90 м в центральной части месторождения. На юге, где отмечается большая мощность угольной залежи, она представлена одним или двумя сбли-

женными пластами угля, образовавшимися от слияния пластов I, Ia и Ib в один пласт и пластов II и IIa в другой.

В западном и северо-западном направлении пласты распачковываются, мощность их уменьшается, и они погружаются на глубину. В отдельных местах северной части пласты угля снова поднимаются и выходят под наносные отложения. В восточном направлении, при выходе пластов под наносы суммарная мощность их снижается.

Самым распространенным пластом месторождения является нижний пласт I (111 км^2). Мощность его колеблется от 0,2 до 12,5 м. Строение пласта в основном простое, но в отдельных местах он состоит из 2 – 4 пачек угля. Вторым пластом, имеющим значительное распространение, является пласт II ($47,4 \text{ км}^2$). Мощность его колеблется от 0,9 до 6,3 м. Пласт имеет преимущественно простое строение. Пласт Ia, отщепляясь от пласта I, имеет распространение в центральной и северо-западной части месторождения. Его мощность колеблется в пределах 0,2 – 6,0 м. Пласты Ib и IIa имеют ограниченное распространение. Средняя мощность пластов 2,15 и 1,56 м. Строение преимущественно простое. Пласт Ib приобретает рабочую мощность на востоке месторождения, IIa – на западе.

По данным исследований угли Мугунского месторождения относятся к классу бурых углей высокой степени углефикации, имеют марку 3Б. Являются переходными от бурых к каменным, а отдельные участки месторождения по своим характеристикам соответствуют каменным.

Исходя из степени разведанности и угленосности, месторождение разделено на три карьерных поля. Карьерное поле № 1 и Карьерное поле № 2 разведаны детально, на Карьерном поле № 3 произведена предварительная разведка.

Карьерное поле № 1, Центральная площадь, по угленасыщенности разделена на 2 участка: Северный и Южный, на Южном участке выделено два эксплуатационных участка - № 1 и № 2, отработка 2-го участка осуществляется тремя эксплуатационными блоками: Западный, Центральный, Восточный.

Забайкальский край. Харанорское бурогольное месторождение расположено в Забайкальском крае на территории Борзинского района (Рисунок 2.7). Ха-

ранорский угольный разрез отрабатывается ОАО «Разрез Харанорский», входящий в ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания». Угли марки 2Б. Балансовые запасы составляют 421 млн т. [79, 113].

Харанорское месторождение расположено в северной части угленосного района на юго-восточном стыке Агинского палеозойского массива с мезозойской синклинальной зоной Восточного Забайкалья.

Размеры месторождения: длина 11 км, ширина от 2 до 6,5 км. По степени угленасыщенности комплекс угленосных образований подразделяется на три горизонта (сверху вниз):

а) горизонт мощных угольных пластов, мощность горизонта в центральной части месторождения 380 – 400 м;

б) горизонт частого переслаивания, включающий большое количество (до 40) пластов незначительной мощности (обычно 0,1 – 2,0 м); полная мощность горизонта 240 – 260 м;

в) песчано-алевролитовый или безугольный горизонт, мощность 280-300 м.

Все угольные пласты, распространенные в пределах Харанорского месторождения входят в состав двух верхних горизонтов. В горизонте частого переслаивания пласты имеют незначительную мощность и запасы по ним не подсчитывались. Горизонт мощных угольных пластов на месторождении содержит 20 угольных пластов, из них рабочими являются 9.

Пласт Новый IIIб расположен в районе сброса I и является самым верхним пластом с балансовыми запасами. В большинстве случаев пласт имеет простое строение, состоит из одной пачки угля, реже из двух-трех пачек, разделенных породными прослоями. Мощность пласта от 2,0 до 7,9 м. Пласт Новый III а сближен с пластом Новый III б и залегает ниже его на расстоянии 0,6 – 25 м. Рабочую мощность пласт имеет в северной части площади своего распространения и сброса I, где подсчитаны балансовые запасы. Мощность пласта колеблется от 2,0 до 5,3. В южном направлении пласт постепенно выклинивается и совершенно исчезает. Далее к югу пласт вновь появляется, мощность его составляет менее 2,0 м, запасы по этой части пласта отнесены к забалансовым. Пласт простого строения.

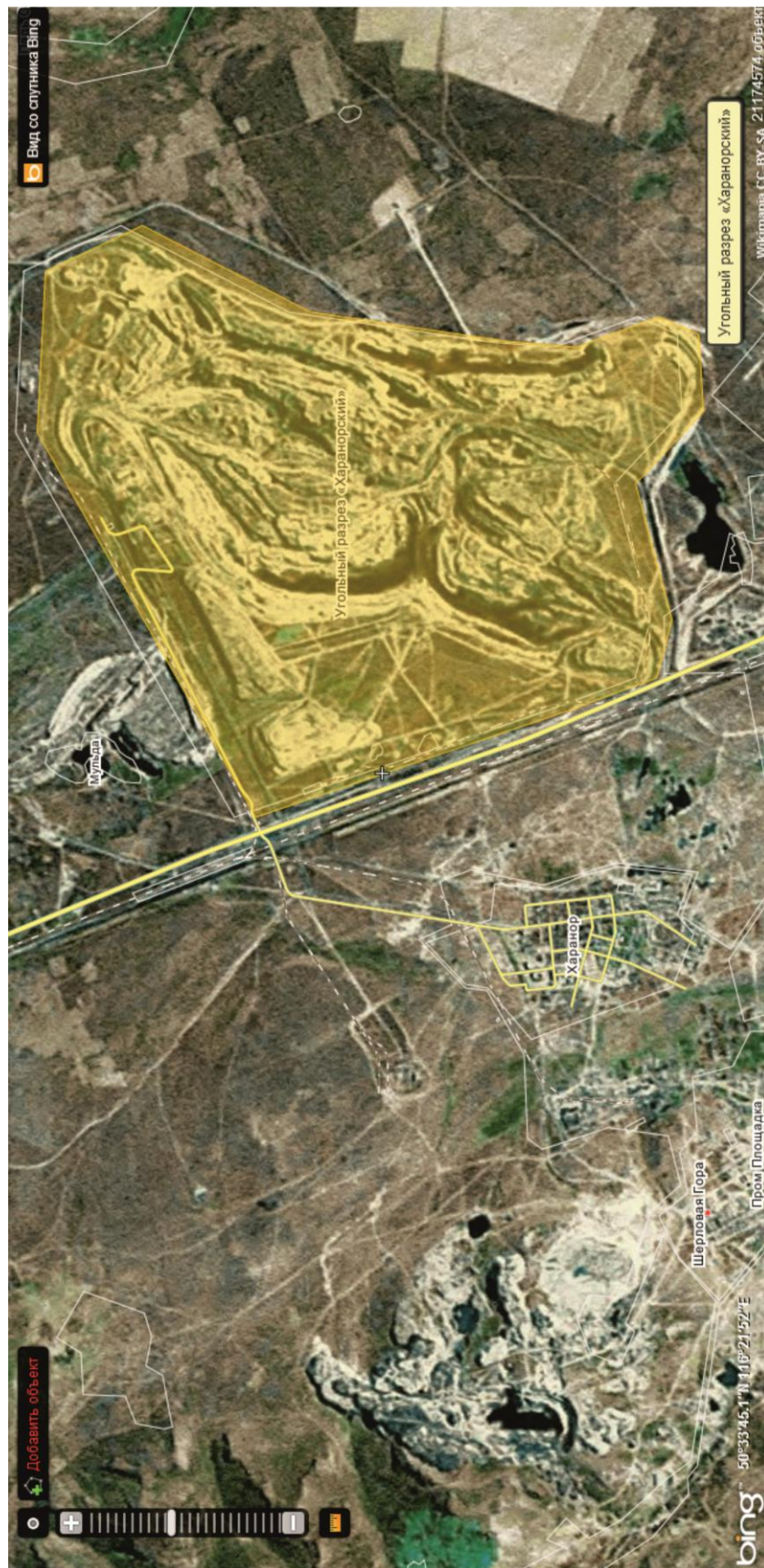


Рисунок 2.7 Разрез Харанорский. Вид со спутника

Пласт Линза залегает в среднем на 20 м ниже пласта Нового Ша. Пласт представлен двумя – тремя пачками угля, мощность которых колеблется от 1,0 до 2,8 м. В отдельных пересечениях пласт имеет простое строение и представлен одной пачкой мощностью 2,0 – 5,3 м.

Пласт Новый II залегает ниже пласта Нового Ша в среднем на 31 м. Пласт распространен на значительной площади и имеет устойчивую мощность от 2,0 до 12,5 м. Строение пласта простое, лишь в незначительной части пласт представлен двумя пачками.

Пласт Новый Ig является отщепившейся верхней пачкой пласта Нового Ib. Пласт простого строения до сложного. Рабочая мощность пласта колеблется от 2,0 до 9,4 м. Отработке подлежит незначительная часть пласта, большая его часть остается в целике под ж/д магистраль Карымская-Забайкальск.

Пласт Новый Iv является отщепившейся пачкой пласта Новый Ib. Пласт представлен одной, реже двумя пачками угля, мощность пласта колеблется от 4,6 до 12,8 м. Площадь распространения находится в основном в целике над линией железной дороги.

Пласт Новый Ib является отщепившейся частью пласта Нового Ia. Пласт представлен одной, реже двумя-тремя пачками угля, в основном имеет мощность 17 – 22 м и лишь в юго-западной части мощность его снижается до 6 – 10 м.

Пласт Новый Ia является основным рабочим пластом. Распространен на всей площади карьерных полей. Пласт имеет, в основном, простое, реже сложное строение, при сложном строении представлен 1 – 4, реже 5 – 6 угольными пачками.

Пласт Нижний III является нижней отщепившейся пачкой пласта Новый Ia, распространен на небольшой площади участков 1,3.

Пласт I распространен на всей площади разреза, наибольшие мощности имеет на площади геологических участков 2,6 и южной, юго-западной частях участков 3,4. На остальной площади мощность пласта уменьшается до некондиционной. На площади распространения балансовых запасов мощность пласта ко-

леблется от 2,0 до 12,0 м. Пласт имеет простое строение и лишь на небольшом участке содержит по одному породному прослойку.

Залегание угольных пластов в пределах поля разреза от 0 до 8°, у границ сбросов до 10 – 15°.

2.2 Анализ систем разработки добычных работ на буроугольных месторождениях Сибири

Охрана окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов является одной из важнейших проблем современного общества. Открытая разработка месторождений бурого угля является одним из производств техногенного воздействия деятельности человека на экологическое равновесие окружающей среды.

Главным решением проблемы сохранения экологического равновесия в окружающей среде при добыче бурого угля открытым способом являются прогнозирование экологических последствий ведения горных работ и инженерные методы расчета ущерба окружающей среде.

Высокая реакционная способность угля является главной отличительной особенностью производств добычи, хранения, транспортировки и использования бурого угля. Тепловые проявления реакции окисления бурого угля начинаются с момента обнажения пласта угля и заканчиваются в топке котла. Малые тепловые процессы приводят к саморазогреву массы угля, в результате снижаются потребительские свойства угля, критические – к возникновению аварийных ситуаций, связанных с пожарами и взрывами. Мягкие битумиозные и бурые угли, выделяющие значительный процент летучей пыли, имеют большую пожарную опасность, чем твердый антрацит, выделяющий меньшее количество летучих частиц и имеющий большее количество связанного углерода. Пожарная опасность процессов добычи, хранения, транспортировки и использования бурого угля характеризуется пожароопасными свойствами угля, большими объемами переработки, способами хранения, сложностью обнаружения очагов самовозгорания, труднодоступностью введения средств пожаротушения [117].

Наиболее благоприятными с точки зрения больших производственных возможностей и низких издержек являются открытые разработки пологих угольных месторождений. Такие месторождения широко распространены в Восточном Кузбассе, Канско-Ачинском и Иркутском бассейнах, Забайкальском крае. Они представлены как одним мощным угольным пластом, так и двумя-тремя сближенными почти горизонтальными или пологими пластами, а также свитами рассредоточенных пластов [79, 114, 116].

Первые два случая облегчают принятие технологических решений. Порядок отработки поля разреза является практически однозначным. С самого начала применяются бестранспортные технологии и формируются внутренние отвалы. В основном благодаря этому на угольных разрезах более 1/3 объемов вскрышных работ выполняются мощными драглайнами с перевалкой пород в выработанное пространство. Транспортные технологии на пологих месторождениях внедряются на пятый-седьмой год, или даже позже. Существенно сокращаются зоны антропогенного воздействия на окружающую среду и сроки восстановления нарушенных земель.

На месторождениях, представленных свитами рассредоточенных пологих угольных пластов, мощность породных междупластий составляет от 30 – 50 м до 100 м и более. При этом горизонтальное расстояние между отдельными угольными пластами или группами сближенных пластов (угольными комплексами) достигает 150 – 500 м и более. Верхние и средние угольные пласты, в большинстве случаев, более мощные, имеют меньше породных прослоев и более низкую материнскую зольность. Эти пласты обычно раньше вовлекаются в разработку, а нижележащие пласты длительный срок (5 – 10 лет) не отрабатываются. При этом автомобильный транспорт широко применяется не только на добычных, но и вскрышных работах, как и внешнее отвалообразование и крупные массовые взрывы. Техничко-экономические показатели разработки в этом случае не являются достаточно высокими, а экологические результаты не благоприятны. Все это не отвечает требованиям, предъявляемым в целом к разработке пологих месторождений.

Общий цикл производства угольного топлива при открытом способе добычи угля условно можно разделить на две стадии:

- I. Подготовка угольного массива к экскавации, непосредственно экскавация, транспортирование горной массы на поверхность разреза и в отвал.
- II. Подготовка и отгрузка угля потребителю, включающая в себя, в общем случае, различные формы его переработки.

Если рассматривать только экскавацию непосредственно угольной залежи, экскавируемую горную массу можно разделить на два потока:

1. Первая представляет собой угольную горную массу, которая поступает на последующую переработку и отгрузку потребителю.
2. Вторая представляет собой породную горную массу (внутренняя вскрыша), которая направляется в отвал и в формировании угольного топлива не участвует.

В общей структуре открытой угледобычи в РФ транспортная система разработки занимает преобладающее место. Ее доля на вскрышных работах в настоящее время достигла 72 %. На добычных работах транспортная система практически достигает 100 %. Горно-технические условия угольных разрезов Восточной Сибири, расположенных в районах с суровым климатом и характеризующихся преобладанием крепких горных пород предопределили применение наиболее универсальных экскаваторов циклического действия.

Транспортная система разработки, характеризующаяся необходимостью перемещения горной массы на значительные расстояния, предопределяет соответствующую структуру карьерного оборудования, в которой доминирующую роль играет транспорт (автомобильный, железнодорожный, конвейерный). Наиболее адаптивным к условиям горного производства является автомобильный транспорт. Именно его свойство обеспечило автотранспорту интенсивное развитие, особенно применительно к разработке малых, компактных, сложно-структурных месторождений, к освоению месторождений при отсутствии или слабом развитии инфраструктуры и т.п.

Все остальные виды транспорта в той или иной мере уступают по адаптивности автотранспорту, располагаясь в следующей предпочтительной последовательности: железнодорожный, конвейерный транспорт.

Горное производство вызывает два вида загрязнений атмосферного воздуха: запыленность и загазованность. Количество выбросов, их объем и вещественный состав определяются источниками загрязнений, которые при открытом способе разработке подразделяется на: пылевое – при эрозии поверхности отвалов и уступов; газопылевое – при массовых взрывах; газовое – при использовании автотранспорта.

Загрязнения в районе горных предприятий зависят от климатических и горно-геологических условий разработки угля, параметров горных выработок, отвалов и других техногенных образований. При сухом континентальном климате, особенно при сильных ветрах, как на Харанорском разрезе, создаются условия для интенсивного пылегазовыделения. Происходит иссушение нарушенных и поврежденных эрозией поверхностей, разрабатываемых пород, активизация самовозгорания угля как в массиве, так и в разрушенном состоянии.

В процессе горения горные породы разрушаются, при этом создаются тонкодисперсные фракции, легко подвергаемые ветровой эрозии. Это способствует еще большему запылению воздуха и загрязнению его токсичными веществами, накапливающимися в виде продуктов горения и окисления. Выделяемые газы характеризуются высокой концентрацией вредных ядовитых веществ – оксидов углерода, серы, азота и др.

Загрязнение атмосферы в наибольшей степени связано с применением на транспорте двигателей внутреннего сгорания. Для таких видов транспорта, как конвейеры и железнодорожный-электрофицированный, загрязнение атмосферы производится только пылением транспортируемого материала при движении. Отчуждение земельных угодий в меньшей степени проявляется при использовании видов транспорта, способных эффективно транспортировать вскрышные породы на значительные расстояния, когда становится возможным размещать отвалы на менее ценных землях. К ним относятся рельсовые виды транспорта.

С учетом изложенных экологических позиций расстановка различных видов транспорта по приоритетности представляется в следующем виде: конвейерный, железнодорожный – электровозный, железнодорожный – тепловозный, автомобильный.

Большой практический интерес представляет собой одновременное использование преимуществ различных видов транспорта путем создания комбинированных транспортных систем.

Рассмотрим системы разработки угольных месторождений Красноярского края и Иркутской области.

Красноярский край. Разрез Бородинский. В ближайшие 10 лет горные работы на разрезе будут производиться на четырех эксплуатационных участках:

- "Основное поле разреза";
- "Восточный";
- "Восточный-1";
- "Восточный-2".

Вскрышу над пластом Бородинский-I на участках "Основное поле разреза" и "Восточный-2" отрабатывается по транспортной системе с применением мехлопат ЭКГ-15, ЭКГ-12.5, ЭКГ-8ус, ЭКГ-6.3ус. Транспортная вскрыша вывозится железнодорожным транспортом на внутренние отвалы.

Количество вскрышных уступов по транспортной системе разработки до 7, высота каждого из уступов в основном принята до 13 м и не превышает максимальную высоту черпания применяемых экскаваторов. Ширина заходки – 25 м.

Углы откосов вскрышных уступов составляют 80°. В зонах пониженной устойчивости пород углы откосов вскрышных уступов приняты 60°.

Ширина рабочих площадок составляет 40,8 – 65 м. Вдоль верхней бровки нижележащих уступов предусматривается оставление берм безопасности шириной 2 м. В связи с разной шириной заходки на вскрыше и добыче (25 и 30 м, соответственно) предусматриваются резервные полосы между добычными и вскрышными уступами. Ширина резервных полос периодически меняется от 0 до 25 м.

Результирующий угол наклона рабочего борта разреза составляет около 12° . Углы наклона нерабочих бортов разреза составляют $25 - 30^\circ$.

По бестранспортной системе разработки с применением драглайна ЭШ 10.70 предусматривается отработка вскрыши междупластья пластов Бородинский-I и Бородинский-II на участке "Основное поле разреза", на участках "Восточный" и "Восточный-2" – с применением драглайна ЭШ 11.70.

Вскрыша над пластом Бородинский-I на участке "Восточный-1" также отрабатывается по бестранспортной системе разработки с использованием драглайна ЭШ 11.70.

Мощность междупластья Бородинский-I и Бородинский-II – до 16 м, при средней мощности – 8 м. Мощность вскрыши над пластом Бородинский-I на участке "Восточный-1" – от 5 до 25 м.

Ширина заходки при бестранспортной системе разработки – 35 м. Ширина бермы на кровле угольного пласта – 1 м.

На участке "Основное поле разреза" на выемке пласта Бородинский-I используются мощные роторные экскаваторы ЭРП-2500 (2 шт.) (Рисунок 2.8) и ЭРП-1600 (1 шт.) (Рисунок 2.9), на выемке пластов Рыбинский-I, Рыбинский-II и Бородинский-II используются роторные экскаваторы ЭР-1250 (Рисунок 2.10).

Пласт Бородинский-I отрабатывается в 2 – 4 уступа. Высота уступов до 20,5 м (при применении роторных экскаваторов ЭРП-2500 и ЭРП-1600).

Пласты Рыбинский-I, Рыбинский-II и Бородинский-II отрабатываются каждый одним уступом высотой до 7 м. Углы откосов угольных уступов составляют 70° .

Ширина добычной заходки по пластам Рыбинский-I, Рыбинский-II и Бородинский-I принята равной 30 м.

На участке Восточный-1 угольный пласт Бородинский-I отрабатывается роторным экскаватором ЭР-1250 двумя уступами. Верхний уступ высотой до 16 м, нижний до 2 м.

Ширина заходки по пласту Бородинский-II определяется шириной заходки драглайна, отрабатывающего междупластье по бестранспортной системе, и составляет 35 м.

Ширина рабочих площадок на угольных уступах составляет 42,0 – 66,5 м. Вдоль верхней бровки нижележащих уступов предусматривается оставление берм безопасности шириной 2 м.

Опыт работы разреза свидетельствует о том, что только незначительная верхняя часть вскрышной толщи (преимущественно четвертичные отложения) может экскавироваться без предварительного рыхления пород буровзрывным способом.

Для облегчения разработки угольного массива роторными экскаваторами предусматривается сотрясательное взрывание его буровзрывным способом на пластах Рыбинский-I, Рыбинский-II и Бородинский-II. Исходя из опыта работы действующего разреза в качестве основного типа ВВ предусмотрено применение граммонита 79/21. Трещины, оставшиеся от буровзрывных работ, создают опасность возникновения очагов самовозгорания.

При отработке угольного забоя роторными экскаваторами ЭПР-2500 и ЭПР-1600, забой имеет неровную поверхность с глубокими бороздами, что способствует накоплению угольной пыли на полках и почве угольного забоя (Рисунок 2.8 – 2.11), там наиболее часто возникают очаги самовозгорания. Также очаги самовозгорания возникают в трещинах, образованных в результате оползания парно сближенных уступов. В данном случае пожар происходит в глубине пласта, на Рисунке 2.12. можно видеть два очага самовозгорания после выгорания.

На нерабочих бортах образуются скопления угольной мелочи, осыпавшейся с уступа (Рисунок 2.10 и 2.13), угольная мелочь является более химически активной, чем куски угля, что способствует возникновению очагов самовозгорания.

При погрузке в железнодорожные полувагоны образуются скопления угольных просыпей (Рисунок 2.8 – 2.10, 2.13, 2.14), которые могут возгораться от искр локомотивов.

Разрез А-А Масштаб 1:500

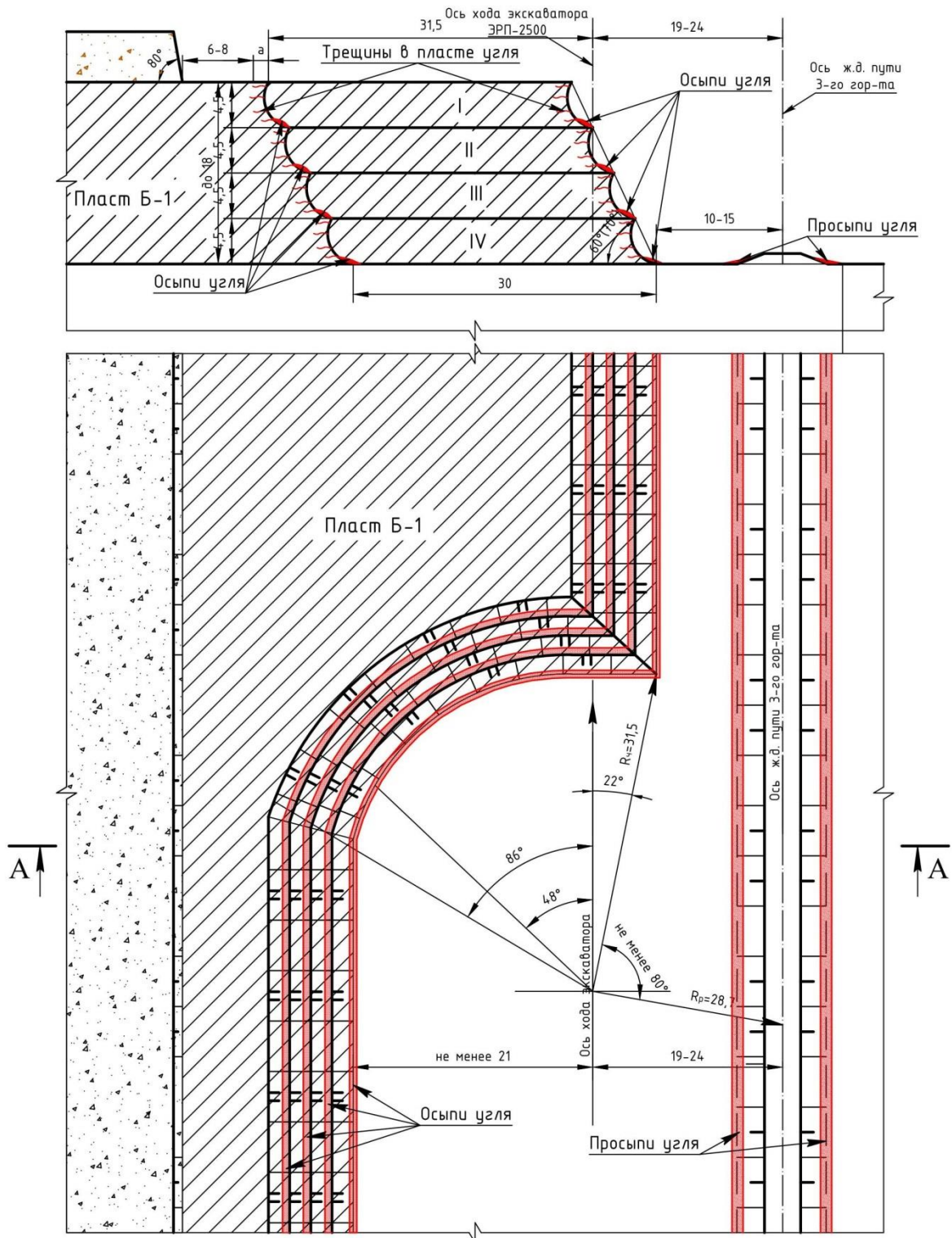
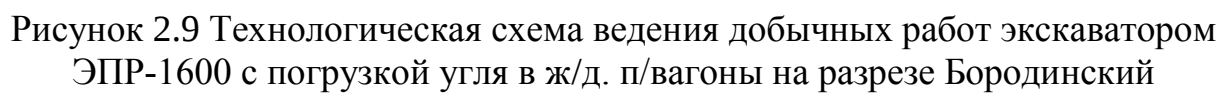


Рисунок 2.8 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭПР – 2500 с погрузкой угля в ж/д. п/вагоны на разрезе Бородинский



Разрез А-А Масштаб 1:500

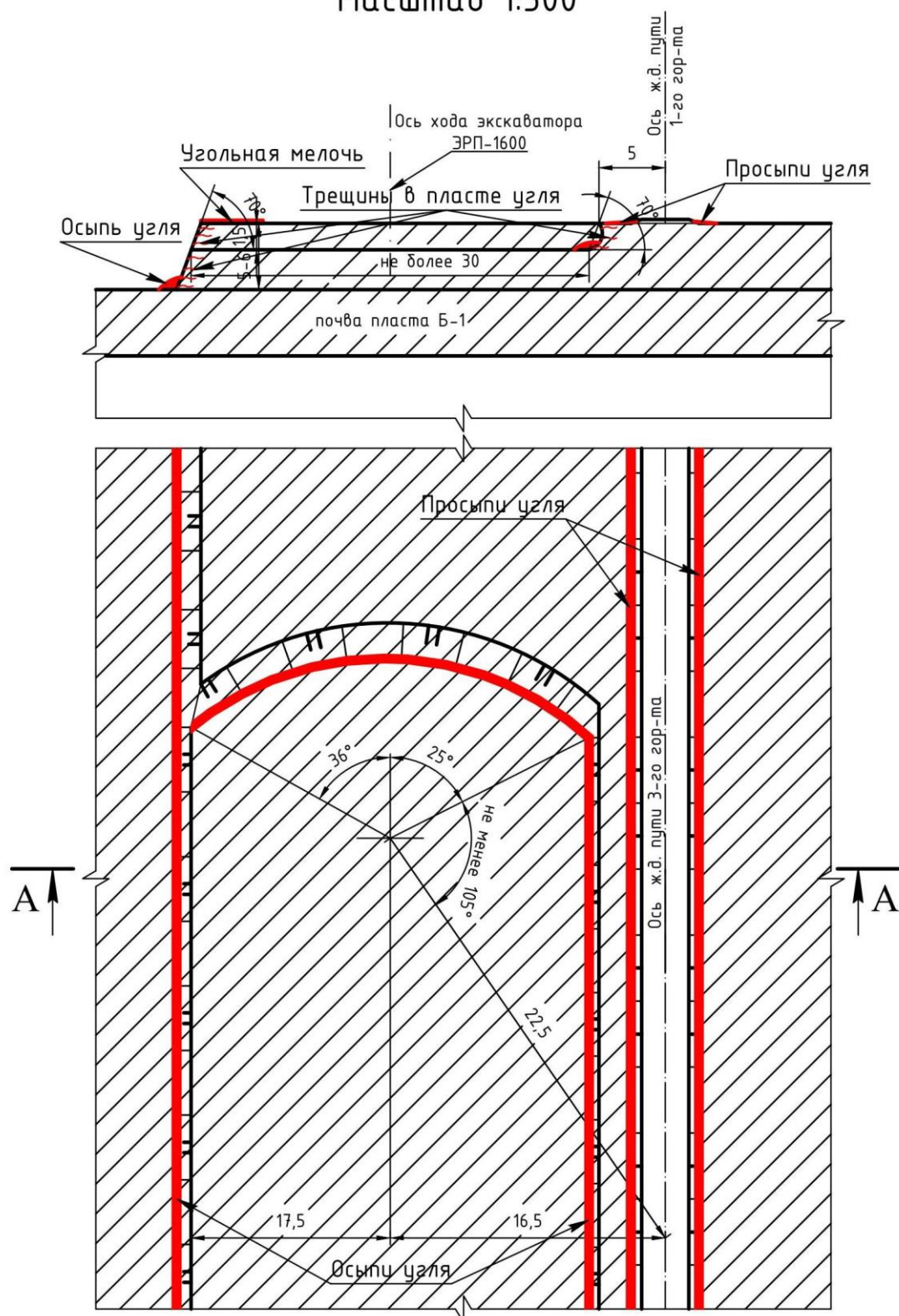


Рисунок 2.10 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭРП-1250 с погрузкой угля в ж/д. п/вагоны на разрезе Бородинский



Рисунок 2.11 Скопления угольной пыли на полках и почве угольного забоя.
Разрез Бородинский



Рисунок 2.12 Очаги самовозгорания после выгорания. Разрез Бородинский



Рисунок 2.13 Скопление угольной мелочи осыпавшейся с уступа.
Разрез Бородинский



Рисунок 2.14 Скопления угольных просыпей при погрузке в ж/д в/вагоны.
Разрез Бородинский

В ненарушенных целиках пожары, как правило, не возникают, что характерно для технологии выемки угля с использованием роторных экскаваторов, без применения буро-взрывных работ – массив угля сохраняет свою целостность, в связи с этим отсутствует возможность проникновения кислорода воздуха в глубь массива.

Красноярский край. Разрез Переясловский. Горные работы выполняются по комбинированной системе разработки: бестранспортная и транспортная. На вскрышных работах применяются драглайны ЭШ-11/70 – 2 шт., ЭШ-10/70 – 2 шт., ЭШ-15/90 – 1 шт., ЭКГ-10 – 1 шт, ЭКГ 8И – 1 шт, ЭКГ 5А – 2 шт. На вывозке вскрышных пород используются автосамосвалы БелАЗ-7548Р, 7547, 75473.

Поле разреза отрабатывается двумя эксплуатационными участками.

Участок № 1: Южная траншея (длиной около 2500 м), Восточная траншея (длиной около 800 м). Вскрышные работы по первой заходке на 2011 год по Южной траншее выполняются тремя шагающими экскаваторами ЭШ 10/70, ЭШ 15/90, ЭШ 11/70 по усложненной схеме с отсечкой угольного откоса.

Участок № 2: Северная траншея – Северный борт (длиной около 3400 м). По бестранспортной схеме выполняются двумя шагающими экскаваторами ЭШ 10/70 и ЭШ 11/70. На транспортной вскрыше задействованы ЭКГ 10, ЭКГ 8И.

Участок № 2: Западная траншея – Северный и Южный борт. Вскрышные работы по Северному борту Западной траншеи производятся по простой схеме. Передовой подступ мощностью до 10 м отрабатывается по транспортной схеме, оставшуюся мощность вскрыши отрабатывают по простой бестранспортной схеме с использованием шагающего экскаватора с размещением вскрыши в выработанное пространство. На добыче угля применяются экскаваторы ЭКГ 5А – 3 шт. (Рисунок 2.17., 2.18.), ЭКГ 4,6 – 1 шт., РС – 400 – 2 шт. На вывозке угля с забоев используются автосамосвалы БелАЗ 7548Т, 7547Т, 7555Д.

Участок № 1: Восточная траншея. вскрышные работы выполняются шагающим экскаватором по усложненной схеме с отсечкой угля ЭШ-11/70.

При отработке угольного забоя образуются скопления угольной пыли на полках и почве угольного забоя (Рисунок 2.15, 2.17, 2.18), там наиболее часто возникают очаги самовозгорания.

На не рабочих бортах образуются скопления угольной мелочи осыпавшейся с уступа (Рисунок 2.16), что способствует возникновению очагов самовозгорания (Рисунок 2.19).

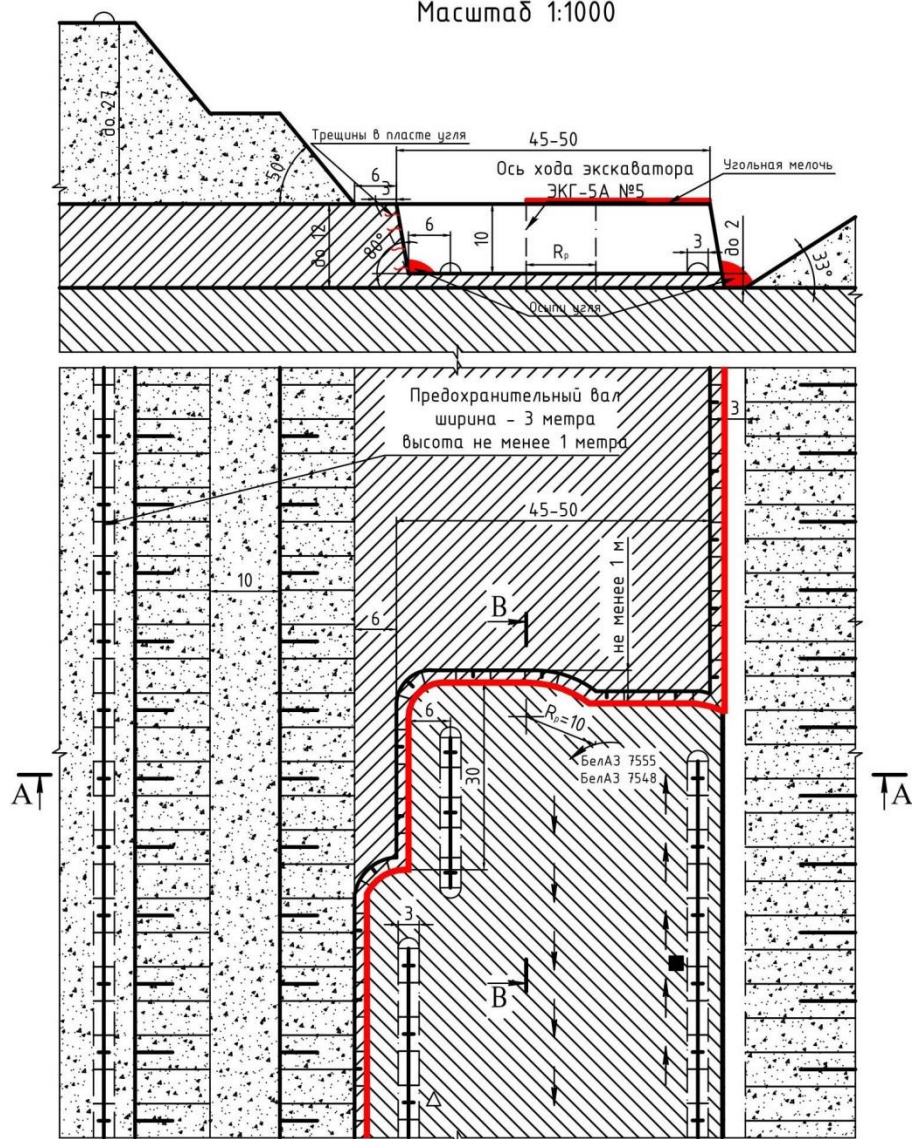


Рисунок 2.15 Образование угольных осыпей при отработке угольного забоя экскаватором ЭКГ 5А. Разрез Переясловский

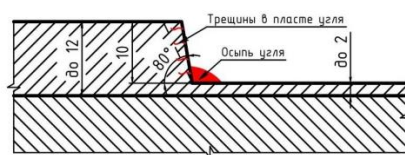


Рисунок 2.16 Скопление угольной мелочи, осыпавшейся с уступа. Разрез Переясловский

Разрез А-А
Масштаб 1:1000



Разрез В-В
Масштаб 1:1000



- R_0 - радиус разгрузки, м (10 м)
 R_c - радиус черпания, м (14 м)
 H_0 - максимальная высота разгрузки, м (6,7 м)
 ■ - знак "Место ожидания погрузки"
 Δ - знак "Опасная зона"

Рисунок 2.17 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭКГ-5А с погрузкой угля в автосамосвалы БелАЗ 7548Т, 7547Т, 7555Т на разрезе Переясловский

Разрез В-В
Масштаб 1:500

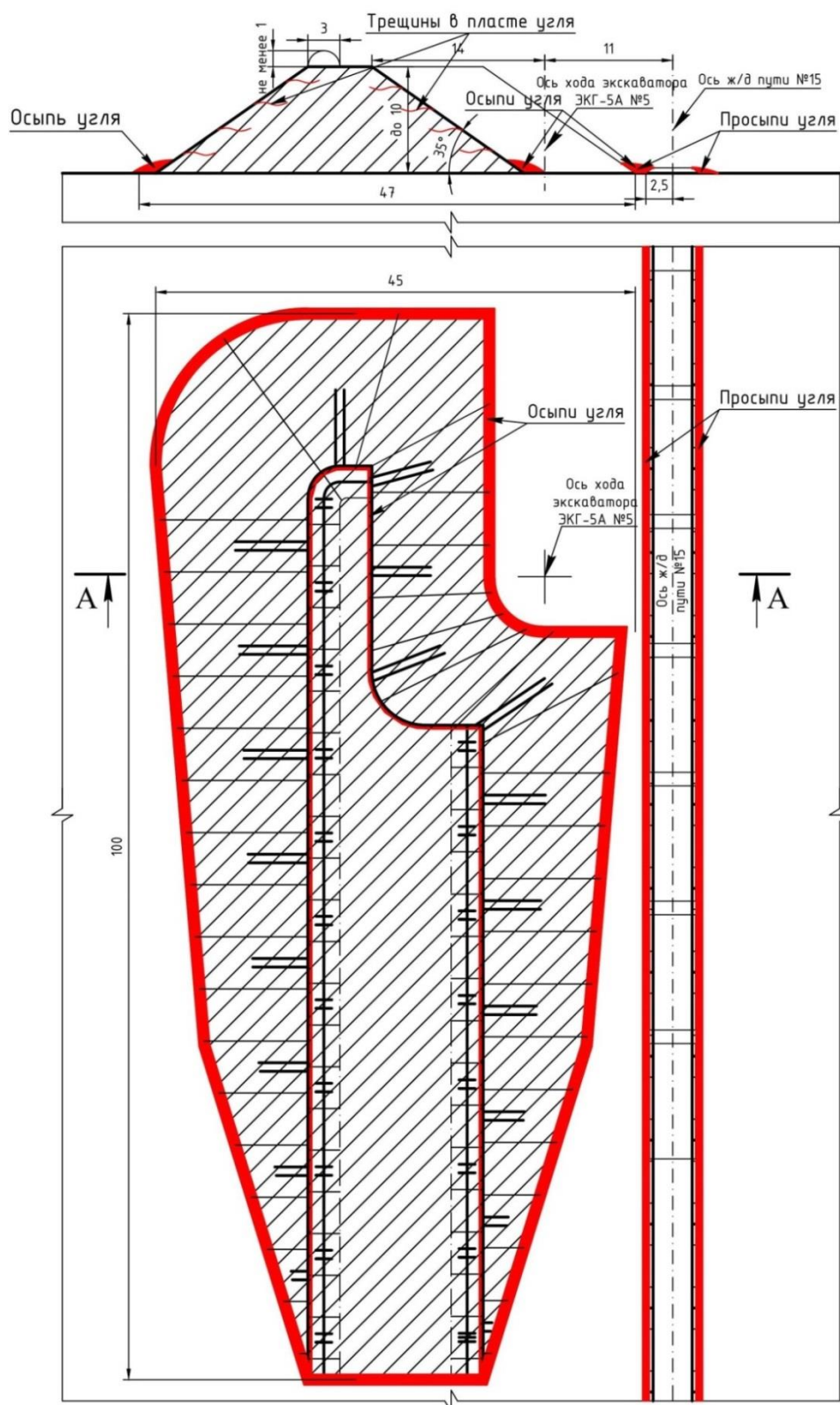


Рисунок 2.18 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭКГ-5А с погрузкой угля в ж/д. п/вагоны на разрезе Переяславский



Рисунок 2.19 Пожар угольной осыпи. Разрез Переясловский

Большое количество угольной мелочи скапливается на оборудовании, во время сортировки угля (Рисунок 2.20), необходимо соблюдать технику пожарной безопасности, во избежание самовозгорания угля.



Рисунок 2.20 Склад и сортировка угля. Разрез Переясловский

Подавляющее большинство пожаров возникает в угольных и породно-угольных скоплениях – навалах, осыпях, отвалах, штабелях, которые при наличие породных включений самовозгораются.

Иркутская область. Разрез Азейский. В настоящее время, на основании ранее принятых проектных решений, отработка 2-й эксплуатационной площади Азейского бурогольного месторождения осуществляется по усложненной бестранспортной системе разработки с внутренним отвалообразованием. При отработке участка «Восточный», так же как и на 2-й эксплуатационной площади, использовалась усложненная бестранспортная система разработки.

Настоящей проектной документацией, для дальнейшей эксплуатации 2 ЭП и участка «Восточный», сохраняется бестранспортная система разработки с использованием существующего вскрышного оборудования:

- участок №1 – ЭШ – 10/70 2 единицы;
- участок №2 – ЭШ – 40/85 и ЭШ-20/90.

Весь объем вскрыши складировается во внутренние отвалы. Внешнее отвалообразование не предусматривается. В теплое время года вскрышные породы четвертичных отложений отрабатываются без предварительного рыхления буровзрывными работами.

Высота вскрышного уступа по внешней вскрыше определяется мощностью внешней вскрыши и изменяется от 8 до 54,4 м, высота уступов по междупластью изменяется от 1,0 до 4,6 м и в среднем составляет 1,8 м. При мощности внешней вскрыши до 30 м отработка производится в один уступ. При мощности вскрыши более 30 м отработка производится двумя подступами. Высота нижнего подступа, по условиям эффективности бурения взрывных скважин и экскавации взорванной горной массы, принимается 30 м. Ширина заходки – 40 м. Минимальное расстояние между вскрышными и угольными экскаваторами составляет 250 м и определено по условиям безопасной работы машин и железнодорожного транспорта с учетом наращивания железнодорожного тупика. Углы откосов по вскрыше приняты: рабочего борта – 60°, нерабочего борта по основной вскрыше – 50°, по четвертичным отложениям – 45°, угол откоса отвала – 33 – 37°.

Добычные работы на 2-й эксплуатационной площади Азейского бурогольного месторождения осуществляются экскаваторами ЭР-1250 (2 шт.) и ЭКГ-4у с погрузкой в железнодорожный транспорт (Рисунок 2.22. – 2.24.)

На основании задания на проектирование для отработки запасов участка «Восточный» так же предусматривается использовать существующий парк добычных экскаваторов. На основании горно-геологических условий и локального проявления пласта «Верхний» добычные работы по пласту осуществляются экскаватором ЭКГ-4у с использованием автомобильного транспорта.

Высота добычного уступа определяется мощностью угольного пласта и изменяется от 1,5 до 11,7 м.

Ширина добычной заходки по всем пластам принята 40 м. Заходка роторным экскаватором отрабатывается за два прохода.

При использовании на добыче экскаватора ЭКГ – 4у заходка разбивается на два прохода, при этом первый проход принят шириной 24 метра с погрузкой угля в железнодорожные вагоны (для пласта I - с верхней погрузкой, для пласта II – на уровне стояния). Вторым проходом, шириной 16 метров, экскаватором ЭКГ – 4у, при отработке пласта II, уголь перемещается в штабель (на место от первого прохода), для последующей отгрузки в железнодорожные вагоны. Второй проход по пласту I производится экскаватором ЭКГ – 4у с погрузкой угля в железнодорожные вагоны на уровне стояния (ж/д путь укладывается на кровлю междупластья - на месте первого прохода).

При отработке пласта Верхний с использованием автомобильного транспорта добычная заходка разбивается на поперечные хода шириной 16 - 24 м.

Площадка на почве пласта II между угольным уступом и отвалом принята шириной 15 м, которая используется для проходки дренажной канавы и строительства железнодорожного пути при отгрузке угля. Углы откосов по углю приняты: рабочего борта - 80°, нерабочего – 50 – 60°. Зачистка угольных пластов производится бульдозерами.

При отработке угольного забоя образуются трещины, куда может поступать кислород создавая благоприятные условия для возникновения эндогенного пожара (Рисунок 2.22 – 2.24). Во время погрузки угля в железнодорожные полу/вагоны образуются просыпи, которые могут создать риск возникновения эндогенного или экзогенного пожара (Рисунок 2.21).

Разрез А-А
Масштаб 1:500

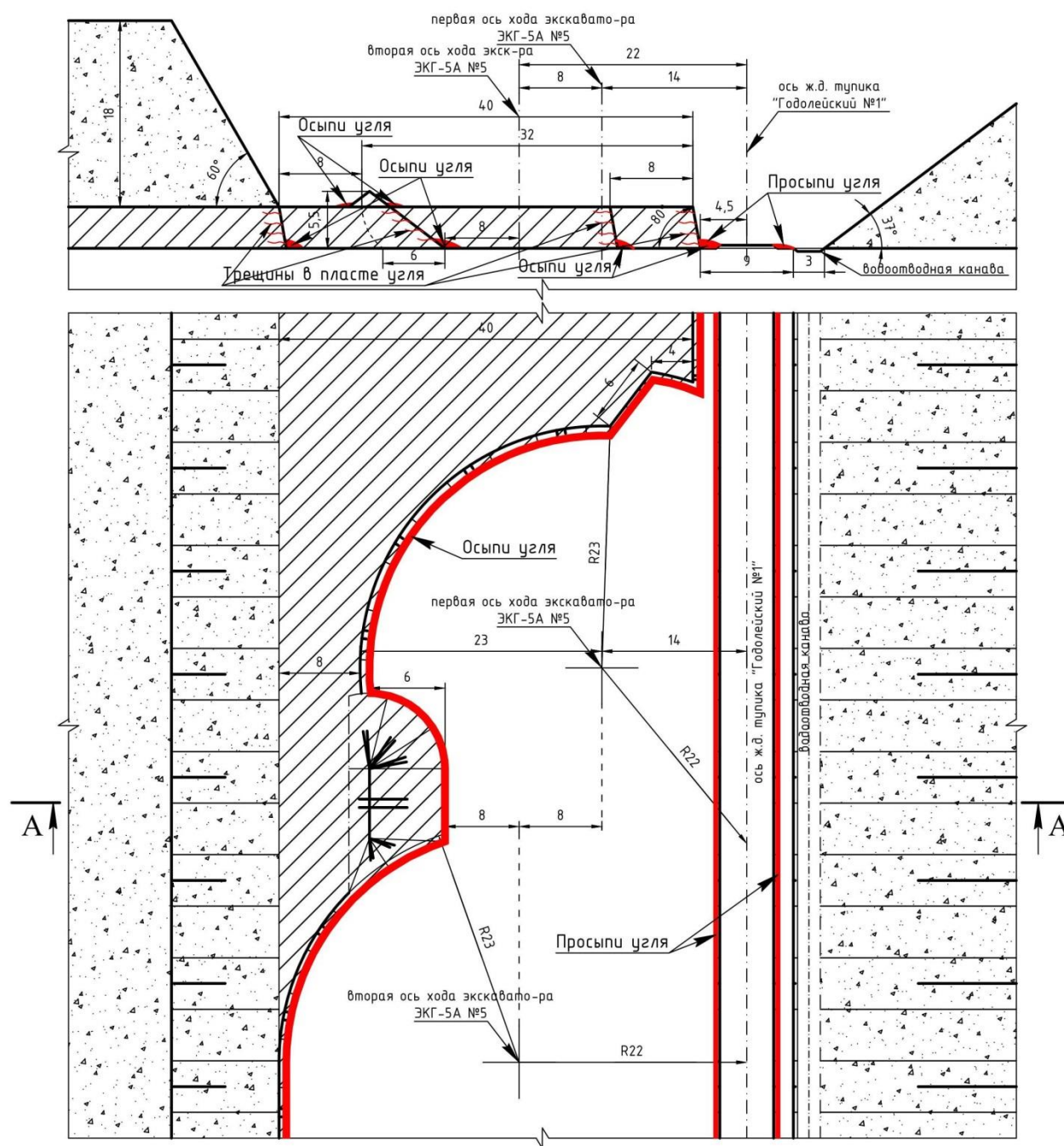


Рисунок 2.22 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭКГ-5А с погрузкой угля в ж.д. п/вагоны на разрезе Азейский

Разрез А-А
Масштаб 1:500

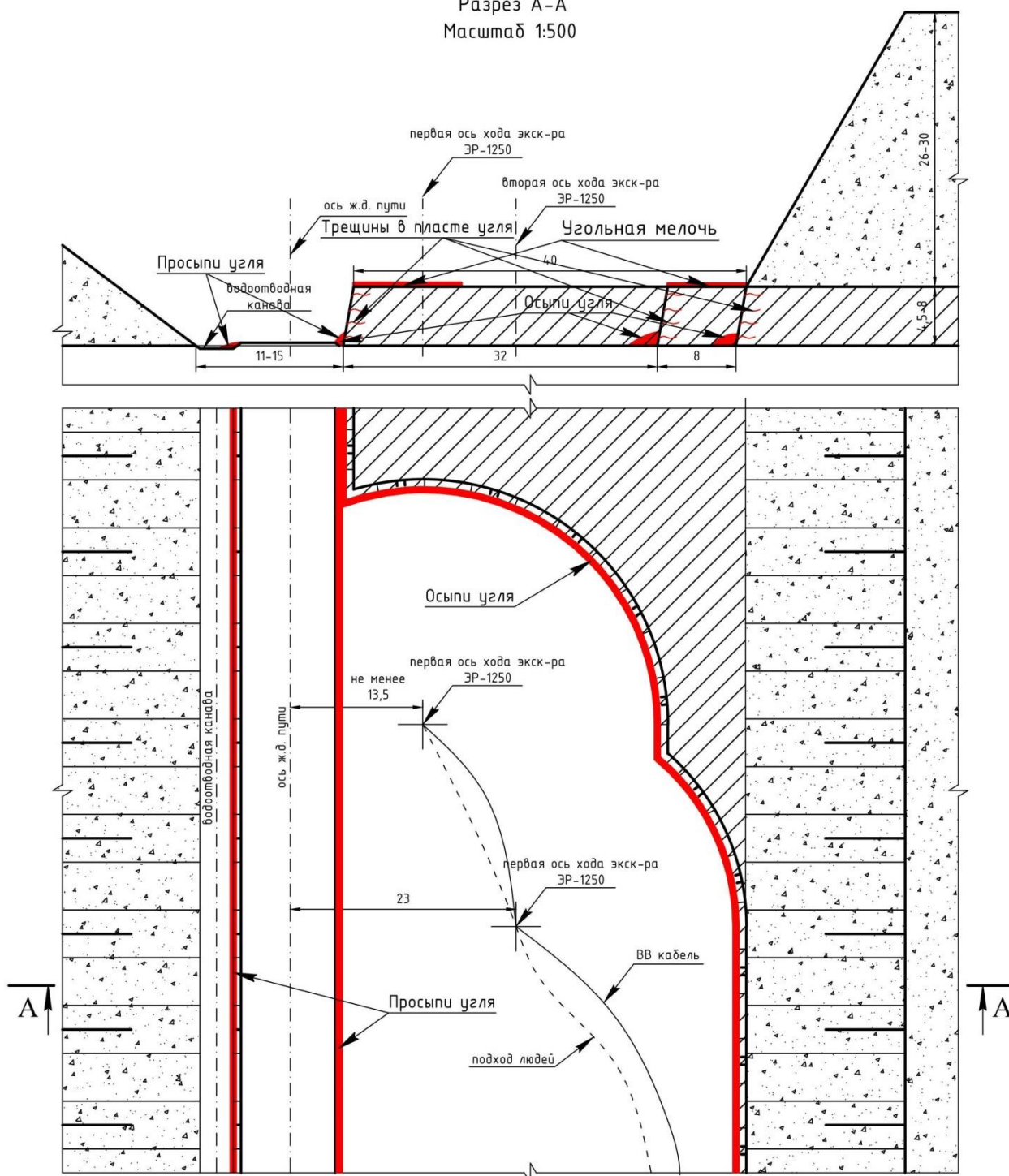


Рисунок 2.23 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭР-1250 с погрузкой угля в ж.д. п/вагоны на разрезе Азейский

Разрез А-А
Масштаб 1:500

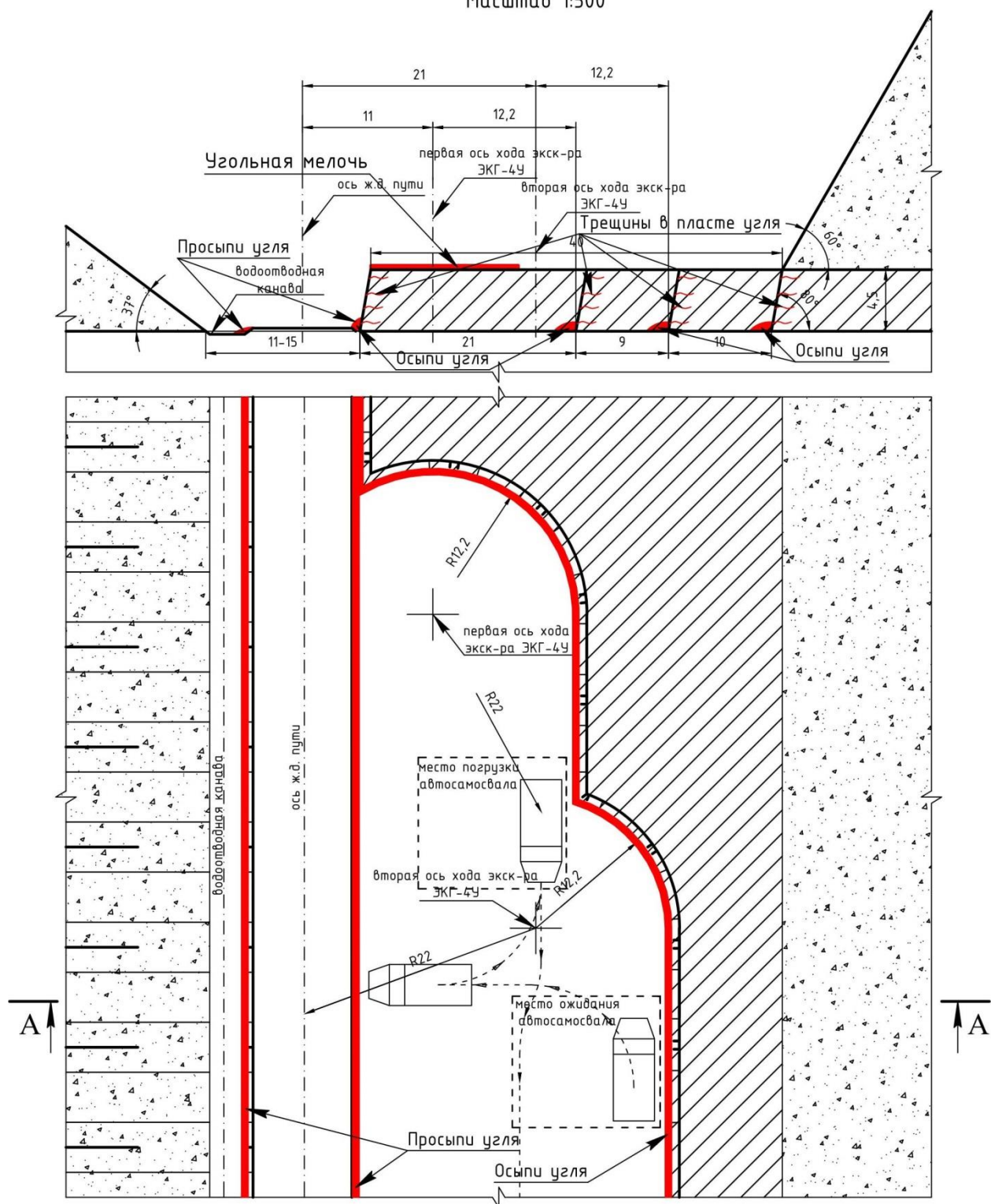


Рисунок 2.24 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭКГ-4У с погрузкой угля в ж.д. п/вагоны и автосамосвалы на разрезе Азейский



Рисунок 2.21 Посыпи угля. Разрез Азейский

Иркутская область. Разрез Мугунский. Карьерное поле отрабатывается по комбинированной системе разработки [113, 116]. В одновременной отработке находятся три эксплуатационных блока: Западный, Центральный и Восточный. Комбинированная система разработки применяется на Западном блоке. Выше бестранспортного уступа на автомобильный транспорт отрабатывается передовой уступ высотой 10 м. Центральный и Восточный эксплуатационные блоки отрабатываются по бестранспортной системе разработки.

На основной бестранспортной вскрыше предусматривается использовать драглайны ЭШ 40.100 – 1 шт., ЭШ 20.90 – 4 шт. и ЭШ 15.90 – 1 шт. Драглайны ЭШ 11.70 – 3 шт. играют вспомогательную роль и применяются в основном на перегрузках, прочих работах и планировке отвалов.

Элементы системы разработки при ведении вскрышных работ по бестранспортной схеме: ширина заходки при работе драглайнов может изменяться в широких пределах (30-70 м) и ограничена линейными параметрами шагающих экскаваторов. Оптимальная ширина заходки по бестранспортной схеме в условиях Мугунского бурогоугольного месторождения установлена 60 м. При бестранспортной системе разработки высота уступа ограничивается параметрами драглайнов

(высотой и глубиной черпания экскаваторов). При использовании вышеуказанных драглайнов мощность вскрышной толщи, обрабатываемой бестранспортным способом, не превышает 40 м. Высота бестранспортного уступа, как правило, находится в пределах 10 – 25 м. При бестранспортной системе разработки углы откосов уступов рабочего борта принимаются: по междупластью пластов – 50° , по внешней вскрыше при высоте уступа более 20 м – 45° , при высоте уступа менее 20 м – 50° . Минимальное расстояние между нижней бровкой откоса бестранспортного отвала и нижней бровкой откоса вскрытого угольного пласта I проектом принято 5 м. На отдельных участках фронта работ, с небольшой мощностью вскрыши и с большой глубиной водоотводной канавы, расстояние между нижним угольным уступом и бестранспортным отвалом может быть принято до 15 м для настилки ж/д полотна и сооружения водоотводной канавы.

Элементы системы разработки при ведении вскрышных работ по транспортной схеме:

1) При использовании на вскрышных работах карьерного оборудования: мехлопаты ЭКГ-5А, ЭКГ-8И, частично ЭКГ – 4У(5У), погрузка горной массы производится в автосамосвалы БелАЗ-7540 и БелАЗ-7555В грузоподъемностью 30 и 55 т; для экскаватора ЭКГ-5А ширина заходки составляет 14,0 м, для экскаватора ЭКГ-4У(5У) – 22,0 м, ЭКГ-8И – 18 м, Hyundai R800LC-7А – 15,0 м. Линейные параметры экскаваторов ЭКГ-5А, ЭКГ-4У(5У) и ЭКГ-8И позволяют принять высоту передового транспортного уступа 10 м. Линейные параметры гидравлического экскаватора Hyundai R800LC-7А позволяют отрабатывать вскрышной уступ высотой до 8 м. Ширина рабочих площадок определена исходя из размеров транспортных и предохранительных берм, параметров используемого горно-транспортного оборудования. Отработка передового транспортного уступа экскаваторами ЭКГ-5А, ЭКГ-4У(5У) и ЭКГ-8И предусматривается заходками, параллельными фронту работ. При этом, минимальная ширина рабочей площадки составляет 34,0 м. Угол откоса вскрышного уступа принят – 70° .

2) При использовании дизельных гидравлических экскаваторов KomatsuPC 300-7 и PC 350 LC-6 с емкостью ковша $1,4 \text{ м}^3$ и колесного погрузчика

WA 420-3 с емкостью ковша $3,0 \text{ м}^3$. Отработка вскрыши выполняется поперечными заходками шириной 60 м, при этом ширина заходки экскаватора составляет 13,4 м, которая определена линейными параметрами экскаваторов. Верхний подступ отрабатывается колесным погрузчиком KomatsuWA 420-3 также заходками шириной 13,4 м.

Высота уступа. Исходя из линейных параметров и траектории движения ковша, при работе гидравлических экскаваторов, максимальная высота уступа:

- при нижнем черпании экскаватора – 5,0 м;
- при верхнем черпании экскаватора – 3,0 м.

Максимальная высота уступа при работе колесного погрузчика WA 420-3 принята 3,0 м. В связи с делением передового транспортного уступа общей высотой 10 м на три подступа, проектом принимается высота верхнего подступа равного 2 м (отрабатывается погрузчиком WA 420-3), среднего и нижнего подступа – 4 м (отрабатываются гидравлическими экскаваторами PC 300-7 (PC 350 LC-6)). Ширина рабочих площадок определена исходя из размеров транспортных и предохранительных берм, параметров используемого горнотранспортного оборудования. При отработке передового транспортного уступа тремя подступами необходимо поддерживать две рабочих площадки. С использованием верхней рабочей площадки разрабатывается верхний и средний подступы; с нижней рабочей площадки разрабатывается нижний подступ. Минимальная ширина верхней рабочей площадки составляет 48,4 м, нижней рабочей площадки – 47,8 м. Углы откосов вскрышных уступов по наносам и коренной вскрыше приняты 55 – 60°.

Транспортировка вскрышных пород на отвалы осуществляется автосамосвалами КАМАЗ, МАЗ, ХОВО и Мерседес грузоподъемностью 20-30 т.

Высота добычного уступа, как правило, равна мощности угольного пласта и колеблется от 1,3 до 12,7 м, при средней по пластам: пласт II – 2,46 м, пласт Ib – 1,97 м, пласт Ia – 2,6 м и пласт I – 6,7 м.

Ширина рабочей площадки по углю равна ширине заходки вскрышной по бестранспортной схеме – 60 м. Угол откоса угольного уступа – 70°.

Добыча ведется на Центральном участке экскаваторами ЭКГ-4У (Рисунок 2.26) и ЭКГ-5У (Рисунок 2.27); на Западном участке экскаватором ЭКГ-5У (Рисунок 2.28); на Восточном участке экскаваторами ЭКГ-4У (Рисунок 2.29) и ЭКГ-5У (2 шт) (Рисунок 2.30).

При отработке угольного забоя невозможно исключить образование угольной мелочи которая осыпаясь скапливается на почве пласта, создавая благоприятные условия для возникновения эндогенных пожаров (Рисунок 2.26-2.31). При погрузке угля в ж/д полувагоны образуются просыпи угля, которые негативно сказываются на пожароопасной ситуации разреза (Рисунок 2.25). В трещинах образовавшихся в пласте угля при отработке экскаватором так же создаются благоприятные условия для возникновения очагов самовозгорания. На Рисунке 2.32 очаг самовозгорания произошел в пласте угля, такие пожары наиболее сложно ликвидировать.

На нерабочих бортах образуются скопления угольной мелочи осыпавшейся с уступа, что способствует возникновению очагов самовозгорания (Рисунок 2.25 и 2.31).



Рисунок 2.25 Скопления угольных просыпей при погрузке в ж/д полувагоны.
Разрез Мугунский

Разрез А-А
Масштаб 1:500

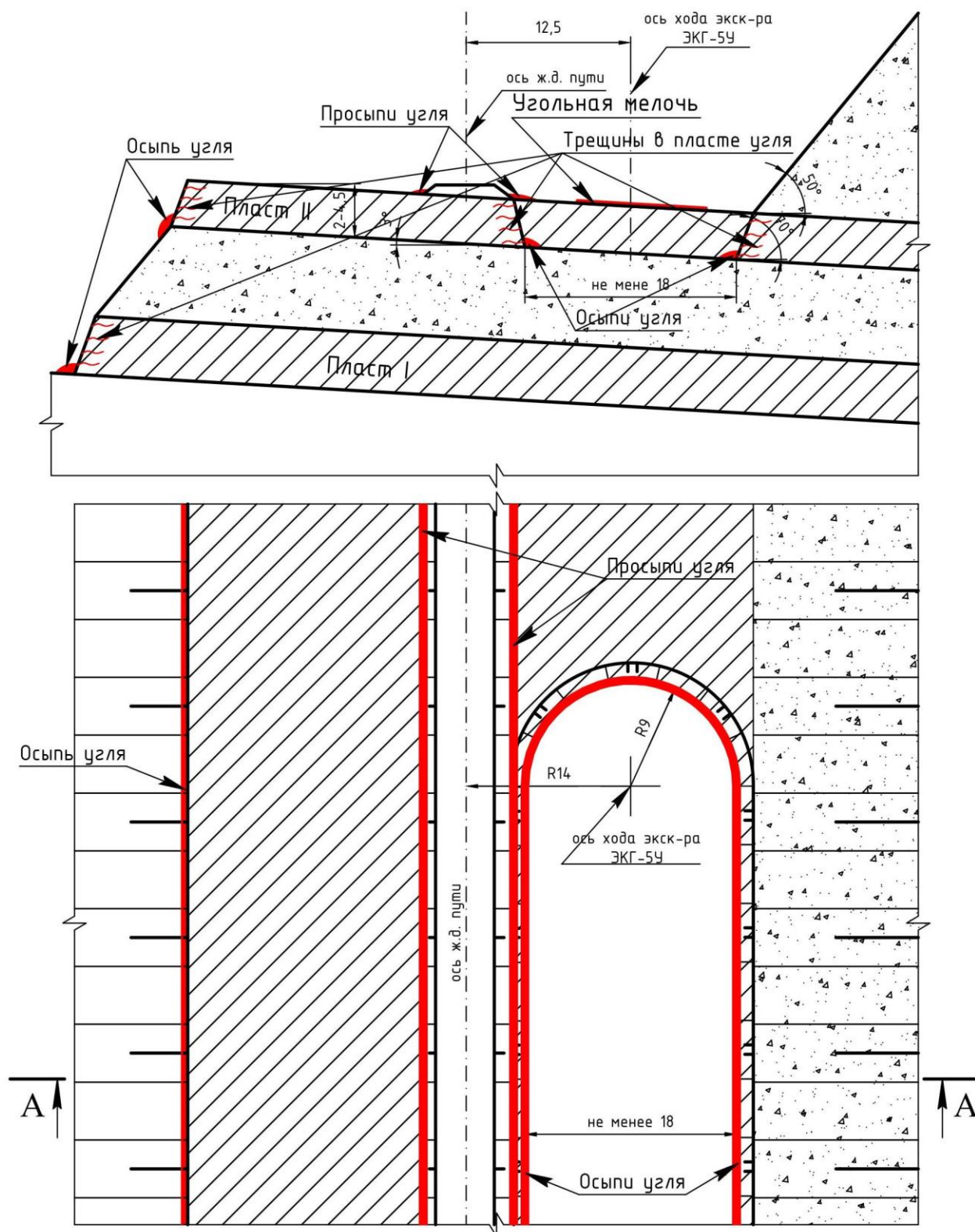


Рисунок 2.26 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭКГ-5У с погрузкой угля в ж.д. п/вагоны на Центральном блоке разреза Мугунский

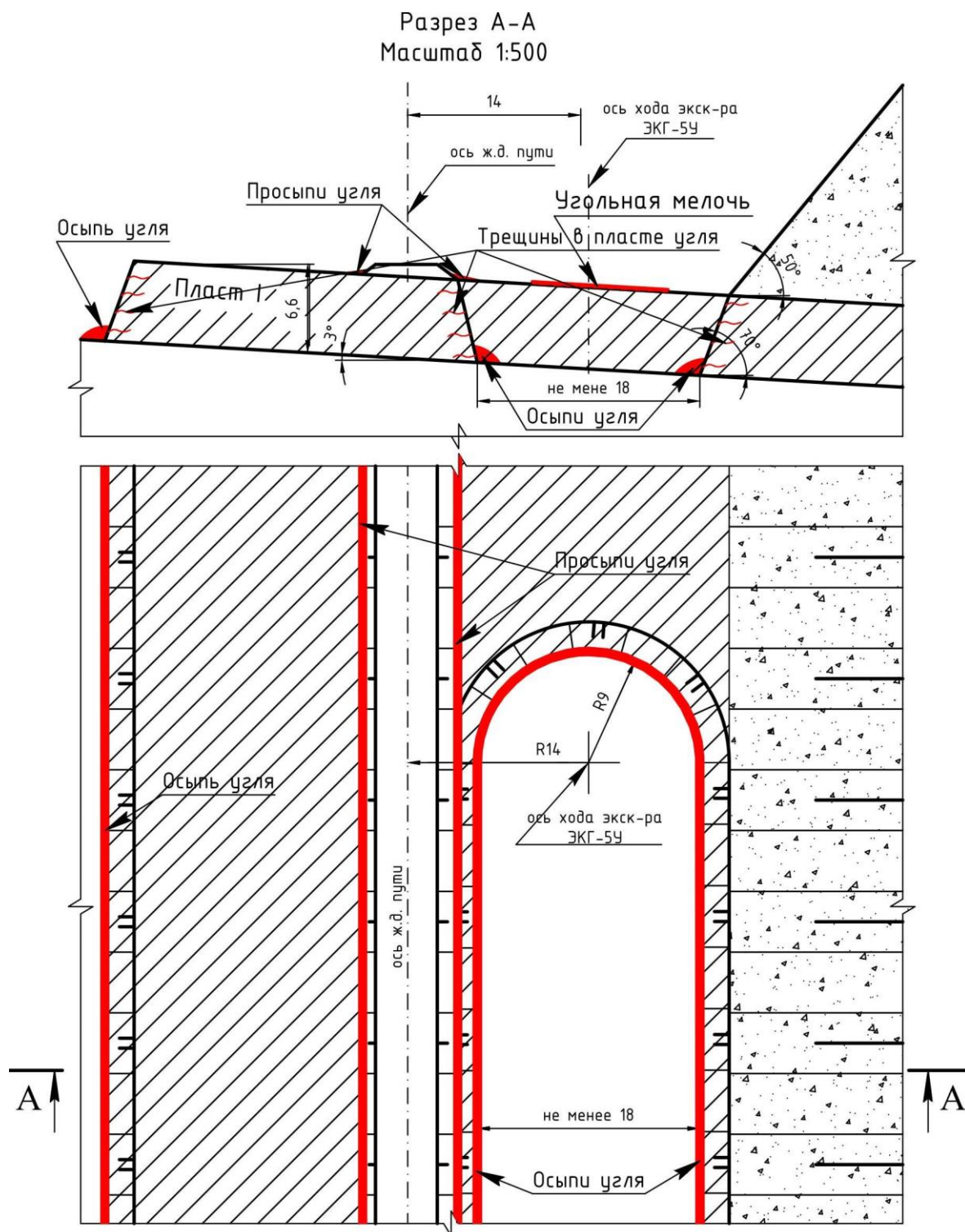


Рисунок 2.27 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭКГ-5У с погрузкой угля в ж/д. п/вагоны на Центральном блоке разреза Мугунский. блоку экскаватором ЭКГ-5У

Разрез А-А
Масштаб 1:500

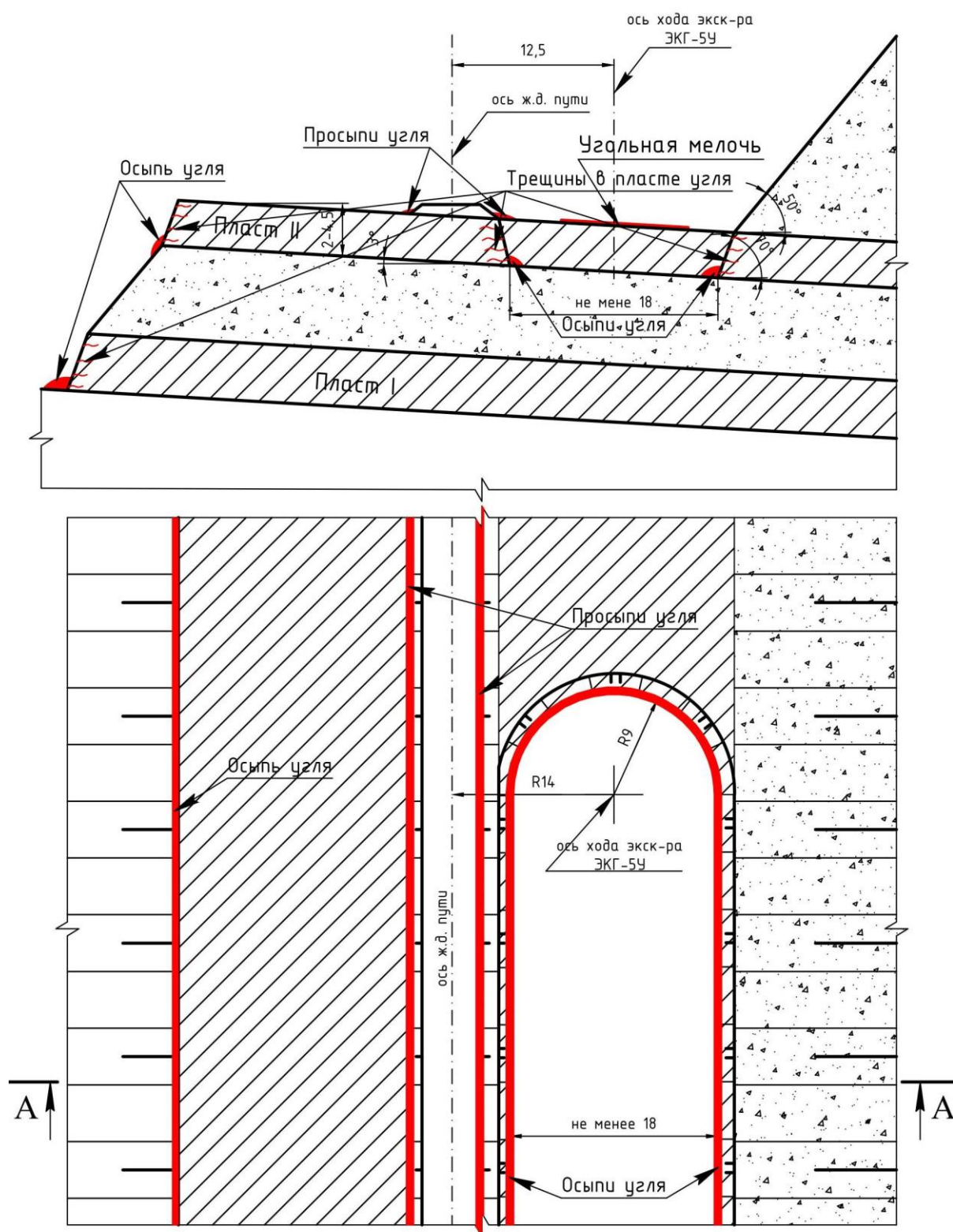


Рисунок 2.28 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭКГ-5У с погрузкой угля в ж/д. п/вагоны на Западном блоке разреза Мугунский

Разрез А-А
Масштаб 1:500

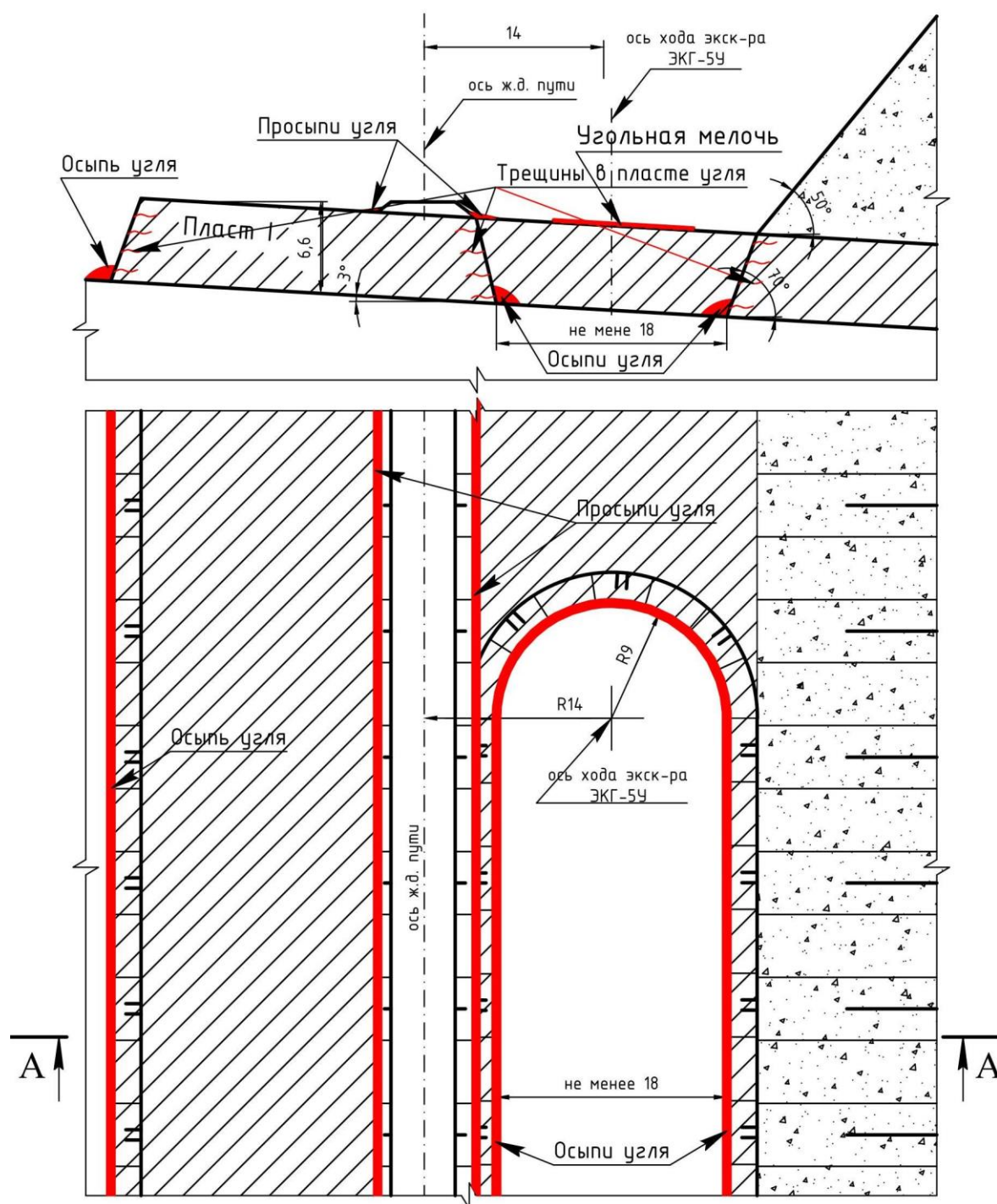


Рисунок 2.29 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭКГ-5У с погрузкой угля в ж/д. п/вагоны на Восточном блоке разреза Мугунский

Разрез А-А
Масштаб 1:500

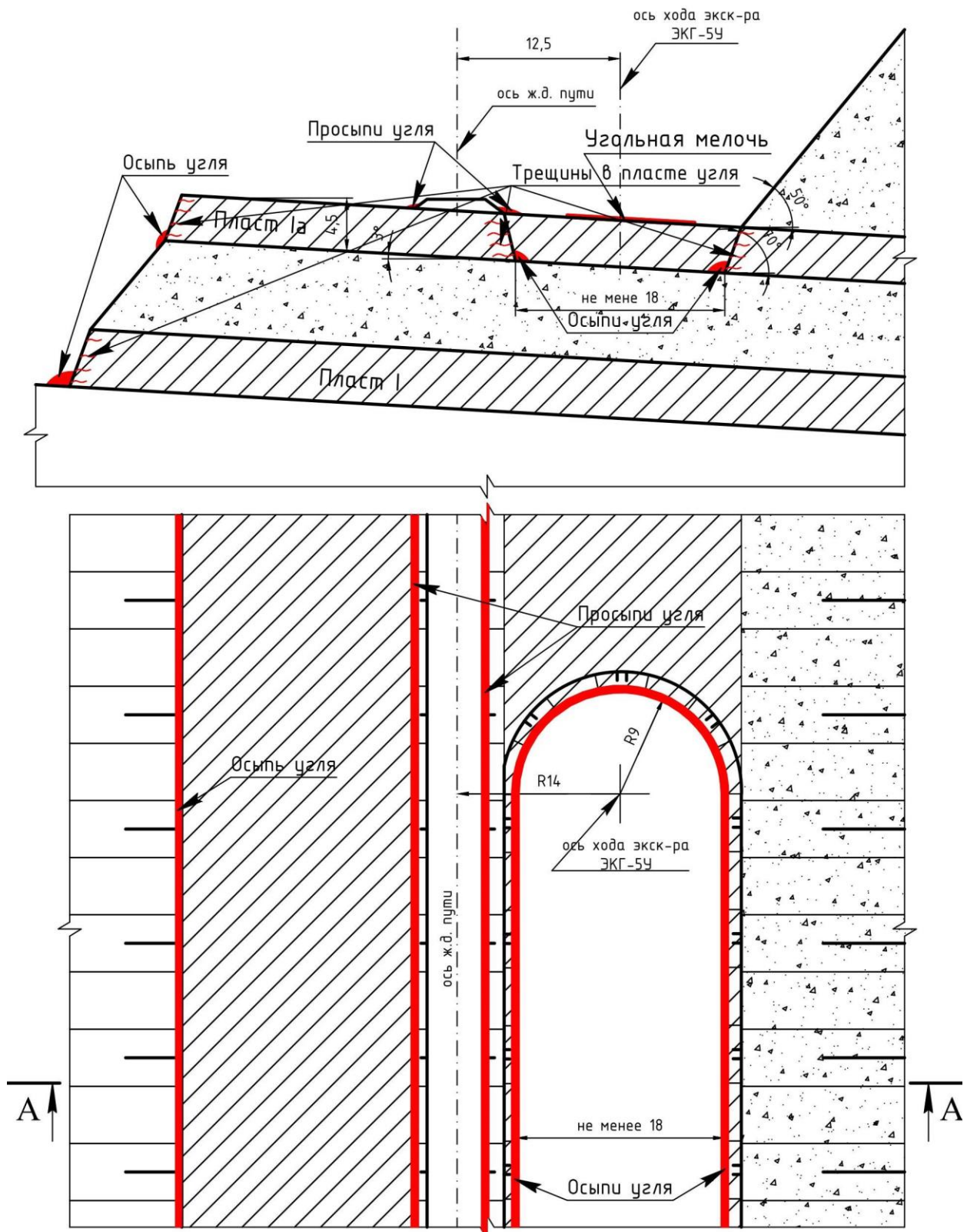


Рисунок 2.30 Технологическая схема ведения добычных работ экскаватором ЭКГ-5У с погрузкой угля в ж.д. п/вагоны по Восточному блоку разреза Мугунский



Рисунок 2.31 Скопление угольной мелочи, осыпавшейся с уступа.
Разрез Мугунский



Рисунок 2.32 Пожар в пласте. Разрез Мугунский

Забайкальский край. Разрез Харанорский. Развитие горных работ ведется в направлении падения пластов угля [115, 116]. Отработка Основного участка карьерного поля № 2 осуществляется в основном по транспортной системе разработки, основного участка карьерного поля № 3 – по комбинированной системе разработки с использованием:

- на бестранспортной вскрыше – драглайнов ЭШ-15/80 и ЭШ-10/70;
- на автотранспортной вскрыше – экскаваторов ЭКГ-12,5 и ЭКГ-8И, автосамосвалов грузоподъемностью 42, 45, 120 и 130т;
- на железнодорожной вскрыше – экскаваторов ЭКГ-12,5 и ЭКГ 4У, тепловозов ТЭМ-7 и думпкаров 2ВС-105;
- на железнодорожных отвалах – экскаваторов ЭШ-13/50, ЭШ-10/70 и ЭКГ-4У;
- на добычных работах – роторных экскаваторов ЭР-1250 (Рисунок 2.33, 2.34) и К-650, тепловозов ТЭМ-7 и 2ТЭ-10В, вагонов МПС.

При отработке угольного забоя роторным экскаватором ЭР-1250, образуются скопления угольной мелочи на полках и почве угольного забоя (Рисунок 2.33, 2.34, 2.38), что создает благоприятные условия для возникновения очагов самовозгорания.

На нерабочих бортах образуются осыпи угля, что при благоприятных условиях может привести к возникновению эндогенных или экзогенных пожаров (Рисунок 2.35, 3.37).

Наиболее часто наблюдается самовозгорание угля сосредоточенного в осыпях, которые аккумулируются на почве и в основании откоса угольного забоя. Ликвидация таких пожаров не представляет трудностей. При возгорании угольной мелочи на откосе угольного забоя на высоте 5 – 10 метров и более возникают затруднения при их ликвидации.

При погрузке угля в железнодорожные полувагоны образуется много просыпей угля, что может стать причиной возгорания железнодорожного полотна (Рисунок 2.36).



Рисунок 2.35 Очаг самовозгорания бурого угля после выгорания.
Разрез Харанорский



Рисунок 2.36 Скопление угольной мелочи при погрузке в ж/д п/вагоны.
Разрез Харанорский

Разрез А-А
Масштаб 1:500

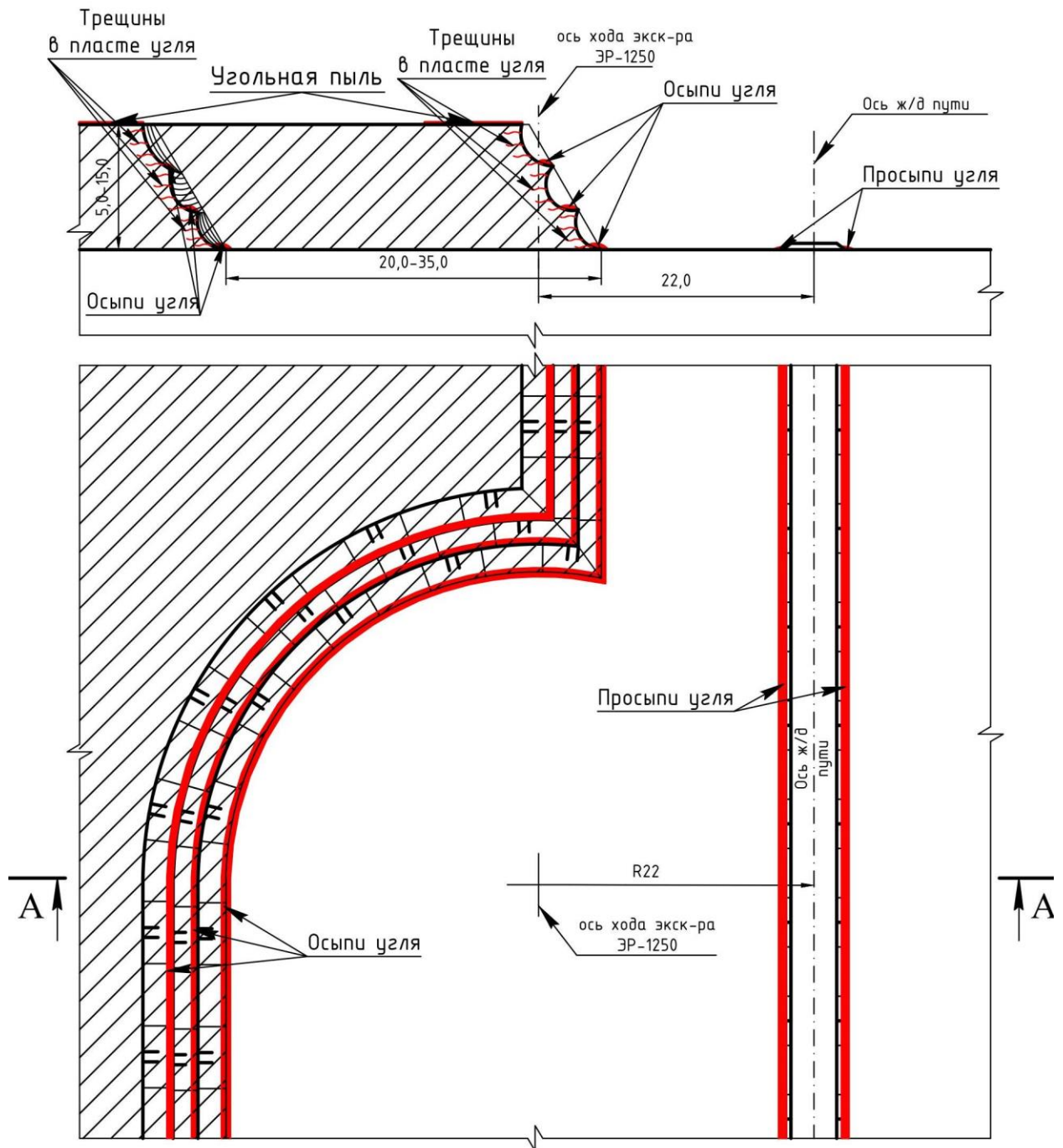


Рисунок 2.33 Технологическая схема ведения добычных работ роторным экскаватором ЭР-1250-16/1, 5Д с погрузкой угля в ж/д. п/вагоны на уровне стояния

Разрез А-А
Масштаб 1:500

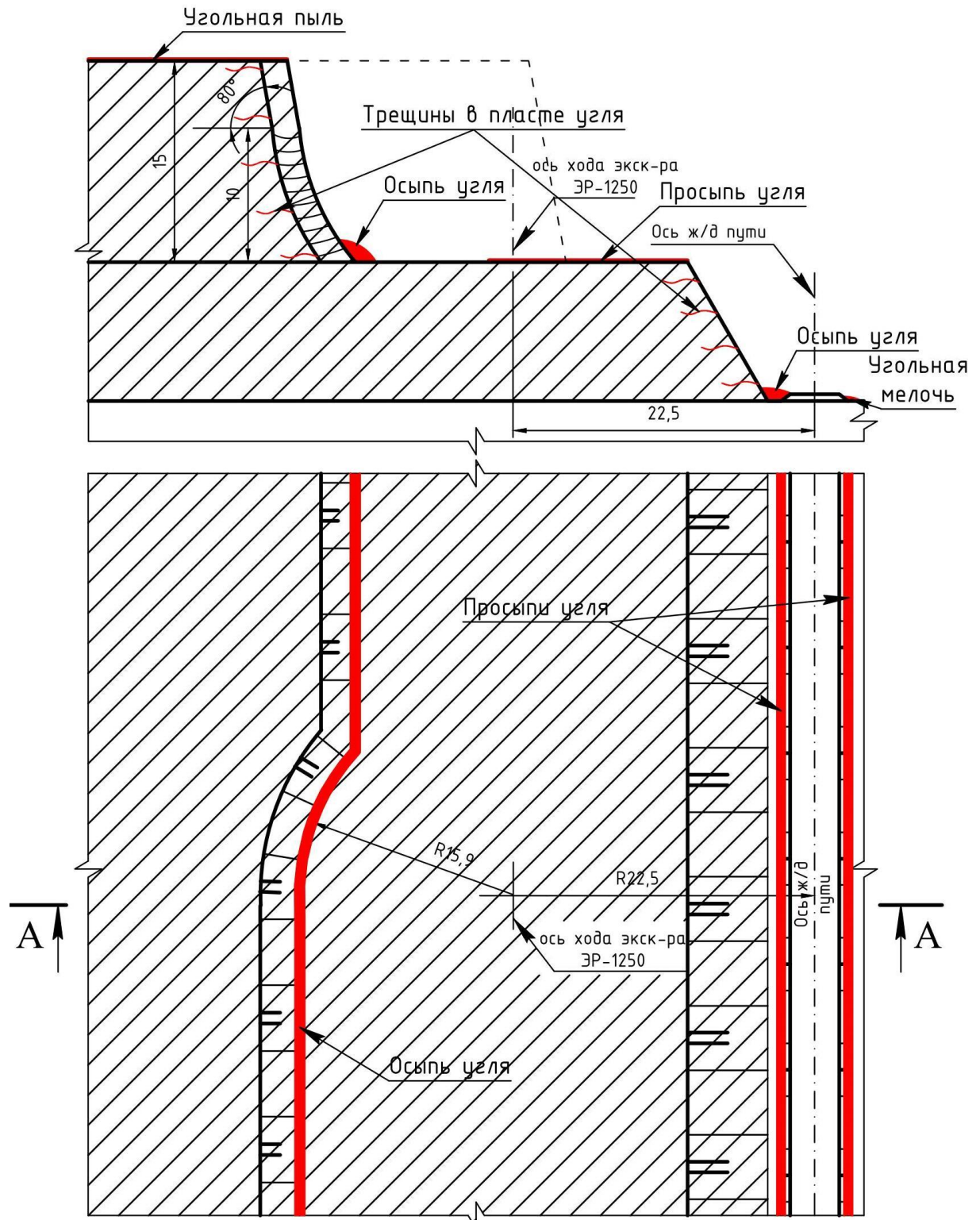


Рисунок 2.34 Технологическая схема ведения добычных работ роторным экскаватором ЭР-1250-16/1, 5Д с погрузкой угля в ж/д. п/вагоны ниже уровня стояния



Рисунок 2.37 Скопления угольной мелочи осыпавшейся с уступа.
Разрез Харанорский



Рисунок 2.38 Скопления угольной пыли на полках и почве угольного забоя.
Разрез Харанорский

Эндогенная пожароопасность разрезов находится в прямой зависимости от площади угольных обнажений, с увеличением суммарной длины фронта работ возрастает вероятность возникновения очагов самовозгорания. На пожароопасность разреза также существенное влияние оказывает цикл обновления угольных

уступов: если угольный уступ длительное время не обновлялся, то под действием атмосферных факторов происходит разрушение поверхности элементов уступов, в связи с этим наиболее часто очаги самовозгорания возникают в угольных или породно-угольных осыпях, образовавшихся в результате ветровой эрозии; откосах уступов, нарушенных взрывными работами и некачественно обработанных; скоплениях горючей массы, образующихся при осыпях и зачистке площадок бульдозером.

Тепловые проявления реакции окисления бурого угля начинаются с момента вскрыши пласта угля и заканчиваются в топке котла. Малые тепловые процессы приводят к саморазогреву массы угля, в результате снижаются потребительские свойства угля, критические – к возникновению аварийных ситуаций, связанных с пожарами и взрывами.

Бурые угли, выделяют значительный процент летучей пыли, имеют большую пожарную опасность. В технологии практически невозможно контролировать образование просыпей угля.

При всех различиях технологических процессов – добычи, хранения, транспортировки и использования, основной причиной пожаров является - самовозгорание угля.

2.3 Расчеты экологического влияния открытых горных работ на окружающую среду

Загрязненность атмосферы при открытой добыче угля имеет место при всех основных производственных процессах и при эксплуатации производственных объектов полплощадки (Таблица 2.1.).

Рациональные параметры добычной зоны на пожароопасных разрезах должны обеспечить как высокую производительность добычного оборудования, так и должны найти отражение в технико-экономических расчетах [1, 7, 110].

Определение расчетной теоретической, эффективной и эксплуатационной производительности рассмотренных в данной работе роторных экскаваторов типа ЭПР-2500; ЭПР-1600; ЭПР-1250; ЭР-1250; ЭР-120-61/1 при ведении добычных

работ работающих на разрезах Бородинский, Азейский, Харанорский, рекомендуется производить согласно приведенной ниже единой методике расчета производительности карьерных роторных экскаваторов на открытых горных работах ГОСТ – 28313-89:

1. Максимальную расчетную теоретическую производительность по разрыхленной горной массе ($Q_{\text{теор1}}$) в кубических метрах в час рассчитывают по формулам:

$$Q_{\text{теор1}} = 0,06 \times (g_k + 0,5 g_n) \times S_{\text{max}}; \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{теор1}} = 3600 \times F_{\text{л}} \times n_{\text{л}} \times K_n, \quad (2.2)$$

где g_k – вместимость ковша (рис. 2.39.);

g_n – вместимость подковшового пространства (рис. 2.39.);

S_{max} – число опорожнений ковша;

$n_{\text{л}}$ – скорость ленты конвейера, м/с;

$K_n = 0,9$ (коэффициент загрузки ковша);

$F_{\text{л}}$ – расчетная площадь поперечного сечения транспортируемого материала на ленте, м^2 .

Расчетную ширину ленты определяют по формуле

$$B = 0,9 B_{\text{л}} - 50, \quad (2.3)$$

где $B_{\text{л}}$ – ширина ленты, мм.



Рисунок 2.39 Геометрические параметры ковша роторного колеса экскаватора

Из двух значений производительностей, полученных по формулам (2.1) и (2.3.), принимают меньшее.

2. Теоретическую производительность по разрыхленной горной массе ($Q_{\text{теор2}}$) в кубических метрах в час рассчитывают по формулам:

Таблица 2.1

Основные источники и виды загрязнения атмосферы
при производстве открытых горных работ

Основные технологические процессы и объекты	Источники и виды загрязнения
Подготовка горных пород к выемке	Пыль и газы при бурении скважин и шпуров. Пыль и ядовитые газы при производстве взрывных работ.
Выемочно-погрузочные работы	Пыль при выемке и погрузке горной массы в транспортные средства и разгрузке в отвал различными выемочными машинами. Пыль и газы при выемке горной массы экскавационными и экскавационно-транспортирующими машинами с двигателем внутреннего сгорания (экскаваторы с дизельным приводом, погрузчики, скреперы, бульдозеры и т.д.)
Транспортирование карьерных грузов	Пыль на карьерных автодорогах. Сдувание пыли из транспортных сосудов при перемещении угля и пустых пород. Пыль на пунктах перегрузки. Газы при работе автотранспортных средств и тяговых средств ж/д транспорта с двигателями внутреннего сгорания.
Отвалообразование и складирование угля и пустых пород	Пыль при укладке горной массы в отвалы и склады. Пыление обнаженных поверхностей отвалов пустых пород, штабелей угля. Газы при самовозгорании горной массы в отвалах и складах.
Карьерные выемки	Сдувание пыли с поверхностей откосов и площадок. Выделение газов при самовозгорании угля.
Объекты промплощадки: - дробильно-сортировочные; агломерационные и обога- тельные фабрики; - котельные установки; - базы производственных машин и автотракторной техники	Пыль при разгрузке, дроблении и сортировке угля. Пыль и газы при работе котельных установок. Газы и пыль при эксплуатации баз производственных машин и автотракторной техники.

2.1. При заданном удельном усилии копания линейном (для трапецевидной формы ковша)

$$Q_{\text{теор}2} = \left(\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2} \right)^2 \leq Q_{\text{теор}1}, \quad (2.4)$$

где $a = \frac{D \cdot \rho}{2,19}$

(D – диаметр роторного колеса по режущим кромкам ковшей, м;

ρ – плотность горной массы, т/м³);

$$b = 0,102 K_1 \sqrt{\frac{D \cdot S_{\text{max}} (1+i)}{f}} \quad (2.5)$$

(K_1 – удельное усилие копания, линейное, Н/см;

i – число промежуточных режущих кромок между соседними ковшами);

$c = K_1 \times 0,162 \times D \times S_{\text{max}} (1+i) \times r_1 - 232 N_p$

(r_1 – радиус закругления режущих кромок ковшей в плоскости периметра резания (Рисунок 2.40), м;

N_p – мощность привода роторного колеса, кВт);

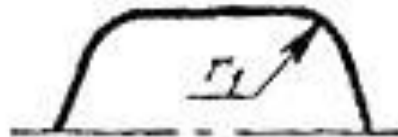


Рисунок 2.40 Режущая кромка ковша в плоскости периметра резания

2.2. При заданном удельном усилии копания

$$Q_{\text{теор}2} = \frac{323 \cdot N_p \cdot f}{K_F + 0,64 \cdot D \cdot \rho} \leq Q_{\text{теор}1} \quad (2.6)$$

где K_F – удельное поверхностное усилие копания, Н/см².

3. Эффективную производительность (Q_3) в кубических метрах в час рассчитывают по формуле

$$Q_3 = \frac{Q_{\text{теор}2}}{f} \cdot K_{\text{заб}} \cdot K_y, \quad (2.7)$$

где $K_{\text{заб}}$ – коэффициент забоя, характеризующий потери времени на выполнение вспомогательных технологических операций при отработке расчетного забоя, определяемый по формуле

$$K_{\text{заб}} = \frac{T_z}{T_z + T_{\text{вс}}}, \quad (2.8)$$

где T_z – необходимое время непосредственной экскавации при отработке блока с производительностью $Q_{\text{теор2}}$, ч;

$T_{\text{вс}}$ – расчетное время на выполнение операций при отработке блока (остановка и реверсирование механизма поворота в конце каждой стружки, переходы от стружки к стружке, от слоя к слою и от одного блока к другому), ч;

K_y – коэффициент управления, характеризующий изменение фактической средней производительности экскавации по сравнению с теоретической и дополнительные потери времени из-за увеличения, по сравнению с расчетной, длительности вспомогательных технологических операций при отработке блока.

Для ориентировочных расчетов значения коэффициента управления K_y равны: 0,75...0,85 – для экскаваторов, не оборудованных автоматической системой управления; 0,85...0,95 – для экскаваторов, оборудованных автоматической системой управления.

Расчет при эксплуатации экскаватора

$$Q_3 = V_6 / t_6, \quad (2.9)$$

где V_6 – объем блока, отработанного роторным экскаватором, м³;

t_6 – время отработки блока, ч.

Эксплуатационную производительность ($Q_{\text{экс}}$) в кубических метрах в час рассчитывают по формулам

$$Q_3 = Q_3 \times K_{\text{т.и}}, \quad (2.10)$$

где $K_{\text{т.и}}$ – коэффициент технического использования по РД 50-650; при эксплуатации экскаватора

$$Q_3 = V_6 / t_k, \quad (2.11)$$

где t_k – календарный фонд времени за вычетом организационных простоев, периода перегонов роторного экскаватора из-за перестройки технологической схемы, а также периода не свойственных работ (перевалка, зачистка трассы и т.д.), ч.

При работе роторного экскаватора в составе комплекса горно-транспортного оборудования календарный фонд времени определяют без учета всех простоев (аварийных, технологических, организационных и т. д.), связанных с другими машинами комплекса в часах.

Определение расчетной теоретической, технической, эксплуатационной и годовой производительности рассмотренных в данной работе одноковшовых экскаваторов типа ЭКГ-4У; ЭКГ-5А; ЭКГ-5У; при ведении добычных работ при погрузке в ж/д и авто транспорт работающих на разрезах Переяславский, Мугунский, Азейский, Харанорский, рекомендуется производить по приведенной ниже методике:

1. Теоретическая производительность ($Q_{\text{теор.}}$) – это объем породы, вырабатываемый при непрерывной работе экскаватора в единицу времени (обычно за 1 час). При этом коэффициенты наполнения ковша – K_n и разрыхления породы K_p приняты равными единице, угол поворота ковша на выгрузку – 90град. (для мех лопат), определяется по формуле:

$$Q_{\text{теор}} = 3600 \frac{V}{t_{\text{ц}}}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2.12)$$

где V – вместимость ковша экскаватора, м^3 ;

$t_{\text{ц}}$ – время рабочего цикла определяется по формуле:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{ч}} + t_{\text{п}} + t_{\text{р}}, \text{ сек}; \quad (2.13)$$

где $t_{\text{ч}}$ – продолжительность черпания породы;

$t_{\text{п}}$ – продолжительность поворота ковша к месту разгрузки и обратно;

$t_{\text{р}}$ – продолжительность разгрузки ковша;

2. Техническая производительность ($Q_{\text{тех.}}$) – это максимальная производительность для данного экскаватора при непрерывной экскавации пород с конкретными физико-механическими свойствами, определяется по формуле:

$$Q_{\text{тех}} = Q_{\text{теор}} K_{\text{э}} \frac{t_p}{t_p + t_{\text{п}}}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2.14)$$

где $K_{\text{э}}$ – коэффициент экскавации, $K_{\text{э}} = \frac{K_{\text{н}}}{K_{\text{р}}}$;

t_p – время непрерывной работы на одном месте;

$t_{\text{п}}$ – время передвижки экскаватора на другое место работы;

3. Эксплуатационная производительность ($Q_{\text{экс.}}$) – это действительный объем добычных пород, отрабатываемых за определенный период эксплуатации, определяется по формуле:

$$Q_{\text{экс.}} = Q_{\text{тех}} T K_{\text{ис}}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}; \quad (2.15)$$

где T – продолжительность смены, ч;

$K_{\text{ис}}$ – коэффициент использования сменного времени экскаватора;

При погрузке в ж/д транспорт $K_{\text{ис}} = 0,55 - 0,8$; в автосамосвалы на конвейер и в отвал $K_{\text{ис}} = 0,8 - 0,9$;

4. Годовая производительность ($Q_{\text{год.}}$) – это действительный объем добычных пород, отрабатываемых за один год эксплуатации, определяется по формуле:

$$Q_{\text{год.}} = Q_{\text{экс.}} T_{\text{г}}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (2.16)$$

где $T_{\text{г}}$ – число рабочих смен в году:

Определение количества выбросов в атмосферу на буроугольных карьерах осуществляется по «Отраслевой методике расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче и переработке угля» (1988г.) (Таблица 2.2).

В процессе экскавации выделение пыли зависит от параметров выемочно-погрузочного оборудования и площади поверхности горных выработок. Зависимость объемов выбросов загрязняющих веществ Q ($\text{кг}/1000 \text{ м}^3$) при взрывных работах от ёмкости ковша выемочно-погрузочных машин E (м^3) носит линейный характер:

для ЭКГ: $Q_{\text{пыли}} = 950,1 - 18,1 E, \quad (2.17)$

$$Q_{\text{NO}} = 3563,1 - 67,7 E, \quad (2.18)$$

$$Q_{CO}=403,8-7,7 E; \quad (2.19)$$

для ЭГ:

$$Q_{пыли}=929,2-26,0 E, \quad (2.20)$$

$$Q_{NO}=3484,6-97,6 E, \quad (2.21)$$

$$Q_{CO}=394,9-11,1 E; \quad (2.22)$$

для ЭШ:

$$Q_{пыли}=1471,5-14,6 E, \quad (2.23)$$

$$Q_{NO}=5518,0-54,7 E, \quad (2.24)$$

$$Q_{CO}=625,4-6,2 E. \quad (2.25)$$

Таблица 2.2

Показатели сдувания пыли с пылящих поверхностей разрезов

Место пыления	Условия работы и характеристика объекта	Удельное сдувание пыли ($\text{мг/м}^2 \cdot \text{с}$) при скоростях ветра (м/с)		
		До 4	6 – 8	10
Горные работы	Влажность 2 – 4%	3,1	1250	5630
	Влажность 4 – 6%	2,0	42	71
	Влажность 8 – 10%	1,5	9	21
Штабель	Умеренно пыльные	0,4	18	100
	Пыльные	0,6	25	200
	Весьма пыльные	1,0	50	400
Отвалы	Свеженаасыпанные	1,0	9	15
	Через 3 месяца после отсыпки	0,6	5	8

Площади поверхностей горных выработок рассчитываются с целью получения количества пыли, сдуваемой с них вследствие ветровой эрозии.

Объем пыли:

$$Q_{пыли}=43,2 (Шр.п.+H_y/\sin\alpha)L_\phi H_y A T q_{пыли} \gamma_B, \text{ кг} \quad (2.26)$$

где α – угол откоса уступа, град;

T – время отработки блока, сут;

$\gamma_B = 0,1$ – коэффициент измельчения горной массы;

$q_{пыли}$ – удельное пылевыведение с поверхности горных пород, кг/с.м.^2 ;

H_y – высота уступа, м;

L_ϕ – длина фронта работ, м;

$\Pi_{p.л.}$ – ширина рабочей площадки, м;

A – ширина заходки (развала горной массы), м.

Зависимость удельной $S_{уд}$ площади нарушенных земель (га/млн m^3) при экскавации горной массы от емкости ковша экскаватора с учетом производительности, высоты, радиуса черпания и разгрузки выражаются эмпирическими зависимостями:

$$\text{- выемка ЭКГ из массива:} \quad S_{уд}=4,39+22,34/E, \quad (2.27)$$

$$\text{- выемка ЭКГ из развала:} \quad S_{уд}=3,57+25,83/E, \quad (2.28)$$

$$\text{- выемка ЭГ из массива:} \quad S_{уд}=4,79+26,49/E, \quad (2.29)$$

$$\text{- выемка ЭГ из развала:} \quad S_{уд}=2,47+31,62/E, \quad (2.30)$$

$$\text{- выемка драглайном:} \quad S_{уд}=1,59+16,12/E. \quad (2.31)$$

Основными способами снижения пылеобразования при выемке и погрузке горной массы является предварительное увлажнение горной массы в массиве, а также увлажнение разрыхленной горной массы в развале и в экскаваторных забоях.

В зимний период увеличению запыленности способствует низкое естественное содержание влаги в воздухе. В условиях влажного климата при большом количестве осадков, как в летний, так и в зимний период содержание пыли в воздухе значительно уменьшается за счет связывания тонкодисперсной пыли из воздуха. Интенсивность пылевыведения роторного экскаватора составляет 11000 мг/с, экскаватора типа мехлопаты при погрузке угля – 730 мг/с.

Одним из основных источников загрязнения атмосферы при производстве горных работ являются внутрикарьерные дороги. Подсчитано, что их «вклад» в пылеобразование в отдельных случаях достигает 80 – 90% общего пылевого баланса карьеров. Запыленность воздуха в районе карьерных дорог в среднем составляет 100 мг/м³.

2.4 Типизация зон возникновения эндогенных пожаров

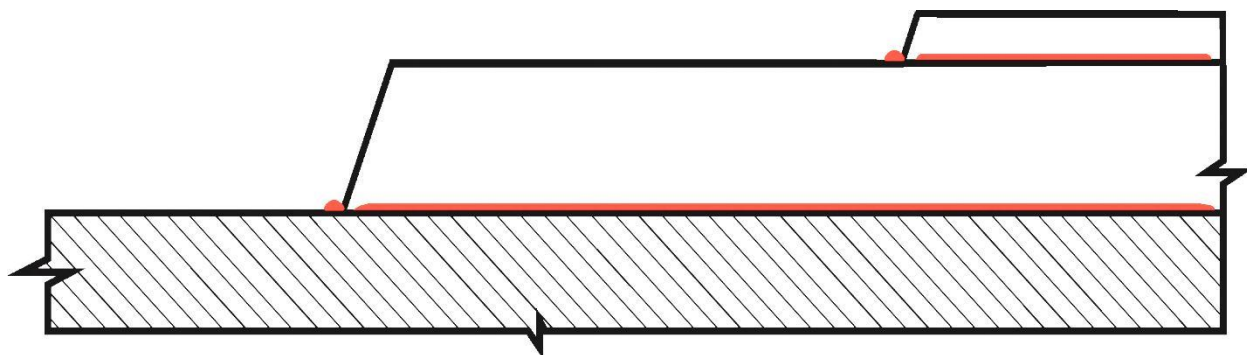
Геология месторождения определяет его способ разработки. Исследуемые разрезы разрабатываются открытым способом в связи с тем что, залегание угольных пластов горизонтальное, пологое, залегают на небольшой глубине, углы па-

дения пластов разреза Бородинский варьируется $0 - 2^\circ$, разреза Переяславский – $2 - 5^\circ$, Мугунский – $0 - 2^\circ$, Азейский – $2 - 9^\circ$, Харанорский – $0 - 8^\circ$.

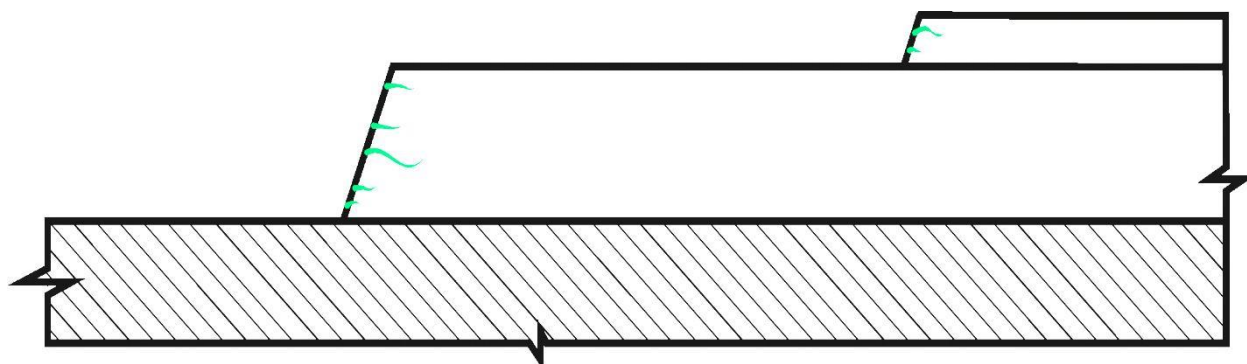
Строение рабочих пластов преимущественно сложное, для разрезов Харанорский, Мугунский и Переяславский – характерно как простое, так и сложное 2-3 пачечное строение: для разреза Бородинский характерно простое строение пластов, исключение составляет пласт Бородинский-II, со сложным 2-4 пачечным строением, пласты разреза Азейский характеризуются сложным 2-3 пачечным строением.

На основании результатов исследования особенностей влияния применяемых технологических схем на пожароопасность в условиях исследуемых разрезов выявлены зоны наиболее вероятного возникновения эндогенных пожаров.

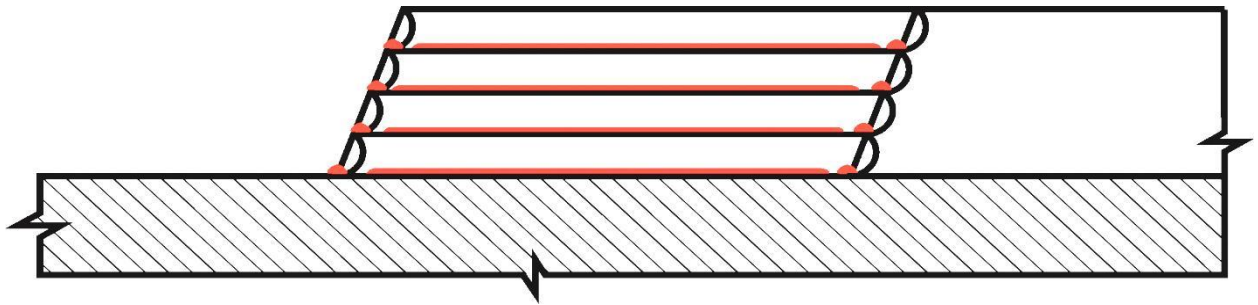
1. Возникновение эндогенных пожаров в осыпях угля, осыпавшихся с борта карьера при отработке забоя экскаватором-мехлопатой:



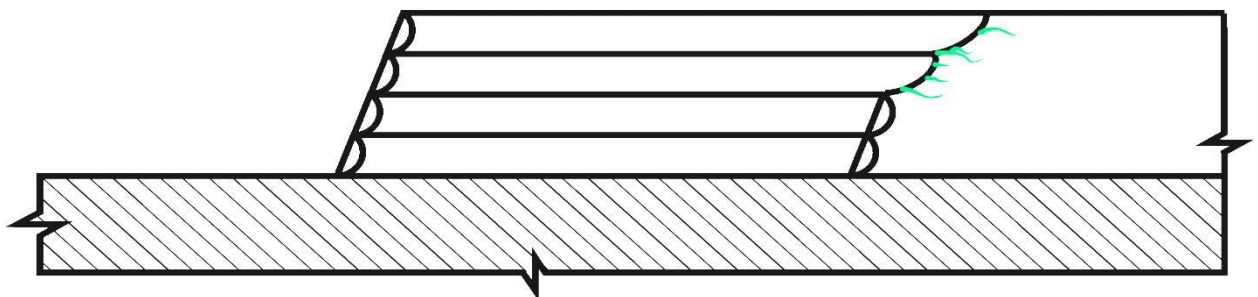
2. Возникновение эндогенных пожаров в трещинах, образовавшихся при обработке экскаватором-мехлопатой:



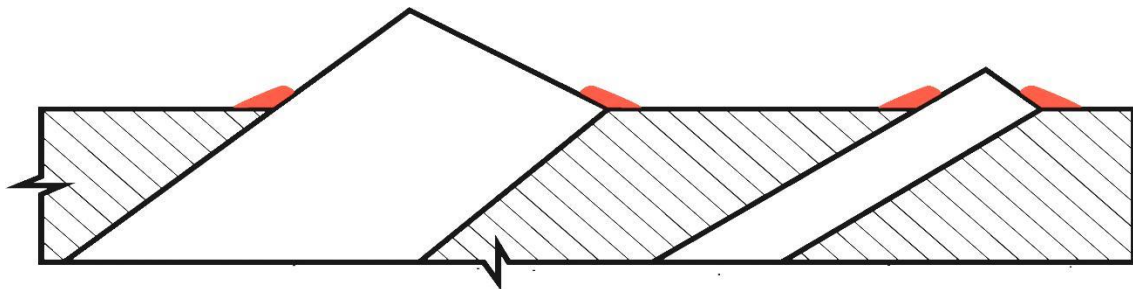
3. Возникновение эндогенных пожаров в осыпях угля на полках и почве забоя, при отработке забоя роторным экскаватором:



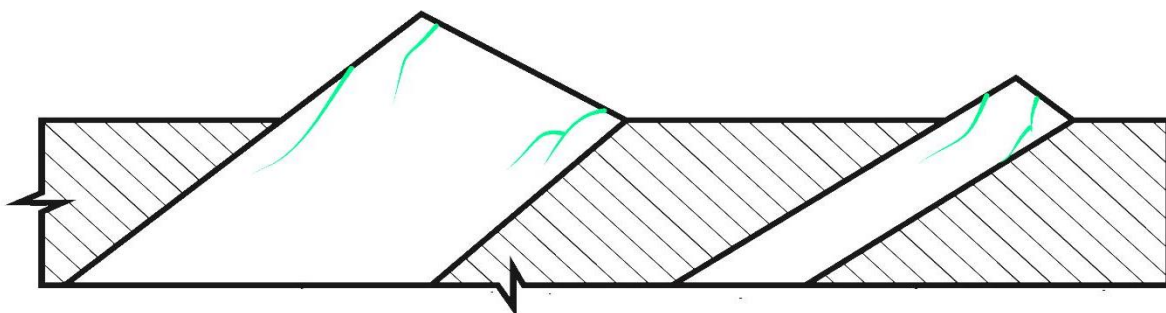
4. Возникновение эндогенных пожаров в трещинах, образовавшихся в результате оползновения парно сближенных подступов:



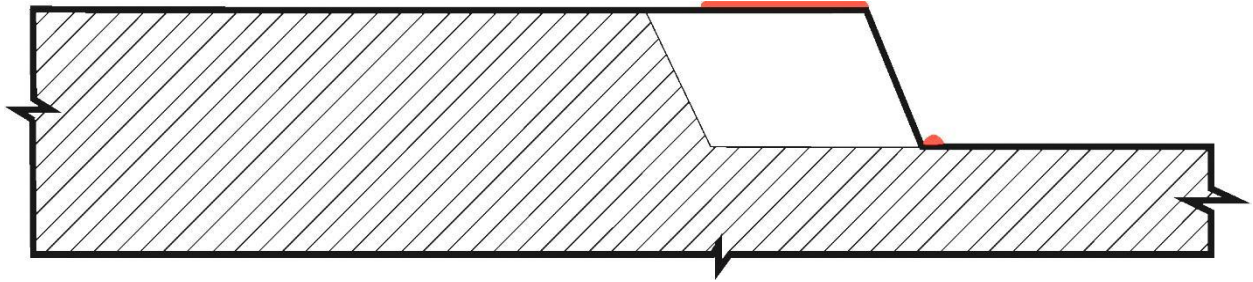
5. Возникновение эндогенных пожаров в угольной мелочи, образовавшейся в результате выветривания кондиционных и/или некондиционных целиков угля, находящихся на дневной поверхности:



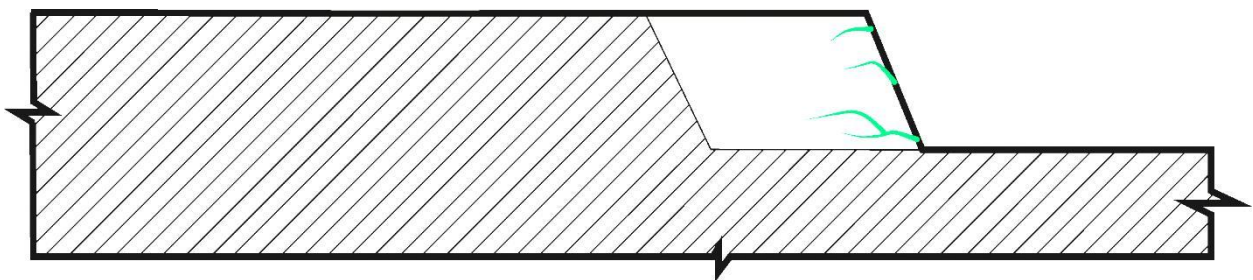
6. Возникновение эндогенных пожаров в трещинах, образованных в результате выветривания кондиционных и/или некондиционных целиков, находящихся на дневной поверхности:



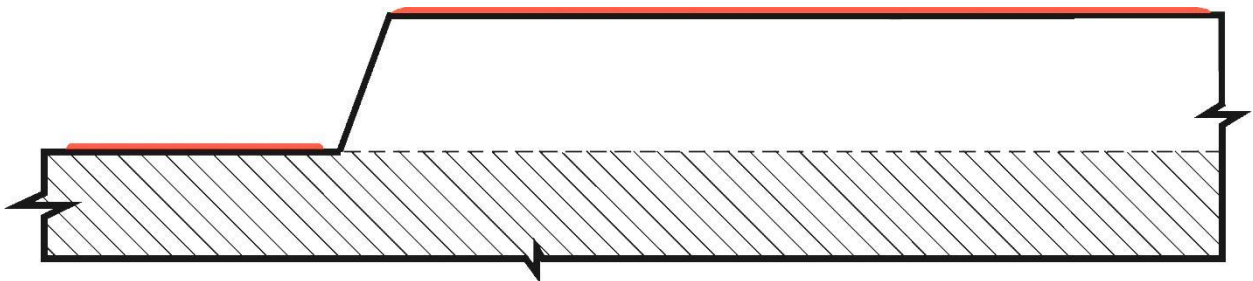
7. Возникновение эндогенных пожаров в угольной мелочи, образовавшейся в результате выветривания разрушенных целиков нерабочего борта забоя:



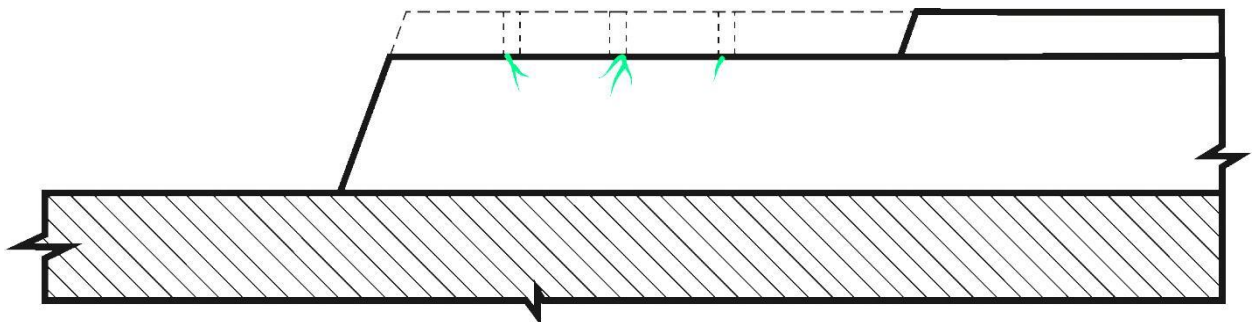
8. Возникновение пожаров в трещинах нарушенных целиках, нерабочего бора забоя:



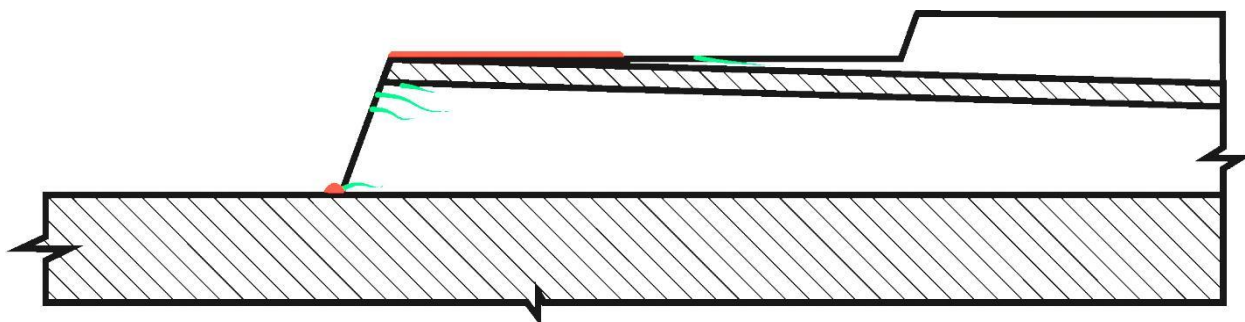
9. Возникновение эндогенных пожаров в угольной мелочи на почве и кровле забоя:



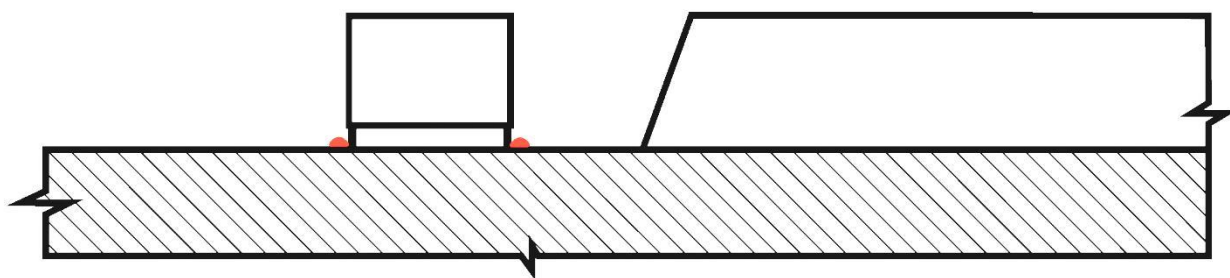
10. Возникновение эндогенных пожаров в местах возникновения трещин от проведения буро-взрывных работ:



11. Возникновение эндогенных пожаров в почве и откосах забоя на контактах угля с вмещающими породами:



12. Возникновение эндогенных пожаров в просыпях, образовавшихся в результате погрузки угля в авто и/или ж/д транспорт не зависимо от типа экскаватора:



Воздействие взрывных и сварочных работ, очагов самовозгорания, искр от локомотивов, автосамосвалов, бульдозеров, окурки и прочих внешних тепловых источников на не горящий уголь может спровоцировать экзогенный пожар. Характер такого пожара в зависимости от места возникновения, технических и химических характеристик бурого угля, климатических и технологических факторов, может иметь различный характер: на одних разрезах вероятность возникновения таких пожаров и скорость распространения очагов открытого огня по угольным обнажениям носит характер стихийного бедствия (Харанорский разрез), на других может быть незначительна (Мугунский, Азейский разрезы).

Выявлены геологические особенности месторождений Сибири, влияющие на условия самовозгорания угля. В результате анализа технологических схем добычных работ разработана типизация зон возникновения эндогенных пожаров в условиях исследуемых месторождений.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА САМОВОЗГОРАНИЯ БУРОГО УГЛЯ

3.1 Определение качества исследуемых углей

Известно, что уголь и углесодержащие породы обладают способностью сорбировать кислород из воздуха. Развивающиеся при этом окислительные процессы приводят либо к самовозгоранию, либо к выветриванию угля. Пожары, возникающие вследствие самовозгорания угля, создают опасные условия для человека, обуславливают потери полезного ископаемого, приводят к большим материальным убыткам. Зоны загрязнения очень интенсивны и определяют качество воздуха.

Пробы угля были отправлены на технический и химический анализ, в связи с тем, что качество угля напрямую влияет на пожароопасность месторождения. Объективно качество углей может быть оценено по трем-пяти показателям, в том числе: по зольности (A^d , %), содержанию влаги (W^p , %), серы ($S_{об}^d$, %), выходу летучих (V^{daf} , %), а так же теплоте сгорания на рабочую массу (Q^{daf} , ккал/кг), которая отражает фактическую энергетическую ценность топлива и учитывает наличие в нем, наряду с органической частью угля, балластных примесей, попавших в топливо с естественными природными включениями, присечной внутренней вскрышей и т.п. [99, 100, 118]. Результаты химического и технического анализов представлены в Таблице 3.1. и Таблице 3.2 и в Приложении Е и Ж.

По показателям технического анализа и элементарного состава наблюдается четкая дифференциация бурых углей по степени их углефикации (от марки 2Б до 3Б). Общим признаком углей является высокое содержание в них рабочей влаги и летучих веществ соответственно марке углей. Указанные угли имеют некоторое различие по содержанию в золе окислов железа, характеризующих степень

активности минеральной составляющей – чем выше содержание в золе углей окислов железа, тем активнее их минеральная часть. По этому критерию наиболее активными углями категории 3Б являются угли Переясловского разреза и угли с пласта II разреза Азейский, наиболее активные угли из категории 2Б – угли Харанорского месторождения с пласта Новый II и Линза, а на разрезе Бородинском угли с пласта Бородинский-1.

3.2 Определение инкубационного периода самовозгорания бурых углей в натуральных условиях

Целью исследования было воспроизведение процесса самовозгорания угля в угольных навалах для определения инкубационного периода самовозгорания в натуральных условиях.

Определение инкубационного периода самовозгорания бурых углей исследуемых разрезов Восточной Сибири проводилось на разрезе Мугунский в период с марта по октябрь 2013 года [119].

В эксперименте использовались пробы свежего угля естественной влажности, пробы представлены бурым углем в виде кусочков до 300 мм, вес пробы около 15 кг. Было отобрано 15 проб с пяти действующих пожароопасных буроугольных разрезов Восточной Сибири и Забайкальского Края.

Красноярский край. Разрез Бородинский.

На разрезе Бородинский было отобрано четыре пробы бурого угля марки Б2, с пластов: Рыбинский – 1, Рыбинский – 2, Бородинский – 1, Бородинский – 2.

- Б1 - угли с пласта Рыбинский – 1 (Рисунок 3.1);
- Б2 - угли с пласта Рыбинский – 2 (Рисунок 3.2);
- Б3 - угли с пласта Бородинский – 1 (Рисунок 3.3);
- Б4 - угли с пласта Бородинский – 2 (Рисунок 3.4).

Красноярский край. Разрез Переяславский.

На разрезе Переяславский была отобрана одна проба бурого угля марки Б3, с пласта: Мощный.

- П1 - угли с пласта Мощный (Рисунок 3.5);

Таблица 3.1

Технический анализ исследуемых углей, %

Пласт	W^r_t , %	A^d , %	V^{daf} , %	S^d_t , %	Q^{daf}_s , ккал/кг
Красноярский край					
Разрез Бородинский					
Рыбинсий-1	31,8	12,1	50,1	0,24	6922
Рыбинский-2	33,1	15,1	49,2	0,18	6888
Бородинский-1	34,0	8,1	45,7	0,35	6964
Бородинский-2	30,7	13,9	51,9	0,31	6816
Разрез Переясловский					
Мощный	30,8	9,5	49,8	0,49	7180
Иркутская область					
Разрез Мугунский					
Пласт I	20,5	15,3	48,2	1,41	7248
Пласт I A	21,6	14,9	48,9	1,20	7224
Пласт I Б	22,2	15,1	50,2	3,09	7219
Пласт II	23,1	17,2	48,1	1,31	7211
Разрез Азейский					
Пласт I	23,5	14,2	47,9	0,50	7185
Пласт II	24,0	15,1	46,7	0,61	7149
Забайкальский край					
Разрез Харанорский					
Линза	37,3	9,7	44,8	0,32	6578
Новый IА	38,6	10,3	44,0	0,38	6424
Новый IБ	40,1	12,1	44,8	0,39	6484
Новый II	39,9	8,7	45,3	0,51	6278

Таблица 3.2

Химическая характеристика зольного остатка, %

Пласт	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃
Красноярский край						
Разрез Бородинский						
Рыбинский-1	45,5	26,0	3,3	7,0	9,2	5,4
Рыбинский-2	44,6	20,5	4,9	6,9	7,5	6,2
Бородинский-1	45,9	20,9	3,5	8,1	10,4	4,3
Бородинский-2	59,2	12,3	3,1	6,2	9,9	4,4
Разрез Переясловский						
Мощный	36,7	17,5	4,5	15,2	11,9	13,3
Иркутская область						
Разрез Мугунский						
Пласт I	44,1	11,4	2,9	6,1	23,5	3,9
Пласт IА	50,8	8,7	2,4	4,6	28,7	3,0
Пласт IБ	41,9	11,2	2,8	7,1	28,7	5,7
Пласт II	47,3	12,4	2,1	8,3	21,1	7,1
Разрез Азейский						
Пласт I	42,1	10,2	1,9	12,3	26,0	4,5
Пласт II	48,5	5,5	1,5	8,1	27,3	4,1
Забайкальский край						
Разрез Харанорский						
Линза	36,9	20,7	5,9	8,0	17,1	7,6
Новый IА	44,8	16,9	4,6	7,8	17,8	5,6
Новый IБ	46,1	14,5	3,1	6,9	19,8	4,1
Новый II	36,5	21,9	6,0	8,8	14,9	9,1



Рисунок 3.1 Проба Б1



Рисунок 3.2 Проба Б2



Рисунок 3.3 Проба Б3



Рисунок 3.4 Проба Б4



Рисунок 3.5 Проба П1

Иркутская область. Разрез Мугунский.

На разрезе Мугунский было отобрано четыре пробы бурого угля марки БЗ, с пластов: I, IA, IB и II.

- М1 - угли с пласта I (Рисунок 3.6);
- М2 - угли с пласта IA (Рисунок 3.7);
- М3 - угли с пласта IB (Рисунок 3.8);
- М4 - угли с пласта II (Рисунок 3.9).

Иркутская область. Разрез Азейский.

На разрезе Азейский было отобрано две пробы бурого угля марки БЗ, с пластов: Первый и Второй.

- А1 - угли с пласта Первый (Рисунок 3.10);
- А2 - угли с пласта Второй (Рисунок 3.11).



Рисунок 3.6 Проба М1



Рисунок 3.7 Проба М2



Рисунок 3.8 Проба М3



Рисунок 3.9 Проба М4



Рисунок 3.10 Проба А1



Рисунок 3.11 Проба А2

Забайкальский край. Разрез Харанорский.

На разрезе Харанорский было отобрано четыре пробы бурого угля марки Б2, с пластов: Линза, Новый 1А, Новый 1Б, Новый 2.

- Х1 - угли с Линзы (Рисунок 3.12);
- Х2 - угли с пласта Новый 1А (Рисунок 3.13);
- Х3 - угли с пласта Новый 1Б (Рисунок 3.14);
- Х4 - угли с пласта Новый 2 (Рисунок 3.15).



Рисунок 3.12 Проба Х1



Рисунок 3.13 Проба Х2



Рисунок 3.14 Проба Х3



Рисунок 3.15 Проба Х4

Для проведения эксперимента по определению инкубационного периода самовозгорания бурых углей исследуемых разрезов в натуральных условиях, была подготовлена площадка на разрезе Мугунский.

Целью исследования было воспроизведение процесса самовозгорания угля в угольных навалах в естественных условиях.

Для этого из отобранных проб свежего угля с пяти действующих разрезов Восточной Сибири и Забайкальского края были сформированы навалы. На Рисунке 3.16 графически указано расположение проб угля. Для проведения эксперимента был выбран весенне-летний период с апрель по сентябрь 2012 года.

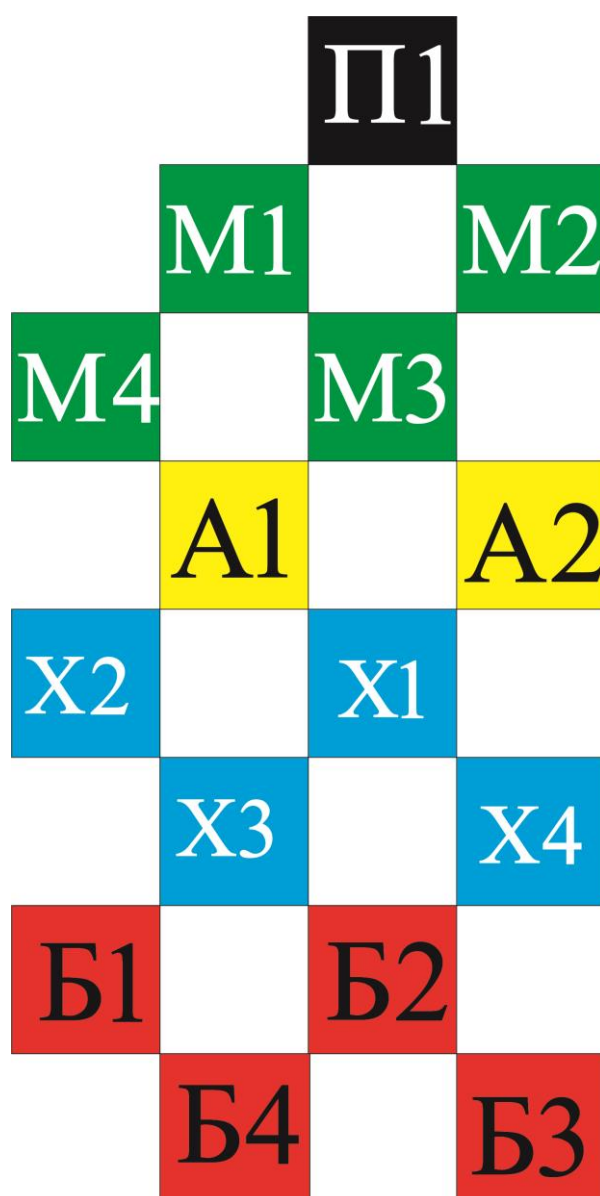


Рисунок 3.16 Графическая схема расположения проб угля.

Проба Б1. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля Б1 составил более 180 суток. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь, Рисунок 3.17. Признаков самонагрева угля не отмечено.



Рисунок 3.17 Проба угля Б1 на 180 сутки

Проба Б2. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля Б2 составил более 180 суток. На 53 сутки было отмечено парение угля Рисунок 3.18а, которое продолжалось в течение 2 дней, прекратилось в связи с выпадением осадков. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь, Рисунок 3.18б.



а)



б)

Рисунок 3.18 Проба угля Б2: а) на 53 сутки. б) на 180 сутки

Проба Б3. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля Б3 составил 25 суток. На 20 суток было отмечено парение угля, которое продолжалось в течение 5 дней; на 25 сутки произошло самовозгорание угольного навала

Рисунок 3.19а, проба практически полностью выгорела за 7 часов Рисунок 3.19б, на конец эксперимента проба угля представляла собой небольшое количество угольной мелочи Рисунок 3.19в.



а)



б)



в)

Рисунок 3.19 Проба угля БЗ: а) на 25 суток. б) на 25 суток, через 7 часов после начала самовозгорания. в) на 180 суток

Проба Б4. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля Б4 составил 47 суток. На 46 суток было отмечено парение угля, которое продолжалось в течение 1 суток Рисунок 3.20а, в результате выгорела центральная часть навала Рисунок 3.20б. На 68 суток было отмечено парение в другой части навала Рисунок 3.20в, которое прекратилось через 3 часа в связи с выпадением осадков. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь.



а)



б)



в)

Рисунок 3.20 Проба угля Б4: а) на 47 суток. б) на 49 суток. в) на 68 суток

Проба П1. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля П1 составило 79 суток. На 77 суток было отмечено парение угля Рисунок 3.21а, которое

продолжалось в течение 2 дней, на 79 сутки произошло самовозгорание угольного навала Рисунок 3.21б, проба частично выгорела и на конец эксперимента представляла собой угольную мелочь.



а)



б)

Рисунок 3.21 Проба угля П1: а) на 77 сутки. б) на 79 сутки

Проба М1. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля М1 составил 85 суток. На 82 сутки было отмечено парение угля Рисунок 3.22а, которое продолжалось в течение 3 дней, на 85 сутки произошло самовозгорание угольного навала Рисунок 3.22б, проба частично выгорела и на конец эксперимента представляла собой угольную мелочь Рисунок 3.22в.



а)



б)



в)

Рисунок 3.22 Проба угля М1: а) на 82 сутки. б) на 85 сутки. в) на 180 сутки

Проба М2. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля М2 составил более 180 суток. На 62 сутки было отмечено парение угля Рисунок 3.23а, которое продолжалось в течение 3 дней, прекратилось в связи с выпадением осадков. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь, Рисунок 3.23б.



а)



б)

Рисунок 3.23 Проба угля М2: а) на 62 сутки. б) на 180 сутки

Проба М3. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля М3 составило более 180 суток. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь, Рисунок 3.24. Признаков самонагревания не отмечено.



Рисунок 3.24 Проба угля М3. На 180 сутки

Проба М4. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля М4 составило более 180 суток. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь, Рисунок 3.25. Признаков самонагревания не отмечено.



Рисунок 3.25 Проба угля М4. на 180 сутки

Проба А1. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля А1 составил более 180 суток. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь, Рисунок 3.26. Признаков самонагревания не отмечено.



Рисунок 3.26 Проба угля А1, на 180 сутки

Проба А2. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля А2 составило более 180 суток. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь, Рисунок 3.27. Признаков самонагревания не отмечено.



Рисунок 3.27 Проба угля А2, на 180 суток.

Проба Х1. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля Х1 составило более 180 суток. На 71 сутки было отмечено парение угля Рисунок 3.28а, которое продолжалось в течение 3 дней, прекратилось в связи с выпадением осадков. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь, Рисунок 3.28б.



а)



б)

Рисунок 3.28 Проба угля Х1. а) на 71 сутки. б) на 180 суток

Проба Х2. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля Х2 составил более 180 суток. На 49 сутки было отмечено парение угля Рисунок 3.29а, которое продолжалось в течение 1 суток, после прекратилось Рисунок 3.29б. На 168 сутки было отмечено парение в другой части навала Рисунок 3.29в, которое прекратилось через 10 часов в связи с выпадением осадков. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь.



а)



б)



в)

Рисунок 3.29 Проба угля Х2: а) на 49 сутки. б) на 50 сутки. в) на 168 сутки

Проба Х3. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля Х3 составило более 180 суток. На конец эксперимента проба представляла собой угольную мелочь, Рисунок 3.30. Признаков самонагрева не отмечено.



Рисунок 3.30 Проба угля Х3, на 180 сутки

Проба Х4. Инкубационный период самовозгорания для пробы угля Х4 составило 54 суток. На 53 сутки было отмечено парение угля Рисунок 3.31а, которое

продолжалось в течение 1 суток, на 54 сутки произошло самовозгорание угольного навала, проба частично выгорела и на конец эксперимента представляла собой угольную мелочь Рисунок 3.31б.



а)



б)

Рисунок 3.31 Проба угля Х4: а) на 53 сутки. б) на 180 сутки.

Результаты эксперимента по определению инкубационного периода самовозгорания бурых углей Восточной Сибири и Забайкалья в натуральных условиях сведены в Таблице 3.3. и в Приложении И. Из этих данных следует следующее:

Наиболее химически активными являются угли Бородинского разреза, пластов Бородинский I – инкубационный период самовозгорания составил 25 суток, Бородинский II – 47 суток; угли пласта Новый II с разреза Харанорский – 54 суток; инкубационный период самовозгорания углей с разреза Переясловский составил 79 суток; угли Пласта I с разреза Мугунский – 85 суток.

Шесть проб за время эксперимента не показали признаков парения или самовозгорания. Это угли Азейского разреза с пластов I и II; угли разреза Бородинский – пласт Рыбинский I; угли разреза Мугунский – с пластов IB и II; угли разреза Харанорский с пласта Новый IB.

Все угли за время проведения эксперимента подверглись эрозии, и на конец эксперимента представляли собой угольную мелочь.

На процесс самовозгорания большое влияние оказывает фильтрация воздуха к скоплению окисляющегося материала. Поэтому профилактика самовозгорания связана с изоляцией самонагревающейся или горячей горной массы для того, чтобы не допустить притока свежего воздуха.

Таблица 3.3

Результаты определения инкубационного периода
самовозгорания бурых углей Сибири

проба	Инкубационный период самовозгорания	Парение угля наблюдалось	Самовозгорание
Красноярский край:			
Разрез Бородинский			
Б1	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
Б2	Более 180 суток	На 53 сутки	Не произошло
Б3	25 суток	На 20 сутки	На 25 сутки
Б4	47 суток	На 46 и 68 сутки	На 47 сутки
Разрез Переясловский			
П1	79 суток	На 77 сутки	На 79 сутки
Иркутская область:			
Разрез Мугунский			
М1	85 суток	На 82 сутки	На 85 сутки
М2	Более 180 суток	На 62 сутки	Не произошло
М3	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
М4	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
Разрез Азейский			
А1	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
А2	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
Забайкальский край:			
Разрез Харанорский			
Х1	Более 180 суток	На 71 сутки	Не произошло
Х2	Более 180 суток	На 49 и 168 сутки	Не произошло
Х3	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
Х4	154 суток	На 53 сутки	На 54 сутки

Более мелкие фракции угля химически более активны. Большое влияние на процесс самовозгорания оказывает теплоотдача скоплений разрыхленного угля. Теплоотдача происходит в основном за счет конвекционного выноса тепла, проходящего через эти скопления воздуха. Фильтрация воздуха происходит благодаря скоростному напору ветра в разрезе, а также естественной тяги, вызываемой разностью температуры и плотности воздуха внутри и снаружи скоплений.

С уменьшением скорости движения воздуха теплоотдача конвекцией снижается, а значит и возрастает опасность самовозгорания. Поэтому увеличение скоплений разрыхленного угля обуславливает большую скорость их нагрева и более быстрое самовозгорание, поскольку в больших скоплениях замедляется теплоотдача.

3.3 Определение инкубационного периода самовозгорания бурых углей в лабораторных условиях

Целью исследования было воспроизведение процесса самовозгорания бурых углей Восточной Сибири и Забайкальского края в строго контролируемых условиях для определения инкубационного периода самовозгорания для наиболее опасных (экстремальных) условий, по методике Щадова И.М. [119, 125].

Методика проведения эксперимента: навеска угля помещается в сосуд Дьюара, который устанавливается в термостат. В термостате поддерживается температура на уровне $0,5^{\circ}\text{C}$, ниже фактической температуры угля. Сосуд закрывается пробкой, через которую проходят две трубки для подачи и отвода воздуха, а также термометр для замера температуры угля. Воздух попадает из баллона через осушитель. С помощью редуктора скорость воздуха измеряется в необходимых пределах и замеряется реометром. Перед поступлением воздуха в сосуд он принимает температуру угля, проходя по трубкам, установленным в термостате. Воздух пропусклся через уголь со скоростью, обеспечивающей максимальный нагрев. При этом концентрация кислорода в исходящей струе составляла не менее 10%.

Контролируются следующие параметры: температура угля, состав входящего и исходящего воздуха (O_2 , CO , CH_4 и влага).

В эксперименте использовались пробы свежего угля естественной влажности с размером зерен 0 – 3 мм и массой 100 грамм, отобранные с пяти рассматриваемых месторождений бурого угля.

Динамика процесса самонагрева исследуемых углей представлена на Рисунке 3.32. На них хорошо видно, что сначала происходит равномерное нагревание угля; затем скорость разогревания значительно увеличивается; происходит испарение влаги. Увеличение скорости нагрева угля нужно считать критерием достижения опасной стадии самонагрева бурого угля, который способствует интенсивному окислению угля и его самовозгоранию, а время достижения этой стадии самонагрева служит критерием оценки склонности угля к самовозгоранию.

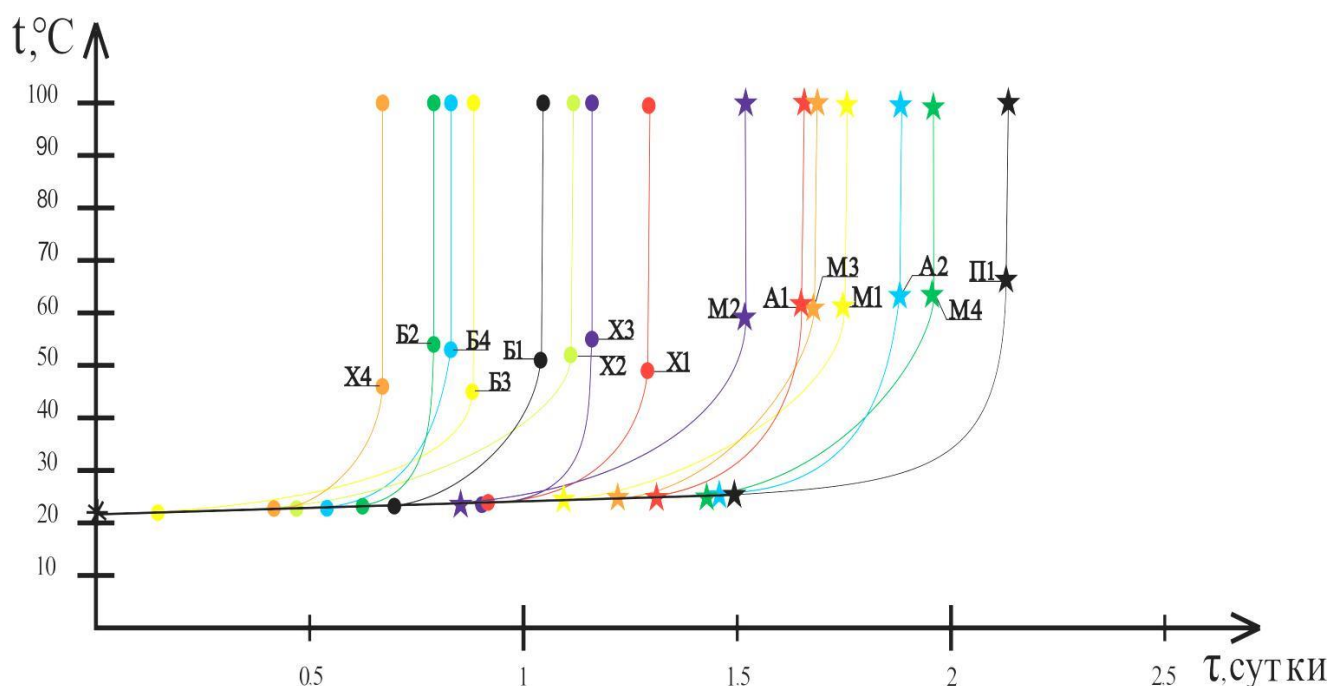


Рисунок 3.32 Динамика процесса самонагрева угля

Время соответствует инкубационному периоду самовозгорания угля, а критическая температура – возрастающей скорости самонагрева.

Продолжительность инкубационного периода и критическая температура для исследуемых углей представлена в Таблице 3.4. и в Приложении К.

Из Рисунка 3.32 следует, что угли Бородинского и Харанорского разрезов самовозгораются в интервале температур от 45 до 55 °С, пробы бурого угля БЗ, Х4 и Х1 самовозгораются при более низкой температуре до 50°.

Наименьшее время необходимое для самовозгорания навески угля требуется для пробы Х4 всего 16 часов, в то время как для остальных проб углей с данного разреза характерно более длительное количество времени. Влияние может оказывать более высокое содержание окислов железа в пробе Х4, по сравнению с остальными пробами с данного разреза. Пробы угля с разреза Бородинский самовозгораются в интервале времени от 19 до 25 часов, пробы угля с разреза Харанорский от 26 до 30 часов, исключение проба Х4 – 16 часов.

Из Рисунка 3.32 следует, что для углей категории 3Б необходимо большее время и большие температуры для того, чтобы проба угля достигла стадии самовозгорания. Наибольшее время и температура потребовалась для пробы с разреза Переясловский, 66 °С и 51 час. Остальные пробы показали примерно одинаковые результаты в интервале температур от 61 до 63 °С при промежутке времени от 39 до 47 ч. Наименьшая температура и время показала проба М2 59 ° С за 36 ч.

Результаты экспериментальных исследований инкубационного периода самовозгорания бурых углей Восточной Сибири и Забайкальского края позволяют сделать следующие выводы: в реальных условиях исследуемые процессы сопровождаются рассеиванием части генерируемой теплоты в окружающую среду, влияние на процессы так же оказывают климатические факторы. Различная продолжительность инкубационного периода самовозгорания угля в навалах объясняется неодинаковой интенсивностью рассеивания теплоты, которая накапливается в скоплении. Значительная часть теплоты расходуется на нагрев воздуха, проходящего через скопления. Чем меньше размер навала, тем интенсивнее в нем циркуляция воздуха: она, с одной стороны обеспечивает вынос тепла из единицы объема угля, а с другой способствует интенсивному окислению угля в навале.

Таблица 3.4

Критическая температура и инкубационный период самовозгорания
бурых углей Сибири полученные экспериментальным путем

Проба	Критическая температура, $t_{кр.}, ^\circ\text{C}$	Инкубационный период самовозгорания, $\tau_{инк.}, \text{сут.}$
Красноярский край:		
Разрез Бородинский		
Б1	51	1,04
Б2	54	0,79
Б3	45	0,88
Б4	53	0,83
Разрез Переясловский		
П1	66	2,13
Иркутская область:		
Разрез Мугунский		
М1	61	1,75
М2	59	1,52
М3	61	1,68
М4	63	1,96
Разрез Азейский		
А1	61	1,65
А2	63	1,88
Забайкальский край:		
Разрез Харанорский		
Х1	49	1,29
Х2	52	1,11
Х3	55	1,16
Х4	46	0,67

Величина инкубационного периода самовозгорания исследуемых углей по данным наблюдений колеблется от 25 суток, в зависимости от физико-химических свойств угля, размеров скоплений, метеорологических факторов и прочего, после чего либо происходит возгорание, либо по причине климатических и прочих факторов процесс стабилизируется и нагревания не происходит.

По показателям технического анализа и элементарного состава наблюдается четкая дифференциация углей по степени их углефикации от марки 2Б до 3Б.

Для лабораторной пробы при достижении критической температуры процесс самонагрева приобретает необратимый характер и завершается самовозгоранием.

Как показывают полученные данные Таблицы 3.5, инкубационный период и критическая температура самонагрева изменяются в зависимости от степени углефикации угля. Определено что, чем меньше зольность угля, тем быстрее он самовозгорается, это объясняется тем, что более химически чистые образцы угля, являются более химически активными.

Из экспериментальных исследований по определению инкубационного периода самовозгорания бурых углей исследуемых разрезов в натуральных условиях следует, что наиболее химически активными являются угли Бородинского разреза, пластов Бородинский I, Бородинский II; а также угли пласта Новый II с разреза Харанорский; угли разреза Переясловский; угли Пласта I с разреза Мугунский.

Показатели зольности пласта Бородинский-1 самые низкие, по сравнению с другими пробами, кроме этого в пробе содержалось большое количество окислов железа, что в общем характеризует данный пласт как наиболее химически активный по сравнению с остальными, в натуральных условиях инкубационный период самовозгорания для данного пласта составил наименьшее значение – 25 суток. Лабораторные исследования показали, что данная проба самовозгорается уже при 45 ° C за 0,88 суток.

Таблица 3.5

Данные, полученные в ходе проведенных экспериментов

Пласт	A^d , %	$\tau_{\text{инк. н.у.}}$, сут	$\tau_{\text{инк. л.у.}}$, сут	t, °C
Красноярский край				
Разрез Бородинский				
Бородинский-1	8,1	25	0,88	45
Рыбинский-1	12,1	>180	1,04	51
Бородинский-2	13,9	47	0,83	53
Рыбинский-2	15,1	>180	0,79	54
Разрез Переясловский				
Мощный	9,5	79	2,13	66
Иркутская область				
Разрез Мугунский				
Пласт I А	14,9	>180	1,52	59
Пласт I Б	15,1	>180	1,68	61
Пласт I	15,3	85	1,75	61
Пласт II	17,2	>180	1,96	63
Разрез Азейский				
Пласт I	14,2	>180	1,65	61
Пласт II	15,1	>180	1,88	63
Забайкальский край				
Разрез Харанорский				
Новый II	8,7	54	0,67	46
Линза	9,7	>180	1,29	49
Новый IА	10,3	>180	1,11	52
Новый IБ	12,1	>180	1,16	55

Из экспериментальных исследований по определению инкубационного периода самовозгорания бурых углей исследуемых разрезов в лабораторных условиях следует, что наиболее химически активны угли Харанорского разреза – пласта Новый II, угли пласта Бородинский-1 – разреза Бородинский, из углей категории 3Б наиболее активны угли с пласта I А разреза Мугунский.

Из экспериментальных исследований также следует, что температура возгорания для углей категории 2Б была на 5 – 10 градусов ниже, чем у углей категории 3Б. Это объясняется тем, что теплота сгорания на рабочую массу угля у углей категории 3Б выше, чем у углей категории 2Б.

Определен инкубационный период самовозгорания в натуральных и лабораторных условиях для каждого разрабатываемого пласта угля на исследуемых разрезах. При моделировании критических условий самовозгорания в лабораторных условиях, с применением продувки через пробу угля кислорода воздуха, инкубационный период самовозгорания составляет от 0,67 до 1,29 суток для углей категории 2Б, и от 1,52 до 2,13 суток для углей категории 3Б. Определена зависимость пожароопасности от степени метаморфизма.

4 МЕРОПРИЯТИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ САМОВОЗГОРАНИЯ И ТУШЕНИЮ БУРЫХ УГЛЕЙ СИБИРИ

4.1 Определение необходимой концентрации компонентов антипирогенного состава для профилактики самовозгорания углей разреза Бородинский им. М.И. Щадова

Антипирогены это вещества, препятствующие возгоранию угля, действие которых состоит в том, что они замедляют процесс окисления или препятствуют переходу окисления в процесс горения [14, 104, 105, 119, 124, 125].

По механизму действия разделяются на пять групп:

1. Химическое ингибирование реакции окисления, т. е. уменьшение скорости этих реакций. Антипирогены приводят в неактивное состояние молекулы реагирующих веществ.
2. Блокировка горючих материалов различными веществами путем нанесения их на поверхность.
3. Блокировка пор в угле путем заполнения их соответствующей жидкостью, это затрудняет диффузию кислорода внутрь куска угля.
4. Изолирующие покрытия трещиноватых целиков. Принципиальное отличие этой группы от 3 состоит в том, что в этом случае покрытие препятствует не диффузии кислорода, а фильтрации воздуха через угольный целик.
5. Тампонаж трещин, который достигается путем нагнетания в шпуры различных растворов.

В последнее время к антипирогенам стали причислять пленочные покрытия кусков угля, растворы извести, глины и другие вещества, тампонирующие трещины.

В окислительно-восстановительных процессах принимает участие как органическая, так и минеральная масса, что определяет общие требования к антипирогенам:

- дезактивирующее действие должно оказываться на органическую и минеральную части;
- для эффективного воздействия антипирогенный состав должен иметь максимальную смачивающую и проникающую способность;
- компоненты антипирогенного состава должны быть технологичны в приготовлении и использовании, совместимы;
- иметь невысокую стоимость;
- быть нетоксичными;
- иметь длительные сроки хранения.

Для промышленного испытания рекомендуется состав



Применяемый в эксперименте антипирогенный состав показал хорошие результаты на разрезах Харанорский, Азейский и др., они описаны в работах Щадова И.М. [125].

Для исследования был выбран разрез Бородинский, в связи с тем, что тушение возгораний бурого угля осуществляется только водой, без применения антипирогенных составов, что не всегда является эффективным.

Целью исследования было определение необходимой концентрации антипирогенного состава, для профилактики самовозгорания бурого угля с разреза Бородинский.

Имеет следующий состав:

- собственно антипироген – фосфорная кислота, активно воздействует на зону автоокисления;
- поверхностно-активное вещество (ПАВ), способствует проникновению состава в глубину материала и его смачиванию. Смачиванию наиболее активно способствует, при применении фосфорной кислоты, ионогенные ПАВ, в нашем случае используется катионоактивный класс;
- вода.

Фосфорная кислота является перспективным антипирогеном, поскольку способна дезактивировать как органическую, так и минеральную массу углей,

кроме этого стабильна, нетоксична, относительно дешева, технологична в использовании. Создаваемая ею кислая среда значительно облегчает смачивание углей раствором ПАВ.

Для промышленной проверки эффективности антипирогенного состава на основе фосфорной кислоты и ПАВ, были проведены испытания на разрезе Бородинский, по методике Щадова И.М., с целью определения достаточной концентрации ПАВ.

На почве пласта Бородинский-I были сформированы штабели угля объемом 500 м^3 :

- 1 штабель – контрольный, из свежего не обработанного угля с пласта Бородинский-I.
- 2 штабель – экспериментальный 1, свежий уголь был обработан 5 % раствором фосфорной кислоты с добавкой 0,5 % ПАВ.
- 3 штабель – экспериментальный 2, свежий уголь был обработан 5 % раствором фосфорной кислоты с добавкой 1 % ПАВ.
- 4 штабель – экспериментальный 3, свежий уголь был обработан 5 % раствором фосфорной кислоты с добавкой 1,5 % ПАВ.
- 5 штабель – экспериментальный 4, свежий уголь был обработан 5 % раствором фосфорной кислоты с добавкой 2 % ПАВ.

В каждый штабель на глубину 1,0 м были помещены термодатчики для измерения температуры в процессе хранения угля. Температура угля в исследуемых штабелях на первый день эксперимента составляла 15°C .

В результате наблюдений, была установлена существенная разница в динамике изменения температуры, а именно: в контрольном штабеле температура непрерывно возрастала, в то время как в экспериментальных, обработанных антипирогенными составами, температура оставалась практически стабильной, либо незначительно снизилась.

В результате наблюдений была установлена существенная разница в динамике изменения температуры (Рисунок 4.1 и Приложение К): в контрольном штабеле температура непрерывно возрастала, что привело к самовозгоранию кон-

трольного штабеля на 21 сутки; второй штабель, обработанный раствором с содержанием ПАВ 0,5 %, возгорелся на 73 сутки; третий штабель, обработанный раствором с содержанием ПАВ 1,0 %, возгорелся на 101 сутки; в четвертом и пятом штабелях в течении 180 суток возгорание не произошло.

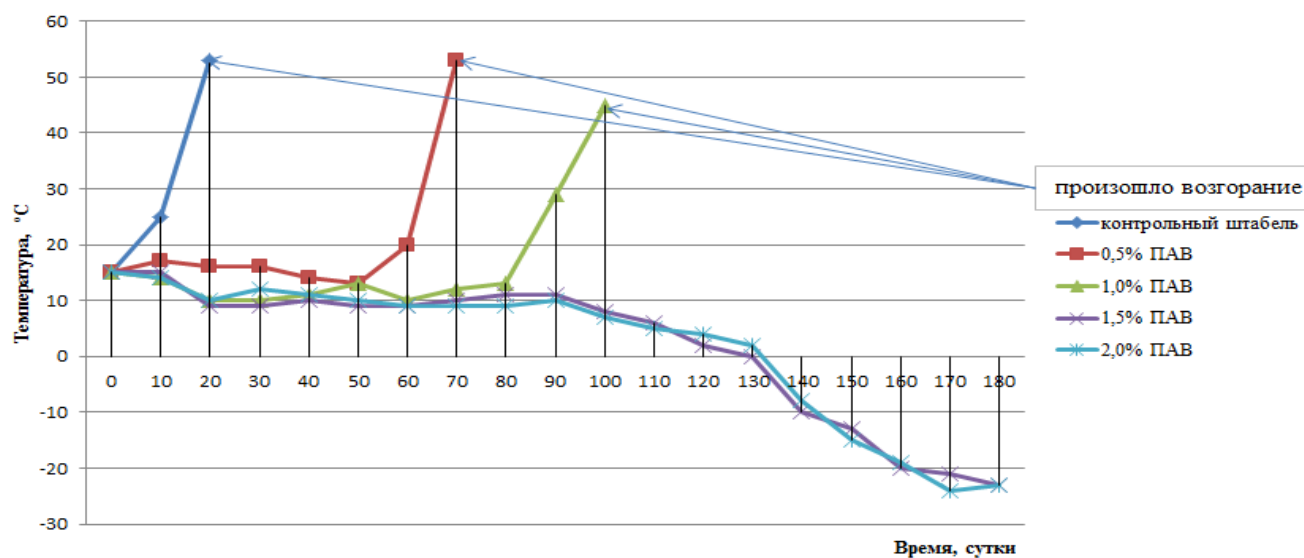


Рисунок 4.1 Диаграмма изменения температуры в исследуемых штабелях бурых углей

Таким образом применение раствора H_3PO_4 (5%) + ПАВ (0,5%) + H_2O дает необходимый профилактический результат.

Апробация предложенного антипирогенного состава на разрезе Бородинский в течение года привела к увеличению инкубационного периода самовозгорания обработанных данным составом вскрытых запасов угля. Применение антипирогенного состава для профилактики самовозгорания бурых углей пласта Бородинский-I при удельном расходе от 0,01 до 0,03 м³ на 1 м³ покрываемой площади позволило увеличить инкубационный период самовозгорания в 2,3 раза. Получен экономический эффект в размере 11,2 млн рублей (Приложение Н).

Противопожарную профилактику при поверхностном покрытии угля антипирогенным составом целесообразно проводить распылением состава с помощью пожарного оборудования.

В распоряжении разреза Бородинский есть следующее оборудование:

- Пожарный поезд:

Гидропоезд состоит из 4 платформ: 2 платформы с цистернами объемом по 60 м³; 2 платформы с цистернами объемом по 25 м³; размещен насос и бензиновым приводом и гидромонитором (напор 1,4 Мпа, дальность струи 50 м)

- Поливочные машины:

БелАЗ-7648 (2 шт) и КрАЗ (3 шт), емкость баков 32 и 9 м³ соответственно, Гидромонитор (БелАЗ) имеет напор 0,78 Мпа, дальность струи 50 м.

При зачистке кровли вскрытого угля на пластах Рыбинский-1, Рыбинский-2, Бородинский-1, Бородинский-2 в случае, если время взаимодействия с воздухом зачищенного угля, породно-угольных навалов превышает продолжительность инкубационного периода, следует производить орошение антипирогенами верхнего слоя кровли угольного зачищенного пласта и поверхности породно-угольных навалов, антипирогенным составом H_3PO_4 (5%) + ПАВ (0,5%) + H_2O . Обработку орошением рекомендуется проводить путем однократного, или двукратного (с интервалом в одну неделю) нанесения антипирогена на профилактируемую поверхность.

При первичной обработке смачивание антипирогеном должно производиться равномерно по всей площади защищаемой поверхности угольного обнажения, из расчета 5 – 8 л/м³. При повторном нанесении удельный расход антипирогена снижается до 4 – 5 л/м³.

После каждого продолжительного периода дождей (более 3 – 5 дней) требуется обновление защитной пленки антипирогена.

4.2 Определение необходимой концентрации огнетушащего аэрозоля СБК-2М для ликвидации процесса самовозгорания бурых углей Сибири в лабораторных условиях

Аэрозолеобразующие огнетушащие составы являются разновидностью газопорошковых систем [119]. К настоящему времени разработано и продолжает разрабатываться значительное количество аэрозолеобразующих огнетушащих составов. В состав огнетушащих аэрозолей входят следующие компоненты:

- азотосодержащие органические вещества для повышения газопроизводительности, огнетушащей способности и снижения температуры аэрозоля;

- металлический порошок для интенсификации горения;
- карбонаты, хлориды калия и натрия для снижения температуры аэрозоля;
- хроматы калия и аммония для интенсификации процесса горения.

Состав СБК-2М ТУ 08-192-33-91 по своей огнетушащей эффективности в 5-6 раз превышает все известные огнетушащие средства, в т.ч. огнетушащие порошки и хладоны.

Основными токсичными компонентами огнетушащего аэрозоля СБК-2М являются CO , N_xO_y , HNC , Cl . Твердые частицы огнетушащего аэрозоля представленные различными соединениями калия и натрия имеют достаточно высокую растворимость в воде; в тропосфере и они служат центрами конденсации влаги и вымываются дождями, поэтому КОД для них применяется равным нулю. Из газообразных соединений наиболее озоноопасными являются соединения NO_x и HNC , в составе аэрозоля их содержится не более 10^{-2} и 10^{-3} объема продуктов сгорания, их КОД, в сравнении с хладами, составляет на два-три порядка меньше. В следствие чего, данный аэрозоль является экологически безопасным.

Механизм огнетушащего действия аэрозолеобразующего состава состоит в подавлении очагов горения в условиях возникновения пожара или предотвращение пожара по принципу действия относится к объемному способу комбинированного газового и порошкового пожаротушения.

Основные физико-химические показатели состава СБК-2М представлены в Таблице 4.1.

Целью исследования было определение необходимого количества огнетушащего аэрозоля СБК – 2М для тушения углей исследуемых разрезов в лабораторных условиях.

По методике С.П. Амелчугова [10], пробы свежего угля (Приложения А – Д) измельчались до фракции 0+5. Пробу массой 1 кг помещали в сушильный шкаф, разогретый до 300 °С, выдерживали до возникновения признаков самовозгорания. После появления обильного дымовыделения пробу помещали в реакционную камеру, где поднимали температуру пробы до 150 °С (Рисунок 4.2). После чего воспламеняли состав огнетушащего аэрозоля СБК-2М массой 5 – 20*10⁻³

кг/м³, полученную аэрозольную смесь продували через слой угля. Контроль за температурой осуществлялся по показателям потенциометра. Подача аэрозоля прекращалась при фиксации снижения температуры навески. Эксперимент прекращался при снижении температуры в центре сосуда до 30 °С. Результаты представлены в Таблице 4.2.

Таблица 4.2

Основные физико-химические свойства состава СБК-2М

Наименование показателя	Значение
Внешний вид огнетушащего заряда	Цилиндрическая шашка темно-серого цвета
Плотность, кг/м ³ , не менее	1550
Скорость горения, мм/с	2,0
Виброустойчивость, гц	40-200
Температура эксплуатации, °С	±70
Срок годности, лет не менее	10
Огнетушащий удельный расход, кг/м ³	До 0,06
Масса заряда огнетушащих веществ в устройстве, кг	0,1-14
Масса устройства с огнетушащим веществом, кг	0,25-20,0

Во всех опытах подача огнетушащего аэрозоля в концентрации от 1 до 1,5 % от объема угольной пробы приводила к прекращению горения. Обобщенный график изменения температуры при тушении аэрозолем представлен на Рисунке 4.3. На графике отчетливо видно, что после введения аэрозоля, температура стремительно снижалась, характерно, что для углей категории 3Б потребовалось большее количество аэрозольной смеси, чем для углей категории 2Б, это объясняется тем, что угли категории 3Б имеют более высокую теплоту сгорания, и, как следствие, им необходима несколько большая концентрация огнетушащего вещества.

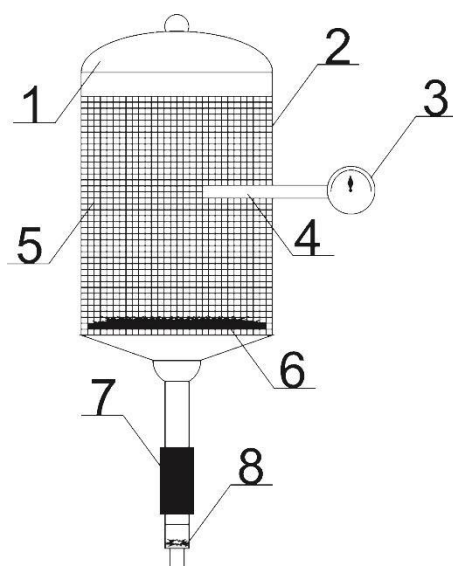


Рисунок 4.2 Прибор для исследования влияния аэрозольных составов:

- 1 – крышка; 2 – корпус; 3 – потенциометр; 4 – термопара;
 5 – сетка; 6 – исследуемый образец угля;
 7 – заряд огнетушащего состава; 8 – электровоспламенитель.

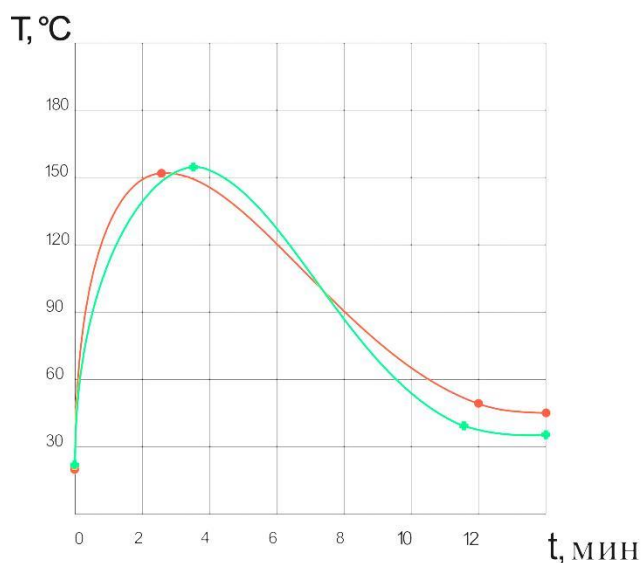


Рисунок 4.3 График изменения температуры пробы угля при тушении аэрозолем.

Обобщенный. Красный график характерен для углей 2Б;
 Зеленый график – характерен для углей 3Б

При сгорании СБК-2М в объем выделяется аэрозоль, состоящий из частиц со средним размером 1 – 5 мкм соединений калия и негорючих газов, паров. Такой аэрозоль в течении десятков минут сохраняет высокую стабильность задаваемой концентрации, обладает высокой проникающей способностью, закупоривая поры угля, не дает доступа кислорода воздуха, в результате окисление прекращается, снижается температура угля, горение прекращается.

Во всех опытах подача огнетушащего аэрозоля СБК-2М в концентрации от $10 \cdot 10^{-3}$ до $15 \cdot 10^{-3}$ кг/м³ приводила к прекращению горения (Таблица 4.2 и Приложение М). Из табл. 2 следует, что для углей категории 3Б потребовалось большее количество аэрозольной смеси, чем для углей категории 2Б, так как угли категории 3Б имеют более высокую теплоту сгорания.

4.3 Профилактические меры с использованием инертных пород

При отсутствии антипирогенов предпринимаются профилактические меры с использованием инертных пород.

Требования к инертным материалам:

1. Не должны содержать горючие компоненты, не быть токсичными, не являться абразивными веществами.
2. Породы должны состоять из не менее чем 30 % мелких фракций, от 0 – 13 мм, остальные не должны превышать 300 мм в поперечнике.
3. Должны разрушаться под действием атмосферных факторов и уплотняться, что способствует снижению воздухопроницаемости изолирующего покрытия.

Цель эксперимента: определение необходимой мощности изоляции инертными материалами для предупреждения самовозгорания породугольных отвалов на разрезе Харанорский. Эксперимент проводился в течении 12 месяцев с марта 2011 по апрель 2012 года [119].

В связи с тем, что на разрезе Харанорский присутствуют пласты угля незначительной мощности 0,1 – 2,0 м, которые не отрабатываются (Рисунок 4.4), а поступают в отвал, проблема пожаров в отвальной массе является актуальной (Рисунок 4.5). Горящие породные отвалы выделяют от 5,3 до 22,6 кг/год оксида углерода на 1 т породы, а выделение газов с удельной поверхности такого породного отвала составляет 180 м³/ч.

Были сформированы 4 породно-угольных навала с использованием углей разреза Бородинский с пласта Новый II. Как показали исследования, на месторождении Харанорском, угли пласта Новый II являются наиболее активными.

Навалы были изолированы инертным материалом различной мощности: 0,5 м, 1 м, 1,5 м, 2 м (Рисунок 4.6.). В проведенном экспериментальном исследовании использовался изоляционный материал песчано-алевролитового состава, которым представлена вскрыша.

Таблица 4.2

Концентрация аэрозоля для проб бурого угля исследуемых разрезов

проба	концентрация, кг/м ³
Красноярский край	
Разрез Бородинский	
Рыбинсий-1	$13 \cdot 10^{-3}$
Рыбинский-2	$10 \cdot 10^{-3}$
Бородинский-1	$13 \cdot 10^{-3}$
Бородинский-2	$11 \cdot 10^{-3}$
Разрез Переясловский	
Мощный	$11 \cdot 10^{-3}$
Иркутская область	
Разрез Мугунский	
Пласт I	$15 \cdot 10^{-3}$
Пласт I А	$13 \cdot 10^{-3}$
Пласт I Б	$13 \cdot 10^{-3}$
Пласт II	$13 \cdot 10^{-3}$
Разрез Азейский	
Пласт I	$15 \cdot 10^{-3}$
Пласт II	$13 \cdot 10^{-3}$
Забайкальский край	
Разрез Харанорский	
Линза	$10 \cdot 10^{-3}$
Новый IА	$10 \cdot 10^{-3}$
Новый IБ	$12 \cdot 10^{-3}$
Новый II	$11 \cdot 10^{-3}$



Рисунок 4.4 Вскрышные работы. Разрез Харанорский



Рисунок 4.5 Пожар в отвале. Разрез Харанорский

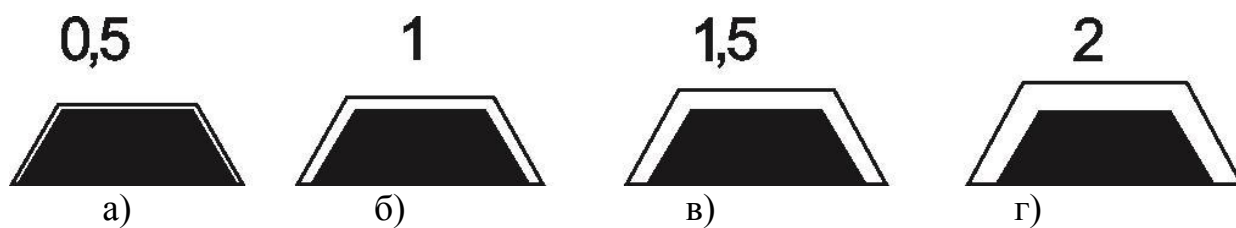


Рисунок 4.6 покрытие насыпи угля инертными породами различной мощности: а) 0,5 м, б) 1 м, в) 1,5 м, г) 2 м

В результате было установлено, что критическая температура при изоляции 0,5 м слое инертных пород была достигнута через 47 суток, в результате чего на восточном склоне отвала произошло самовозгорание насыпи. Через 65 суток во втором навале с изоляцией инертными породами мощностью 1 м так же произошло самовозгорание навала. В оставшихся двух навалах в течение 360 дней самовозгорания не произошло.

При мощности засыпки инертными породами до 1,5 м существует вероятность самовозгорания, в то время как мощности в 1,5 м достаточно для изоляции, в результате доступ кислорода воздуха к углистым породам отсутствует, не происходит активация угля и, как следствие, навал не самовозгорается.

При возникновении пожароопасной обстановки на разрезах часто в качестве огнетушащих и профилактических мер применяю воду, которую для данных целей необходимо применять исключительно совместно с антипирогенными составами, поскольку нагретый или самовозгоревшийся уголь при тушении водой получает из воды необходимый для окисления кислород, в результате чего – нагретые угольные скопления могут загореть, а пожар стать более интенсивным, также пожар может уйти в глубь массива, что еще больше затруднит его ликвидацию.

4.4 Рекомендации по профилактике и тушению пожароопасных буроугольных месторождений Сибири

4.4.1 Мероприятия по профилактике эндогенных пожаров

На основе существующих руководств по профилактике тушению очагов самовозгорания на угольных разрезах [2, 3, 6, 9, 10, 12, 17, 19, 21, 22, 24 – 26, 30, 35, 39, 55, 71, 76, 85, 88 – 90, 98, 102 – 104, 109, 121], в результате проеденных лабораторных и полигонных испытаний нами рекомендуются следующие мероприятия.

Сроки проведения профилактических мероприятий должны согласовываться с продолжительностью инкубационного периода самовозгорания угля на потенциально пожароопасных участках. Выбор способов и средств профилактики

и тушения пожаров на разрезах в зависимости от степени пожароопасности производятся в зависимости от категории пожароопасности. Не нарушенные целики, как правило, не горят.

Для целиков IV и VI категории пожароопасности, нарушенных взрывными работами, инкубационный период составляет 150 – 210 и 90 – 120 суток соответственно.

Целики с геологическими нарушениями или деформированные оползнями имеют значительно меньший инкубационный период, для углей IV категории пожароопасности составляет 120 – 180 суток, для VI категории 45 – 90.

При выветривании кондиционных или некондиционных целиков бурого угля, находящихся на дневной поверхности, образуются трещины и порода выветривается, в результате чего в трещинах и угольной мелочи могут развиваться тепловые процессы, которые приводят к самовозгоранию. Их необходимо либо засыпать слоем инертных пород, либо обрабатывать антипирогенным составом.

Наименьший инкубационный период самовозгорания для бурых углей исследуемых разрезов имеют целики со вскрытыми горными подземными выработками, склады и блоки взорванного угля, отвалы, навалы и осыпи объемом более 200 м³, и составляют для IV категории – 60 – 180 суток, для VI категории пожароопасности 20 – 60 суток.

Высота рабочих угольных и породно-угольных уступов на исследуемых разрезах не должна превышать высоту или глубину черпания применяемых экскаваторов. Все элементы угольных уступов должны быть зачищены от разрыхленного угля, так как в разрыхленном угольном скоплении фильтрация кислородом воздуха возрастает, что способствует окислению угля и приводит к его самовозгоранию.

При отработке угольного забоя экскаватором или при поползновении парно сближенных подступов, образуются трещины и осыпи на полках, кровле и почве забоя, такие борта должны быть отработаны в сроки меньшие, чем инкубационный период самовозгорания, для данного отрабатываемого пласта бурого угля. Образовавшиеся в результате ведения добычных работ осыпи на почве и/или

кровле забоя, зачищаются бульдозером для предотвращения самовозгорания, либо возгорания от внешних источников.

Отгрузка или рассредоточение прогретых породно-угольных просыпей по площади, должна производиться тонким слоем с последующей изоляцией инертными породами толщиной слоя, не менее 1,5 м, с помощью бульдозеров или скреперов (разрез Харанорский). Следует организовать складирование и первоочередную отгрузку потребителям угля, вынутого из наиболее пожароопасных участков. Необходимо производить тщательную зачистку кровли угольного пласта от разрыхленного угля.

Для всех разрезов необходимо применять антипирогенные составы для профилактики эндогенных пожаров. Для разреза Бородинский рекомендованно применять антипирогенный состав на основе ортофосфорной кислоты, воды и ПАВ (АТМ), в концентрациях рекомендованных в главе 4. При первичной обработке смачивание антипирогеном должно производиться равномерно по всей площади защищаемой поверхности угольного обнажения, из расчета $5 - 8 \text{ л/м}^3$. При повторном нанесении удельный расход антипирогена снижается о $4 - 5 \text{ л/м}^3$.

После каждого продолжительного периода дождей (более 3 – 5 дней) требуется обновление защитной пленки антипирогена.

Зона разрушения угля при буровзрывных работах не должна превышать ширины заходки экскаватора. Перебур скважин в угольном массиве не допускается.

Взрывные работы необходимо производить: в теплый период времени за 14 дней до срабатывания блока; в холодный период – за 30 – 40 дней до срабатывания блока. В летний период перед взрывом необходимо производить орошение угольного бока водой. Необходимо производить своевременную – не более 15 суток отгрузку взорванного угля.

При проведении буровзрывных работ, в местах детонации ВВ образуются трещины, в которых может произойти самовозгорание породы. Для профилактики таких пожаров, необходимо в сроки меньшие, чем инкубационный период самовозгорания, для нарушенного пласта, произвести выемку бурого угля.

Взрывные работы по междупластью (разрез Бородинский) производить не ранее чем за 30 – 40 дней до начала работ по бестранспортной вскрыше. В случае если время взаимодействия с воздухом зачищенного угля породно-угольных навалов превышает продолжительность инкубационного периода самовозгорания, следует применять обработку антипирогенным составом. Орошение антипирогенным составом производить в верхнем слое кровли угольного зачищенного пласта и поверхности породно-угольных навалов.

При приемке углесодержащей породы в отвал их необходимо укладывать только вперед с углом поворота от приемной ямы не более 90°. Внешний откос отвала формируется только из пород, не содержащих горючие материалы. Запрещается укладывать углесодержащую породу на борт отвала.

При погрузке в авто- и железнодорожный транспорт независимо от типа экскаватора образуются просыпи бурого угля, которые могут возгореться от целого ряда причин как экзогенных так от самовозгорания, что может привести к возгоранию ж/д или автополотна, для профилактики самовозгорания необходимо зачищать автодороги бульдозером или грейдерами и либо засыпать инертными породами, либо обрабатываются антипирогенными составами.

Сроки эксплуатации насыпей под временные ж/д. пути, автотракторные съезды и другие временные сооружения, содержащие самовозгорающийся материал не должны превышать продолжительность инкубационного периода, для Харанорского и Бородинского разрезов – 20 – 60 суток, для Переясловского, Азейского и Мугунского разрезов - 60 – 180 суток. При устройстве таких сооружений на более длительный срок эксплуатации следует применять специальные способы профилактики эндогенных пожаров. После демонтажа ж/д. пути на отвалах, необходимо произвести рассредоточение подпутевой призмы, состоящей из угольной массы, мощностью от 0,4 до 0,6 м, по площади тонким слоем с последующей изоляцией прогретой угольной массы инертными породами, толщиной слоя не менее 1,5 м, с помощью бульдозеров или скреперов.

4.4.2 Мероприятия по тушению пожаров

Способ тушения и средства тушения выбираются в зависимости от степени пожароопасности разреза, вида и состояния объекта, а так же местонахождения очага.

Тушение пожаров инертными породами следует производить на внутренних и внешних отвалах рассматриваемых разрезов. На разрезах Харанорский и Бородинский, тушение пожаров следует производить на угольных уступах нерабочих бортов и выездных траншеях и в угольных уступах рабочих бортов, при значительных размерах очагов пожаров.

При возникновении пожаров в угольных уступах рабочих бортов и выездных траншеях тушение необходимо производить водой и антипирогенами. Вода на разрезах всех категорий пожароопасности должна применяться только для поверхностной обработки очагов пожаров. Все работы по ликвидации пожаров и их последствий могут производиться только при постоянном охлаждении горящего участка.

Тушения очагов открытого огня производится по периферии очага к центру. Зона, в которой проводятся работы по ликвидации пожара, периодически орошается водой из поливочной машины для предотвращения распространения пожара.

Обнаружив парение, дым, очаг горения в глубине или открытый огонь, необходимо очаг пожара отвезти в безопасное место или рассредоточить парящие и/или дымящиеся угольные навалы по площади тонким слоем. Произвести орошение очага и площадь за пределами очага на ширину 10 – 15 метров водой с целью снижения температуры или ликвидации пламени на поверхности объекта, рассредоточить с последующим орошением и изоляцией инертными породами, на ширину 10 – 15 метров за его пределами. Толщина слоя инертных пород не менее 1м.

При обнаружении очага самовозгорания в отвале, необходимо предотвратить доступ кислорода воздуха к окисляющимся поверхностям активных компонентов угля и углистых пород внешней, наиболее воздухопроницаемой части от-

вала, путем полной или частичной изоляции поверхности отвалов инертными материалами, с предварительной обработкой очага водой. Толщина инертных пород должна составлять не менее 1,5 м.

Признаками потушенного эндогенного пожара считаются:

1. Снижение содержания СО до санитарных норм.
2. Снижение температуры угля и пород до +30°C.

За потушенным объектом ведется непрерывный контроль.

Для тушения пожаров на месторождениях Восточной Сибири и Забайкальского края рекомендуется применять новый огнетушащий состав СБК-2М, в количествах рекомендуемых в главе 4.

Проведены полигонные испытания, определена концентрация ПАВ для антипирогенного состава на основе ортофосфорной кислоты, разработанного для разреза Бородинский: H_3PO_4 (5%) + ПАВ (0,5%) + H_2O . Даны рекомендации по применению его в условиях разреза. Применение разработанного антипирогенного состава на разрезе Бородинский в течение года привело к увеличению инкубационного периода самовозгорания обработанных данным составом вскрытых запасов угля в 2,3 раза. Получен экономический эффект в размере 11,2 млн рублей. Рекомендовано использование данного состава на других буроугольных разрезах.

Вычислена необходимая концентрации огнетушащего аэрозоля СБК-2М для ликвидации процесса горения в лабораторных условиях для углей категории 3Б – $(10 - 13) \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$; для углей категории 2Б – $(11 - 15) \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$.

Определена необходимая мощность засыпки инертными породами, для изоляции породугольных отвалов разреза Харанорский – 1,5 м и более, что снижает возможность возникновения пожаров.

Разработаны рекомендации по профилактике и тушению самовозгораний на пожароопасных буроугольных месторождениях Сибири. Результаты работы внедрены на ведущих предприятиях Сибири.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача по повышению экологической безопасности бурогольных разрезов Сибири за счет профилактики возникновения и развития пожароопасных природных и техногенных процессов.

1. Выявлены геологические особенности месторождений Сибири, влияющие на условия самовозгорания угля.

2. Разработана типизация зон возникновения эндогенных пожаров в условиях исследуемых месторождений и определено экологическое влияние на окружающую среду.

3. Определен инкубационный период самовозгорания в натуральных и лабораторных условиях для каждого разрабатываемого пласта угля на исследуемых разрезах. При моделировании критических условий самовозгорания в лабораторных условиях, с применением продувки через пробу угля кислорода воздуха, инкубационный период самовозгорания составляет от 0,67 до 1,29 суток для углей категории 2Б, и от 1,52 до 2,13 суток для углей категории 3Б. Определена зависимость пожароопасности от степени метаморфизма.

4. Проведены полигонные испытания, определена концентрация ПАВ для антипирогенного состава на основе ортофосфорной кислоты, разработанного для разреза Бородинский: H_3PO_4 (5%) + ПАВ (0,5%) + H_2O . Даны рекомендации по применению его в условиях разреза. Применение разработанного антипирогенного состава на разрезе Бородинский в течение года привело к увеличению инкубационного периода самовозгорания обработанных данным составом вскрытых запасов угля в 2,3 раза. Получен экономический эффект в размере 11,2 млн рублей. Рекомендовано использование данного состава на других бурогольных разрезах.

5. Вычислена необходимая концентрации огнетушащего аэрозоля СБК-2М для ликвидации процесса горения в лабораторных условиях для углей категории 3Б – $(10 - 13) \cdot 10^{-3}$ кг/м³; для углей категории 2Б – $(11 - 15) \cdot 10^{-3}$ кг/м³.

6. Определена необходимая мощность засыпки инертными породами, для изоляции породугольных отвалов разреза Харанорский – 1,5 м и более, что снижает возможность возникновения пожаров.

7. Разработаны рекомендации по профилактике и тушению самовозгораний на пожароопасных буроугольных месторождениях Сибири. Результаты работы внедрены на ведущих предприятиях Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдурагимов И.М., Андросов А.С, Исаева Л.А. Процессы горения. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1984. – 267 с.
2. Абдурагимов И.Н., Говорин В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров.–М.: Редакционный изд. отдел, 1980. – 250 с.
3. Агафонов В.В., Амельчугов С.П., Киселев В.Я. Новый способ локализации очагов самовозгорания бурых углей // Научно-техническое обеспечение противопожарных и аварийно-спасательных работ: материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. – М., 1994. – С. 234.
4. Агроскин А.А. Бурые угли как технологическое сырье. – М.: Недра 1976. – 245 с.
5. Агроскин А.А. Физика угля. – М.: Недра, 1965. – 352 с.
6. Алексеев М.В. Предупреждение пожаров от технологических причин. – М.: Изд-во МКХ РСФСР, 1963.
7. Алехин В.И. Свойства бурого угля.– Новосибирск: Наука, 1973.–214 с.
8. Амелин И.Э., Горшков В.И., Киселев В.Я. Моделирование диффузионного и фильтрационного тепломассообмена при самовозгорании веществ и материалов // Пожаровзрывобезопасность. – 1992. – № 3. – С. 10–13.
9. Амельчугов С.П. Научно-техническое обеспечение пожарной безопасности объектов теплоэнергетики // Проблема исследования Канско-Ачинских углей на элетростанциях: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. г. Красноярск, 2000. – С. 124–129.
10. Амельчугов С.П. Особенности теплофизических процессов при добыче, хранении, транспортировке и использовании бурого угля: дис. д-ра техн. наук. – Красноярск, 2002. – 364 с.

11. Амельчугов С.П. Пожаровзрывоопасность бурых углей // Проблема исследования канско-ачинских углей на электростанциях: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. г. Красноярск, 2000 – С. 91–93.
12. Амельчугов С.П. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности при хранении бурого угля Канско-Ачинского месторождения. – Красноярск: УГПС УВД администрации Красноярского края, 1996. – 24 с.
13. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Технология открытых горных работ. – М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. – 472 с.
14. Артамонов В.Н. Изменения энергии активации процесса окисления углей под воздействием ПАВ // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 12. – С. 20–24.
15. Артамонов В.Н. Прогноз опасности самовозгорания угля в зонах геологических нарушений // «Неделя горняка – 2003». – 2003. – Семинар № 4-5. С 3–5.
16. Астахов А.С., Диколенко Е.Я., Харченко В.А. Экологическая безопасность и эффективность природопользования. – М.: МГГУ, 2009. – 328 с.
17. Бабкин Р.Л. Хранение угля и торфа на электростанциях. – М.: Энергоиздат, 1982. – 166 с.
18. Бараносвкий В.И. Влияние горных факторов на выбор способа разработки угольных пластов на глубоких горизонтах. – М.: Госгортехизат, 1963. – 176с.
19. Баратов А.Н. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средств их тушения. – М.: 1989. – 217 с.
20. Баратов А.Н., Иванов Е.Н., Корольченко А.Я. Пожарная опасность. Взрывоопасность: справочник. – М.: Химия, 1987. – 272 с.
21. Брушлинский Н.Н. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства. – М.: Стройиздат, 1988. – 413 с.
22. Агафонов В.В., Амельчугов С.П., Киселев В.Я. Новый способ локализации очагов самовозгорания бурых углей // Научно-техническое обеспечение противопожарных и аварийно-спасательных работ: материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. – Москва, 1994. – С. 234.

23. Варгтафтинг Н.Б., Филиппов Л.П. и др. Справочник по теплопроизводности жидкостей и газов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
24. Васильев П.В. Контроль и профилактика самовозгорания многолетнемерзлых углей // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2001. – № 8. – С. 134–136.
25. Васильев П.Н. Предупреждение самовозгорания угля в штабелях в условиях многолетней мерзлоты // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – Т. 3. – С. 8.
26. Веселовский В.С. Научные основы борьбы с самовозгоранием углей. – М.: Наука, 1964. – 154 с.
27. Веселовский В.С. Прогноз и профилактика эндогенных пожаров. – М.: Наука, 1975. – 160 с.
28. Веселовский В.С. Испытания горючих ископаемых. – М.: Наука, 1951. – 198 с.
29. Веселовский В.С. Исследование процессов приводящих к самовозгоранию углей и руд в шахтах и на складах. – 1963.
30. Веселовский В.С. Методическое руководство по прогнозу и профилактике самовозгорания угля. – М.: Недра, 1971. – 198 с.
31. Веселовский В.С. Физические основы самовозгорания угля и руд. – М., 1978. – 147 с.
32. Веселовский В.С. Химическая природа горючих ископаемых. – М.: Наука, 1955. – 257 с.
33. Виленский Т.В., Хзмалян Д.М. Динамика горения пылевидного топлива. – М.: Энергия, 1977. – 248 с.
34. Влияние отработки соляной кислоты на окисление кислородом угля Ирша-Бородинского месторождения // Химия твердого топлива. – 1976. – № 4. – С. 51–55.
35. Глузберг Е.И. Теоретические основы прогноза и профилактики шахтных эндогенных пожаров. – М.: Недра, 1986. – 161 с.

36. Голынская Ф.А. Влияние нарушенности угольного пласта на самовозгорание углей // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 10. – С. 135–141.
37. Голынская Ф.А. Геологические факторы, определяющие самовозгораемость углей // Разведка и охрана недр. – 2001. – № 6. – С. 20–23.
38. Голынская Ф.А. Концептуальные положения о геологических факторов самовозгорания углей // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2009. – № 1. – С. 35–39.
39. Голынская Ф.А., Киселев М.Г. Разработка экспертной системы предрасположенности углей к самовозгоранию, и ее основные характеристики // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 3. – С. 46–47.
40. ГОСТ 10742 – 71. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний.
41. ГОСТ 12.1.004 – 91. Пожарная безопасность. Общие требования.
42. ГОСТ 12.1.044 – 89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
43. ГОСТ 17070 – 87. Угли. Термины и определения.
44. ГОСТ 24764 – 81. Брикеты буроугольные. Транспортирование и хранение.
45. ГОСТ 25543 – 88. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам.
46. ГОСТ Р 51591 – 2000. Угли бурые, каменные и антрацит. Общие технические требования.
47. ГОСТ Р 51971 – 2002. Угли Восточной Сибири для энергетических целей.
48. ГОСТ Р 51972 – 2002. Угли Восточной Сибири для энерготехнологических целей.

49. Гришин А.М. О гетерогенном воспламенении реагирующих веществ // Физика горения и взрыва. – 1971. – № 4. – С. 510–518.
50. Гюльмалиев А.М. Головин Г.С., Гладун Т.Г. Теоретические основы химии угля. – М. : Изд-во МГГУ, 2003. – 556 с.
51. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. – М. : Химия, 1981. – 272 с.
52. Демченко И.И. Ресурсосберегающие экологичные технологии обеспечения качества углепродукции: монография / И.И. Демченко, В.Д. Буткин, А.И. Косолапов. – М. : МАКС Пресс, 2006. – 344 с.
53. Жучков В.В. Оценка склонности углей к самовозгоранию // Подземная разработка тонкой и средней мощности угольных пластов. – Тула, 1991. – С. 87–91.
54. Зельдович Я.Б. Химическая физика и гидродинамика: избранные труды. – М. : Наука, 1984. – С. 143–281.
55. Игишев В.Г. Борьба с самовозгоранием углей в шахтах. – М.: Недра, 1987. – 176 с.
56. Исаченко В.П., Осипова В.Ф. Теплопередача. – М. : Энергия, 1975. – 486 с.
57. К вопросу о применимости пергидрольного метода для оценки склонности углей к самовозгоранию / М.В. Александров, С.Г. Патрушев, Т.Н. Гусева [и др.] // Науч. тр. МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1974. – Вып. 80. – С. 3–7.
58. Каледин Н.В., Альперович В.Я., Пашковский В.С., Кошевский Б.И., Заборская А.Н. О роли диффузии кислорода в самовозгорании углей // Разраб. месторожд. полезн. ископ. – Киев, 1982. – № 62. – С. 108–113.
59. Каледина Н.О. Требования к технологии безопасной обработки пластов, склонных к самовозгоранию // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 4. – С. 12–15.
60. Каминский А.Я. Очаги самовозгорания угля в целиках и борьба с ними // Вестник научного центра по безопасности работ уч. Промышленности. – 2000. – № 2. – С. 89–93.

61. Каталог углей СССР, склонных к самовозгоранию. – М. : Недра, 1982. – 410 с.
62. Киселев В.Я. Условия самовозгорания восточных бурых углей // Пожаровзрывобезопасность. – 1992. – № 3. – С. 17, 21, 95.
63. Киселев Я.С., Киселев В.Я., Амельчугов С.П. Условия самовозгорания восточных углей // Пожаровзрывобезопасность. – 1992. – № 3. – С. 7–21.
64. Киселев Я.С., Киселев В.Я. Проблемы самовозгорания органических материалов. Физика самовозгорания // Пожаровзрывобезопасность. – 1992. – № 1. – С. 78–86.
65. Князева А.Г. Об одной причине существования быстротвердеющих режимов твердофазных превращений // Химическая физика процессов горения и взрыва: XII Симпозиум по горению и взрыву. – Ч. 3. – Черногловка, 2000. – С. 89–91.
66. Князева А.Г., Буркина Р.С. Роят сферического зародыша продукта твердофазной реакции в изотермических условиях // Химическая физика процессов горения и взрыва: XII Симпозиум по горению и взрыву. – Ч. 3. – Черногловка, 2000. – С. 91–43.
67. Козловский Е.А., Щадов М.И. Минерально-сырьевые проблемы национальной безопасности России. – М. : МГГУ., 1997. – 210 с.
68. Кольцов К.С., Попов Б.Г. Самовозгорание твердых веществ и материалов и его профилактика. – М. : Химия, 1978. – 160 с.
69. Ксандопуло Г.И. Химия пламени. – М. : Химия, 1980. – 256 с.
70. Куликова Е.Ю. Теоретические основы защиты окружающей среды в горном деле. – М. : МГГУ, 2009. – 612 с.
71. Лебедев С.А. Профилактика очагов самовозгорания на угольных разрезах // Вестник научного центра. – 2008. – № 2. – С. 15–18.
72. Линденау Н.И., Маевская В.М., Вахрушева Е.С. Каталог углей СССР, склонных к самовозгоранию. – М.: Недра, 1981. – 416 с.

73. Матвеева И.И. Справочник химика-энергетика: в 3 т. – Т. 3: Энергетическое топливо (характеристика и контроль качества). – М. : Энергия, 1972. – 216 с.
74. Мержанов А.Г. Неизотермические методы химической кинетики // Физика горения и взрыва. – 1973. – № 1. – С. 4–36.
75. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. – М. : Химия, 1972. – 267 с.
76. Монахов Н.Г. Методы испытаний материалов и конструкций // Итоги науки и техники. Серия: Пожарная охрана. –Т. 6. – М. : ВИНТИ, 1985. – С. 105–155.
77. Мурашев В.И. К анализу техногенных аварий с катастрофическими последствиями, произошедших на предприятиях угольной промышленности России. // Вестник научного центра по безопасности работ уч. Промышленности. – 2010. – № 1. – С. 55–60.
78. Нагибин Г.П. Когда возгорается бурый уголь // Уголь. – 1990. – № 9 (сентябрь). – С. 35.
79. Отчет по доразведке Ирша-Бородинского месторождения. – ВостНИИ, 1967. – 358 с.
80. Певзнер М.Е. Горная экология. – М. : МГГУ, 2003. – 402 с.
81. Померанцев В.В. Основы практической теории горения. – Л. : Энергоатомиздат, 1986. – 312 с.
82. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации: приказ МВД от 14 декабря 1994 г. № 536 // Российские вести № 12. 19.01.94. – № 36. 01.03.94.; – № 189. 05.10.95.; – № 36. 26.02.98.; – № 41. 05.03.98
83. Проблемы расширения масштабов использования канско-ачинских углей / М.С. Пронин, В.В. Васильев, Б.В. Цедров [и др.] // В кн.: Повышение эффективности и экологической безопасности сжигания углей на электростанциях Сибири. – Красноярск: 1995. – С. 70–80 .

84. Романов С.М. Стратегия развития добычи, переработки и использования бурых углей в России // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 11. – С. 160–166.
85. Руководство по использованию комплекса техногенных мероприятий для профилактики и тушения пожаров на разрезах. – Челябинск., 1994. – 83 с.
86. Русьянова Н.Д. Угলেখимия. – М. : Наука, 2003. – 316 с.
87. Рябин В.А., Остроумов М.А., Свит Т.Ф. Термодинамические свойства веществ: справочник. – Л. : Химия, 1977. – 392 с.
88. Саранчук В.И. Борьба с горением породных отвалов. – Киев: Наукова думка, 1978. – С. 163.
89. Саранчук В.И. Окисление и самовозгорание угля. – Киев: Наукова думка, 1982. – 166 с.
90. Саранчук В.И. Исследование окисления и самовозгорания угля и отвальной массы угольных предприятий: дис. ... д-ра техн. наук. – Донецк, 1979. – 330 с.
91. Святец И.Е., Агроскин А.А. Бурые угли как технологическое сырье. – М. : Недра, 1976. – 215 с.
92. Семенов Н.Н. О некоторых проблемах химической кинетики реакционной способности. – М. : АН СССР, 1959. – 418 с.
93. Семенов Н.Н. Теория горения и взрыва. – М.: Наука, 1981. – С. 33–149.
94. Сергеев И.В. Оценка технологических схем разработки пласта по самовозгоранию угля и рекомендации по его предупреждению // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2001. – № 5. – С. 21–26.
95. Смирнова Т.С., Кирсанов В.И., Маркина Т.И., Зырянов В.М. Термическое облагораживание бурых углей Канско-Ачинского бассейна. – В кн.: Синтетические топлива из углей // Тр. ИГИ. – М. : ИОТТ. – 1984. С. 110–121.
96. Соколовский А.В. Оценка возможности развития производственной системы угольного разреза // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – С. 52–59.

97. Таубкин С.И., Баратов А.Н., Никитина Н.С. Справочник пожарной опасности твердых веществ и материалов. – М. : Изд-во МКХ СРСФСР, 1961. – 206 с.
98. Твердов А.А. Профилактика и ликвидация горения породных отходов // Уголь. – 2010. – № 2. – С. 3–6.
99. Тименский М.Н., Зуйков Г.М. Контрольно-измерительные приборы для противопожарной и противовзрывной защиты: справочник. – М. : Стройиздат, 1982. – 256 с.
100. Томаков П.И., Коваленко В.С., Михайлов А.М., Калашников А.Т. Экология и охрана природы при открытых горных работах. – М. : МГГУ, 1994. – 416 с.
101. Томаков П.И., Манкевич В.В. Открытая разработка угольных и открытых месторождений. – М. : МГГУ, 1995. – 611 с.
102. Устав ВГСЧ по организации и ведению спасательных работ. – М. : Недра, 1986. – 254 с.
103. Федорова С.Е. Теоретическое обоснование методов профилактики самовозгорания угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – Т 12, № 12. – С. 334–337.
104. Федорова С.Е. Технологии складирования угля для предотвращения самовозгорания // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – Т12, №12 – С. 183–189.
105. Федорович А.П. Об эффективности применения антипирогенов // Вестник научного центра по безопасности работ в уч. Промышленности. – 2010, №1 – С. 81–88.
106. Федотов А.И., Ливчиков А.П., Ульянов Л.Н. Пожарно-техническая экспертиза. – М. : Стройиздат, 1986. – 271 с.
107. Хзмалян Д.М., Каган Я.А. Теория горения и топочные устройства. – М. : Энергия, 1976. – 487 с.
108. Хитрин Л.П. Физика горения и взрыва. – М. : МГУ, 1957. – 442 с.

109. Хрисанфова А.И. и др. Мероприятия по сокращению потерь топлива. – М. : Недра, 1968. – 325 с.
110. Хрисанфова А.И. Оценка склонности к самовозгоранию углей Канско-Ачинского бассейна, полуокисла из них и возможные пути его предотвращения // Материалы научной конференции (Красноярск, 1968) . –Новосибирск: Наука, 1968. – С. 97–102.
111. Хрисанфова А.И., Казаков Е.И., Крохин В.Н. Исследование и разработка условий предотвращения самовозгорания углей и полуокислов Канско-Ачинского бассейна // Тр. института горючих ископаемых МУП СССР, 1970. – № 4. – С. 3–13.
112. Чеховских А.М. К вопросу выбора безопасных параметров высокопроизводительной обработки углей, склонных к самовозгоранию // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – Т13, № 1. – С. 362–370.
113. Шестакова И.И. Геология бурогольных месторождений Восточной Сибири и Забайкалья / И.И. Шестакова // Известия Сибирского отделения, Секции наук о Земле Российской Академии Естественных Наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2011. Т 39. № 2. С. 110 –116.
114. Шестакова И.И. О создании сибирского регионального научно-исследовательского комплекса по изучению техногенного воздействия предприятий ТЭК на окружающую природную среду (на базе угольного разреза «Бородинский» и тепловой станции «Красноярск ГРЭС-2» / И.М. Щадов, И.В. Зеньков, И.И. Шестакова // Уголь. 2011. № 9. С.71 – 75.
115. Шестакова И.И. Условия возникновения эндогенных пожаров на разрезе «Харанорский» / И.И. Шестакова // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 12(59). С. 85 – 88.
116. Шестакова И.И. Технология добычных работ на пожароопасных бурогольных месторождениях Восточной Сибири и Забайкалья / И.И. Шестакова, И.М. Щадов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 8 (67). С. 69 – 73.

117. Шестакова И.И. Оценка экологической опасности самовозгорания бурых углей / И.И. Шестакова // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 4(63). С. 77 – 80.

118. Шестакова И.И. Физико-химические свойства бурых углей Восточной Сибири и Забайкальского края/ И.И. Шестакова, И.М. Щадов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 7(66). С. 81 – 85.

119. Шестакова И.И. Применение ингибирующих веществ для профилактики самовозгорания бурых углей Восточной Сибири и Забайкальского края // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 2(85). С. 103 – 107.

120. Шестакова И.И. Воспроизводство экономического потенциала добычи угля в Восточной Сибири/ И.И. Шестакова, М.И. Шестакова, Р.С. Зотт // Проблемы освоения минеральной базы Восточной Сибири. 2012. Вып. 12. С.119 – 122.

121. Шестакова И.И. Экологическое воздействие горных работ / И.И. Шестакова // Проблемы земной цивилизации. 2012. Вып. 26. С. 102 – 106.

122. Шрайбер Г., Порет П. Огнетушащие средства. Химико-физические процессы при горении и тушении. – М. : Стройиздат, 1975. – 240 с.

123. Щадов М.И. Разработать направления сохранения и наращивания потенциала угольной отрасли как основы создания надежного и эффективного обеспечения объектов электроэнергетики и коксохимии страны угольной продукцией на период до 2020 г. (с учетом развития других отраслей топливно-энергетического комплекса). – М., 2002.

124. Щадов И.М. Формирование природно-технического комплекса открытой угледобычи: дис. ... д-ра техн. наук. – Иркутск, 1996. – 480 с.

125. Щадов И.М. Обоснование технологии открытой разработки пожароопасных буроугольных месторождений : дис. канд. техн. наук. – М.; Иркутск, 1987. – 216 с.

126. Эмануэль Н.М., Кноре Д.Г. Курс химической кинетики. – М.: Высш. шк., 1984. – 463 с.

127. Эпштейн С.А. Трещинообразование в углях разных генотипов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 9. – С. 71–76.
128. Ямпольский Ю.П. Элементарные реакции и механизм пиролиза углеводородов. – М.: Химия, 1990. – 216 с.
129. Barton W.A., Lynch L.J., Webster D.S. Aspects of the molecular structure of a bituminous vitrinite // Fuel. –1984. – V.63. – P. 1262–1268.
130. Kibert C., Dierdorf D. Halon alternatives technical working conference. May, 1993. – Albuquerque, New Mexico.
131. Colaizzi G.J., Prevention, control and/or extinguishment of coal seam fires using cellular grout // International Journal of Coal Geology. – 2004. – V. 59. – P. 75–81.
132. Finkelman R.B. Potential health impacts of burning coal beds and waste banks // International Journal of Coal Geology. – 2004. – V. 59. – P. 19–24.
133. Heffern E.L., Coates D.A. Geologic history of natural coal-bed fires, Powder River basin, USA // International Journal of Coal Geology. – 2004. – V. 59. – P. 25–47.
134. Infrared Detectors. Catalog No. KIRD0001E05, Hamamatsu Photonics K.K., 1997.
135. Rosema A., Guan H., Veld H. Manual of coal fire detection and monitoring: Delft, Netherlands Institute of Applied Geosciences Report. – 1999. – 245 p.
136. Stracher G.B. Geology of coal fires – Case studies from around the world // Geological Society of America, Reviews in Engineering Geology. – 2007. – V. 18. – 283 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

УТВЕРЖДАЮ:

инженер филиала
ОАО «Сибур-Красноярск»
«Разрез Бородинский»

М. Евтушенко

2011 года

А К Т

Отбора проб угля из угольных пластов «Рыбинский-1», «Рыбинский-2», «Бородинский-1», «Бородинский-2» на разрезе «Бородинский». Рабочая группа в составе: гл. геолога Радченко А.Т., гл. технолога Зотеева В.В., геолога Межова А.В. и аспиранта НИ Иркутский Государственный Технический Университет Шестаковой Инны Ивановны произвела отбор угля для аналитических исследований. Масса отобранных проб составляет не менее 1000 грамм. Материал проб представлен бурым углем в виде кусочков до 30 мм и упакован в отдельные пакеты с вложенными этикетками. Места взятия проб представлены в таблице.

Таблица. Места взятия, маркировка отобранных проб

Номер пробы	Название угольного пласта	Номер маркшейдерского пикета
Б-1	Рыбинский-1	ПК 39
Б-2, Б-3, Б-4, Б-5	Рыбинский-2	ПК 40 ПК 0 + 50
Б-6 Б-7 Б-8, Б-9 Б-10, Б-11	Бородинский -1	ПК 2 ПК 1 ПК 25 ПК 62
Б-12, Б-13	Бородинский -2	ПК 29

Гл. геолог

Гл. технолог

Геолог

Аспирант НИ ИргТУ

Радченко А.Т.

Зотеев В.В.

Межов А.В.

Шестакова И.И.



31 мая 2011 года

А К Т

Отбора проб угля из угольного пласта на разрезе «Переясловский». Рабочая группа в составе: начальник ОТК Берзин В.Г., участковый геолог Леонидов А.А., и аспиранта НИ Иркутский Государственный Технический Университет Шестаковой Инны Ивановны произвела отбор угля для аналитических исследований. Масса отобранных проб составляет не менее 1000 грамм. Материал проб представлен бурым углем в виде кусочков до 30 мм и упакован в отдельные пакеты с вложенными этикетками. Места взятия проб представлены в таблице.

Таблица. Места взятия, маркировка и вес отобранных проб

Номер пробы	Название угольного пласта	Номер маркшейдерского пикета
П-1 П-2 П-3	Мощный	ПК 16+75 ПК 21+00 ПК 39+25
П-4 П-5	15 путь, склад №1 16 путь, склад №2	

Начальник ОТК

Берзин В.Г.

Участковый геолог

Леонидов А.А.

Аспирант НИ ИргТУ

Шестакова И.И.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

УТВЕРЖДАЮ:

Технический директор –

главный инженер

ПУ «Мугунский» филиала

«Разрез «Тулунуголь»

ООО «Компания Востсибуголь»

 О.В.Ведерников

29 июня 2011 года

А К Т

Отбора проб из угольных пластов «I», «IA», «IB», «II» на производственном участке «Мугунский». Рабочая группа в составе: главный геолог Р.С.Шевцов, начальник службы – начальник ОТК С.В.Мерцалов и аспиранта НИ Иркутский Государственный Технический Университет Шестаковой Инны Ивановны произвела отбор угля для аналитических исследований. Масса отобранных проб составляет не менее 1000 грамм. Материал проб представлен бурым углем в виде кусочков до 30 мм и упакован в отдельные пакеты с вложенными этикетками. Места взятия проб представлены в таблице.

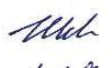
Таблица. Места взятия, маркировка отобранных проб

Номер пробы	Название угольного пласта, блок	Номер маркшейдерского пикета, ряд
М-1	I Западный	ПК 51+50 Р41+50
М-2	Центральный	ПК 78+50 Р20+50
М-3	I A Восточный	ПК 100+00 Р20+00
М-4	I B Восточный	ПК 106+50 Р17+00
М-5	II Западный	ПК 51+50 Р41+50
М-6	Центральный	ПК 78+50 Р20+50

Главный геолог

Начальник службы - начальник ОТК

Аспирант НИ ИрГТУ

 Шевцов Р.С. Мерцалов С.В.

Шестакова И.И.

Филиал "Разрез "Тулунуголь"
 ООО "Компания Востсибуголь"
 Производственный участок Азейский
 Отдел Технического Контроля

УТВЕРЖДАЮ:

Технический директор – главный инженер ПУ «Азейский»

Филиала «Разрез «Тулунуголь»
 ООО «Компания Востсибуголь»

 Д.А.Липатов

30 июня 2011 года

А К Т

Отбора проб угля из угольных пластов «Первый», «Второй», на производственном участке «Азейский». Рабочая группа в составе: главный геолог Григорьев Н.В., начальник службы – начальник ОТК ПУ «Мугунский» Мерцалов С.В., и аспиранта НИ Иркутский Государственный Технический Университет Шестаковой Инны Ивановны произвела отбор проб угля для аналитических исследований. Масса отобранных проб составляет не менее 1000 грамм. Материал проб представлен бурым углем в виде кусочков до 30 мм и упакован в отдельные пакеты с вложенными этикетками. Места взятия проб представлены в таблице.

Таблица. Места взятия, маркировка отобранных проб

Номер пробы	Название угольного пласта	Номер маркшейдерского пикета, ряд	
A-1	Первый	ПК 9+50	P57
A-2		ПК 8	P54
A-3	Второй	ПК 8	P54
A-4		ПК 13	P69

Главный геолог



Григорьев Н.В.

Начальник службы – начальник ОТК
 ПУ «Мугунский»



Мерцалов С.В.

Аспирант НИ ИрГТУ



Шестакова И.И.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

УТВЕРЖДАЮ:
Исполнительный директор
ОАО «Разрез Харанорский»



Г.М.Циношкин

24 июня 2011 года

Отбора проб угля из угольных пластов «Линза», «Новый 1А», «Новый 1Б», «Новый 2» на ОАО «Разрез Харанорский». Рабочая группа в составе: начальник ОТК Глазунова В.И., мастер контрольный Непомнящих Т.Д. и аспиранта НИ Иркутский Государственный Технический Университет Шестаковой Инны Ивановны произвела отбор угля для аналитических исследований. Масса отобранных проб составляет не менее 1000 грамм. Материал проб представлен бурым углем в виде кусочков до 30 мм и упакован в отдельные пакеты с вложенными этикетками. Места взятия проб представлены в таблице.

Таблица. Места взятия, маркировка отобранных проб

Номер пробы	Название угольного пласта	Номер сечения
Х-1	Линза	16
Х-2	Новый 1А	16+100
Х-3		18+200
Х-4	Новый 1Б	2
Х-5		3
Х-6	Новый 2	16+50
Х-7		25

Начальник ОТК

Мастер контрольный

Аспирант НИ ИрГТУ

Глазунова В.И.

Непомнящих Т.Д.

Шестакова И.И.


ВОСТСИБУГОЛЬ

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "КОМПАНИЯ "ВОСТСИБУГОЛЬ"

ФИЛИАЛ «РАЗРЕЗ «ТУЛУНУГОЛЬ»

 Утверждаю:
 Директор филиала
 «Разрез «Тулунуголь» ООО «КВСУ»
 С.Л.Иванов


ПРОТОКОЛ
ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ
№ 11 от «22» апреля 2013 года
Химическая характеристика зольного остатка
Единицы измерения: %

Табл. 1. Результаты технического анализа

Проба с пласта	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃
Разрез Бородинский						
Рыбинский-1	45,5	26,0	3,3	7,0	9,2	5,4
Рыбинский-2	44,6	20,5	4,9	6,9	7,5	6,2
Бородинский-1	45,9	20,9	3,5	8,1	10,4	4,3
Бородинский-2	59,2	12,3	3,1	6,2	9,9	4,4
Разрез Переясловский						
Мощный	36,7	17,5	4,5	15,2	11,9	13,3
Разрез Мугунский						
Пласт I	44,1	11,4	2,9	6,1	23,5	3,9
Пласт IА	50,8	8,7	2,4	4,6	28,7	3,0
Пласт IБ	41,9	11,2	2,8	7,1	28,7	5,7
Пласт II	47,3	12,4	2,1	8,3	21,1	7,1
Разрез Азейский						
Пласт I	42,1	10,2	1,9	12,3	26,0	4,5
Пласт II	48,5	5,5	1,5	8,1	27,3	4,1
Разрез Харанорский						
Линза	36,9	20,7	5,9	8,0	17,1	7,6
Новый IА	44,8	16,9	4,6	7,8	17,8	5,6
Новый IБ	46,1	14,5	3,1	6,9	19,8	4,1
Новый II	36,5	21,9	6,0	8,8	14,9	9,1

Начальник службы - начальник ОТК

Аспирант каф. УПП, ИрГТУ

/Мерцалов С.В./

/Шестакова И.И./


ВОСТСИБУГОЛЬ

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "КОМПАНИЯ "ВОСТСИБУГОЛЬ"

ФИЛИАЛ «РАЗРЕЗ «ТУЛУНУГОЛЬ»

 Утверждаю:
 Директор филиала
 «Разрез «Тулунуголь» ООО «КВСУ»
 С.Л.Иванов
 м.п.


ПРОТОКОЛ
 ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ
 № 10 от «22» апреля 2013 года
 Технический анализ бурых углей

Табл. 1. Результаты технического анализа

Проба с пласта	W^r_t , %	A^d , %	V^{daf} , %	S^d_t , %	$Q^{daf}_{s,}$ ккал/кг
Разрез Бородинский					
Рыбинский-1	31,8	12,1	50,1	0,24	6922
Рыбинский-2	33,1	15,1	49,2	0,18	6888
Бородинский-1	34,0	8,1	45,7	0,35	6964
Бородинский-2	30,7	13,9	51,9	0,31	6816
Разрез Переясловский					
Мощный	30,8	9,5	49,8	0,49	7180
Разрез Мугунский					
Пласт I	20,5	15,3	48,2	1,41	7248
Пласт IА	21,6	14,9	48,9	1,20	7224
Пласт IБ	22,2	15,1	50,2	3,09	7219
Пласт II	23,1	17,2	48,1	1,31	7211
Разрез Азейский					
Пласт I	23,5	14,2	47,9	0,50	7185
Пласт II	24,0	15,1	46,7	0,61	7149
Разрез Харанорский					
Линза	37,3	9,7	44,8	0,32	6578
Новый IА	38,6	10,3	44,0	0,38	6424
Новый IБ	40,1	12,1	44,8	0,39	6484
Новый II	39,9	8,7	45,3	0,51	6278

Начальник службы - начальник ОТК

Аспирант каф. УПП, ИрГТУ

/Мерцалов С.В./

/Шестакова И.И./


ВОСТСИБУГОЛЬ

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "КОМПАНИЯ "ВОСТСИБУГОЛЬ"

ФИЛИАЛ «РАЗРЕЗ «ТУЛУНУГОЛЬ»

 Утверждаю:
 Директор филиала
 «Разрез «Тулунуголь» ООО «КВСУ»
 С.Л.Иванов

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

№ 38 от «07» октября 2013 года

 по определению инкубационного периода самовозгорания
 в натуральных условиях

Период проведения: с 1 марта по 31 октября 2013г.

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ
Разрез Бородинский.

На разрезе Бородинский, было отобрано четыре пробы бурого угля марки Б2, с пластов: Рыбинский – 1, Рыбинский – 2, Бородинский – 1, Бородинский – 2.

- Б1** - угли с пласта Рыбинский
- Б2** - угли с пласта Рыбинский
- Б3** - угли с пласта Бородинский – 1
- Б4** - угли с пласта Бородинский – 2

Разрез Переяславский.

На разрезе Переяславский, была отобрана одна проба бурого угля марки Б3, с пласта: Мощный.

- П1** - угли с пласта Мощный

ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ
Разрез Мугунский.

На разрезе Мугунский, было отобрано четыре пробы бурого угля марки Б3, с пластов: I, IA, IB и II.

- М1** - угли с пласта I
- М2** - угли с пласта IA
- М3** - угли с пласта IB
- М4** - угли с пласта II,

Разрез Азейский.

На разрезе Азейский, было отобрано две пробы бурого угля марки Б3, с пластов: Первый и Второй.

- A1** - угли с пласта Первый
- A2** - угли с пласта Второй

ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ
Разрез Харанорский.

На разрезе Харанорский, было отобрано четыре пробы бурого угля марки Б2, с пластов: Линза, Новый 1А, Новый 1Б, Новый 2.

- X1** - угли с Линзы
- X2** - угли с пласта Новый 1А
- X3** - угли с пласта Новый 1Б
- X4** - угли с пласта Новый 2

ПРИЛОЖЕНИЕ И

(продолжение)

Табл. 1. Результаты полигонных испытаний.

проба	Инкубационный период самовозгорания	Парение угля наблюдалось	Самовозгорание
Б1	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
Б2	Более 180 суток	На 53 сутки	Не произошло
Б3	25 суток	На 20 сутки	На 25 сутки
Б4	47 суток	На 46 и 68 сутки	На 47 сутки
П1	79 суток	На 77 сутки	На 79 сутки
М1	85 суток	На 82 сутки	На 85 сутки
М2	Более 180 суток	На 62 сутки	Не произошло
М3	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
М4	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
А1	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
А2	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
Х1	Более 180 суток	На 71 сутки	Не произошло
Х2	Более 180 суток	На 49 и 168 сутки	Не произошло
Х3	Более 180 суток	Не наблюдалось	Не произошло
Х4	154 суток	На 53 сутки	На 54 сутки

Начальник службы - начальник ОТК



/Мерцалов С.В./

Аспирант каф. УПП, ИргТУ



/Шестакова И.И./


ВОСТСИБУГОЛЬ

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "КОМПАНИЯ "ВОСТСИБУГОЛЬ"

ФИЛИАЛ «РАЗРЕЗ «ТУЛУНУГОЛЬ»

 Утверждаю:
 Директор филиала
 «Разрез «Тулунуголь» ООО «КВСУ»
 С.Л.Иванов


ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

№ 19 от «10» июля 2012 года

по определению инкубационного периода самовозгорания

Период проведения: с 04 июля по 07 июля 2012г.

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ

Разрез Бородинский.

На разрезе Бородинский, было отобрано четыре пробы бурого угля марки Б2, с пластов: Рыбинский – 1, Рыбинский – 2, Бородинский – 1, Бородинский – 2.

- Б1** - угли с пласта Рыбинский
- Б2** - угли с пласта Рыбинский
- Б3** - угли с пласта Бородинский – 1
- Б4** - угли с пласта Бородинский – 2

Разрез Переяславский.

На разрезе Переяславский, была отобрана одна проба бурого угля марки Б3, с пласта: Мощный.

- П1** - угли с пласта Мощный

ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ

Разрез Мугунский.

На разрезе Мугунский, было отобрано четыре пробы бурого угля марки Б3, с пластов: I, IA, IB и II.

- М1** - угли с пласта I
- М2** - угли с пласта IA
- М3** - угли с пласта IB
- М4** - угли с пласта II,

Разрез Азейский.

На разрезе Азейский, было отобрано две пробы бурого угля марки Б3, с пластов: Первый и Второй.

- A1** - угли с пласта Первый
- A2** - угли с пласта Второй

ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ

Разрез Харанорский.

На разрезе Харанорский, было отобрано четыре пробы бурого угля марки Б2, с пластов: Линза, Новый 1А, Новый 1Б, Новый 2.

- X1** - угли с Линзы
- X2** - угли с пласта Новый 1А
- X3** - угли с пласта Новый 1Б
- X4** - угли с пласта Новый 2

ПРИЛОЖЕНИЕ К
(продолжение)

Табл.1. Результаты лабораторных испытаний.

Проба	Критическая температура, $t_{кр.}, ^\circ\text{C}$	Инкубационный период самовозгорания, $\tau_{инк.}, \text{сут.}$
Б1	51	1,04
Б2	54	0,79
Б3	45	0,88
Б4	53	0,83
П1	66	2,13
М1	61	1,75
М2	59	1,52
М3	61	1,68
М4	63	1,96
А1	61	1,65
А2	63	1,88
Х1	49	1,29
Х2	52	1,11
Х3	55	1,16
Х4	46	0,67

Начальник службы - начальник ОТК



/Мерцалов С.В./

Аспирант каф. УПП, ИргТУ



/Шестакова И.И./



УТВЕРЖДАЮ:

Управляющий филиалом
ОАО «СУЭК-Красноярск»
«Разрез Бородинский
имени М.И. Щадова»
Н.И. Лалетин

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

№ _____ от «30» ноября 2012 года
по определению эффективной концентрации ПАВ

Время проведения эксперимента: с 1 июня по 30 ноября 2012г.

Объект исследования: бурые угли с пласта Бородинский-I.

Антипирогенный состав: H_3PO_4 (5%) + ПАВ (0,5-2%) + H_2O

1 штабель – контрольный, не обрабатывался;

2 штабель – экспериментальный 1, свежий уголь был обработан 5% раствором фосфорной кислоты с добавкой 0,5% ПАВ;

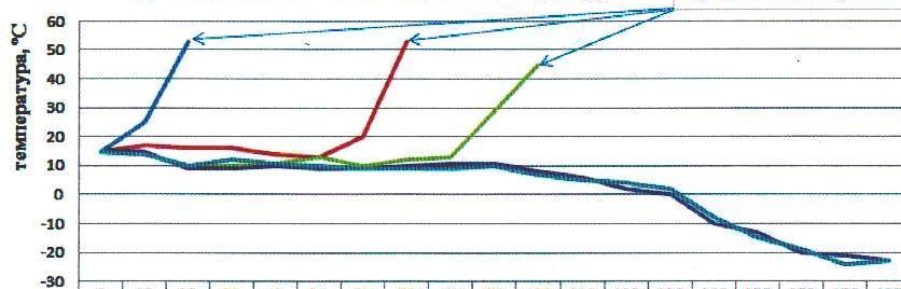
3 штабель – экспериментальный 2, свежий уголь был обработан 5% раствором фосфорной кислоты с добавкой 1% ПАВ;

4 штабель – экспериментальный 3, свежий уголь был обработан 5% раствором фосфорной кислоты с добавкой 1,5% ПАВ;

5 штабель – экспериментальный 4, свежий уголь был обработан 5% раствором фосфорной кислоты с добавкой 2% ПАВ.

Динамика изменения температуры

произошло возгорание



	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки
— контрольный штабель	15	25	53																
— 0,5% ПАВ	15	17	16	16	14	13	20	53											
— 1,0% ПАВ	15	14	10	10	11	13	10	12	13	29	45								
— 1,5% ПАВ	15	15	9	9	10	9	9	10	11	11	8	6	2	0	-10	-13	-20	-21	-23
— 2,0% ПАВ	15	14	10	12	11	10	9	9	9	10	7	5	4	2	-8	-15	-19	-24	-23

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

(продолжение)

Результаты:

Контрольный штабель возгорелся на 21 сутки.

Штабель обработанный антипирогенным составом с 0,5% ПАВ возгорелся на 73 сутки.

Штабель обработанный антипирогенным составом с 1% ПАВ возгорелся на 101 сутки.

Штабель обработанный антипирогенным составом с 1,5% ПАВ не возгорелся в течении 180 суток.

Штабель обработанный антипирогенным составом с 2% ПАВ не возгорелся в течении 180 суток.

Раствор H_3PO_4 (5%) + ПАВ (0,5%) + H_2O дает необходимый профилактический результат, повышение концентрации ПАВ не существенно сказывается на профилактических свойствах раствора.

Главный технолог –
начальник технического отдела



М.А. Кочурова

Начальник ОТК



Т.И. Белова

Аспирант каф. УПП, ИрГТУ



И.И. Шестакова

**ВОСТСИБУГОЛЬ**

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "КОМПАНИЯ "ВОСТСИБУГОЛЬ"

ФИЛИАЛ «РАЗРЕЗ «ТУЛУНУГОЛЬ»

Утверждаю:
 Директор филиала
 «Разрез «Тулунуголь» ООО «КВСУ»
 С.Л.Иванов



ПРОТОКОЛ
 ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ
 № 15 от «09» июля 2011 года

Измерение концентрации огнетушащего аэрозоля СБК-2М

Табл. 1. Результаты исследования огнетушащего состава

проба	концентрация, кг/м ³
Красноярский край	
Разрез Бородинский	
Рыбинский-1	13*10 ⁻³
Рыбинский-2	10*10 ⁻³
Бородинский-1	13*10 ⁻³
Бородинский-2	11*10 ⁻³
Разрез Переясловский	
Мощный	11*10 ⁻³
Иркутская область	
Разрез Мугунский	
Пласт I	15*10 ⁻³
Пласт I А	13*10 ⁻³
Пласт I Б	13*10 ⁻³
Пласт II	13*10 ⁻³
Разрез Азейский	
Пласт I	15*10 ⁻³
Пласт II	13*10 ⁻³
Забайкальский край	
Разрез Харанорский	
Линза	10*10 ⁻³
Новый IА	10*10 ⁻³
Новый IБ	12*10 ⁻³
Новый II	11*10 ⁻³

Начальник службы - начальник ОТК
 Аспирант каф. УПП, ИрГТУ

/Мерцалов С.В./

/Шестакова И.И./

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
СУЭК-КРАСНОЯРСК

Филиал "Разрез Бородинский имени М.И. Щадова"

СОГЛАСОВАНО

Проректор НИ ИрГТУ
 (Н.П. Коновалов)
_____ 2014 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Управляющий филиалом
ОАО «СУЭК-Красноярск»
«Разрез Бородинский
имени М.И. Щадова»
 **Н.И. Лалетин**

АКТ
о внедрении результатов научно-технических разработок
г. Бородино 23» декабря 2013г

Мы, нижеподписавшиеся, представители филиала ОАО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Бородинский имени М.И. Щадова»: Кочурова М.А. – главный технолог – начальник технического отдела; Белова Т.И. – начальник ОТК; Кустицкая Т.В. – заместитель управляющего филиалом по финансам и экономике, составили настоящий акт о том, что в рамках разработки проектной документации разреза Бородинский по результатам научных исследований, проведенных в диссертационной работе Шестаковой Инны Ивановны «Устранение пожароопасных процессов при разработке бурогольных месторождений Восточной Сибири и Забайкальского края» внедрено применение антипирогенного состава H_3PO_4 (5%) + ПАВ (0,5%) + H_2O для пласта Бородинский-I.

Применение предложенных разработок по профилактике возникновения эндогенных пожаров на разрезе способствовало уменьшению содержания СО в атмосфере как в рабочей зоне, так и в пределах санитарно-защитной зоны предприятия, позволило снизить по угольному пласту Бородинский-I число случаев возникновения пожаров с декабря 2012 по ноябрь 2013гг. в 2,3 раза. Снизилась затраты на ликвидацию эндогенных пожаров за счет уменьшения количество рабочего времени персонала и техники, задействованных на данных работах.

Экономический эффект составил 11,2 млн. рублей (расчет экономического эффекта закрыт и хранится ОАО «СУЭК-Красноярск»).

Главный технолог –
начальник технического отдела

Начальник ОТК

Заместитель управляющего филиалом
по финансам и экономике

Аспирант каф. УПП, ИрГТУ



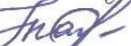
М.А.Кочурова



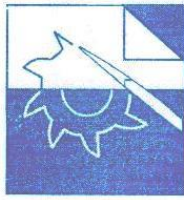
Т.И. Белова



Т.В. Кустицкая



И.И. Шестакова



Закрытое акционерное общество
“ВОСТСИБГИПРОШАХТ”
ЗАО ВОСТСИБГИПРОШАХТ

664003, г.Иркутск, Ул.Дзержинского 1, факс: 24-38-40, 24-39-20, телефон: 24-39-49, e-mail.: vsgshaht@irmail.ru

№ _____

на № _____

СОГЛАСОВАНО:

Проректор НИ ИрГТУ

(Н.П. Коновалов)

2014 г.



ТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

(Б.Н. Бурим)

2014 г.



Справка

об использовании результатов научно-технической работы

Дана Ивановой Инне Ивановне, аспирантке кафедры «Управление Промышленными Предприятиями» НИ ИрГТУ в том, что она участвовала в разработке рекомендаций по разработке технологии добычных работ на пожароопасных буроугольных месторождениях Восточной Сибири, по договору «625» (225/12) от 12 мая 2012 года, при этом были использованы результаты ее научно-исследовательской работы в области экологической безопасности разрезов Восточной Сибири.

Главный инженер

ЗАО «Востсибгипрошахт»

Б.П. Григорьев