

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ- ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ПРОЕКТЕ

Тема проекта: «Технология тушения эндогенных пожаров на примере Коркинского
буроугольного разреза»

Исполнители: кандидат технических наук,
доцент кафедры разработки месторождений
полезных ископаемых _____ Аргимбаев Каербек Рафкатович
студент 4 курса по направлению
«Открытые горные работы» _____ Миронова Кристина Владимировна

Санкт-Петербург
2019

Реферат

Резкое прекращение работы угольных разрезов во многих случаях осложняется эндогенными пожарами, которые не только наносят значительный материальный ущерб, но и ухудшают санитарно-гигиенические условия и безопасность жизнедеятельности людей близлежащих поселков и городов, а также животного и растительного мира. Все это обуславливает необходимость радикальных мер, направленных на охрану окружающей среды, повышение безопасности и улучшение санитарно-гигиенических условий для жизни людей.

В отчете приведены данные об эндогенных пожарах на Коркинском бурогольном разрезе за 2012-2014 гг., выявлены очаги самовозгорания, произведен анализ существующих в России и за рубежом антипирогенов.

Обработка экспериментальных данных позволила установить зависимости частоты возникновения пожаров, относительной влажности и средней температуры воздуха за определенный период времени, изменения температуры угля и воздуха в период выпадения осадков.

По вышеизложенным результатам разработан экологичный раствор «ККВ», объединяющий в себе положительные стороны всех существующих антипирогенов и ингибиторов, меняющийся по составу в соответствии с условиями использования и обладающий хорошей адгезией к покрываемым материалам. Рассмотрена технология его нанесения.

Произведены лабораторные исследования, позволившие изучить полученное твердое покрытие на прочность, размывание и воспламеняемость, определить область его применения.

Данное изобретение может быть использовано для борьбы с эндогенными пожарами, укрепления откосов уступа от осыпей, изоляции свалок, при складировании песка, почвенно-растительного слоя, загрязненного грунта, хвостов обогащения, золы, и другого, для защиты содержимого от осадков, пожаров или ветра, а также при транспортировке угля, для восстановления поврежденных поверхностей.

Разделы, освещенные в данной работе, защищены авторскими правами.

Содержание

Введение	4
1. Теория самовозгорания угля.....	6
2. Результаты исследования	8
2.1. Анализ атмосферных условий Коркинского разреза	8
2.2. Лабораторные исследования бурых углей Коркинского разреза	10
3. Изыскание нового ингибитора-антипирогена для борьбы с эндогенными пожарами	17
3.1. Анализ существующих антипирогенов для бурых углей.....	17
3.2. Изыскание нового способа борьбы с антропогенными пожарами в Коркинском угольном разрезе.....	20
4. Область использования	24
5. Технология нанесения раствора «ККВ»	25
6. Выводы и заключение	27
Список используемой литературы	29

Введение

Стихийные возгорания угля (эндогенные пожары) характерны для многих угольных предприятий не только в России, но и за рубежом.

Возгорания угля на обнаженных угольных поверхностях, на складах и навалах угля, отвалах вскрышных пород несут с собой не только экономические потери, но и экологические проблемы.

Коркинский бурогольный разрез — одна из основных экологических проблем Челябинской области. Эндогенные пожары, возникающие на разрезе, загрязняют воздух в городе Коркино и других поселениях района, а также в г.Челябинске. Продукты горения угля, выбрасываемые в атмосферу, могут оказывать и вредное воздействие на человека, урожай, животный мир и различные материалы. Оползневые явления на бортах разреза угрожают разрушением жилым домам и социальным объектам близлежащих поселений.

В углях Коркинского разреза (рисунок 1) в разных количествах присутствуют включения горных пород минералов. Это силикаты Al, Fe, Ca, Mg, Na и K, карбонаты (CaCO_3 , MgCO_3 , FeCO_3 и т. д.), сульфаты (CaSO_4 , FeSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и т. д.), оксиды (FeO , CaO и т. д.), сульфиды (FeS_2), органоминералы — соли гуминовых кислот (гуматов), а также 46% углерода. [2, 7]. Теплота сгорания 29 МДж/кг.

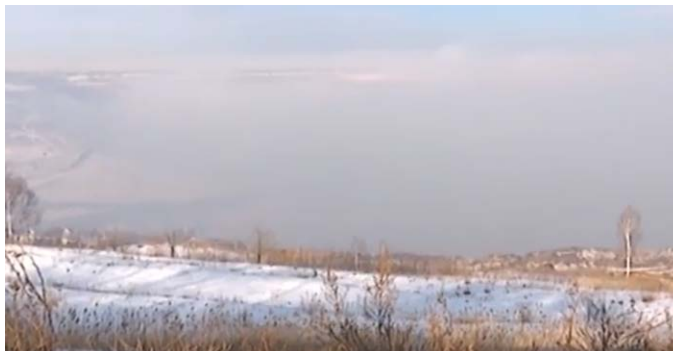


Рисунок 1 – Бурый уголь Коркинского разреза

На разрезе имеются около 10 участков, склонных к самовозгоранию, где окислительные процессы и очаги пожаров выделяют много тепла, приводят к образованию углекислого газа, бензопирена, диоксида серы, сероводорода, сернистого газа (вблизи заповаренных участков), превышающие ПДК, вызывающие насморк, кашель, охриплость голоса, першение в горле, а также необычный привкус во рту. Это характерно из-за большого содержания битумизированных веществ, сульфидных выделений на глубине 265-345 м, имеющих генетическую связь с нефтепроявлениями. Вопрос борьбы с эндогенными

пожарами стал особенно острым в связи с большой глубиной разреза и прекращением ведения горных работ (рисунок 2).

а



б



Рисунок 2 – Коржинский буроугольный разрез

а – смог в Коржинском разрезе (март 2014 г.); б – схема возможных участков самонагрева

К настоящему времени еще не разработаны эффективные, приемлемые для условий разреза способы и средства борьбы с эндогенными пожарами. Решение данного вопроса должно обеспечить охрану окружающей среды, не загрязнять подземные, грунтовые воды и массив, предотвращать оползни уступов, что позволит безопасно зарекультивировать разрез песками строящегося Томинского ГОКа.

1. Теория самовозгорания угля

Научных теорий и причин самовозгорания угля, судя из литературных источников, достаточно много. Наиболее достоверной является адсорбционная, основанная на поглощении кислорода угольным веществом. Согласно исследованиям [17], с угольным веществом соединяется не только кислород, содержащийся в воздухе, но и в воде. Это подтверждается практикой — влажный уголь легче самовозгорается. С увеличением влажности полезного ископаемого до определенного значения возрастает скорость сорбции кислорода с углем и наоборот. Это объясняется интенсификацией электрохимических процессов при наличии определенного количества влаги.

Уголь поглощает своей поверхностью кислород. При этом возникает химическая реакция соединения углерода с кислородом ($C + O_2 = CO_2$), которая протекает с выделением тепла. Следовательно, процесс самовозгорания обусловлен двумя факторами — площадью поверхности угольного вещества и количеством кислорода, который с ней соприкасается. Чем больше поверхность угля, тем больше вероятность его самовозгорания при приблизительно одинаковом количестве кислорода.

Самовозгорание угля может возникнуть не только в тех местах, где уголь имеет непосредственный контакт с потоками воздуха, недостаточно интенсивными для отвода накапливающегося тепла, оно может наступить также и в пространствах, на первый взгляд хорошо изолированных, где имеются остатки неизвлеченного угольного пласта. Необходимое количество кислорода часто проходит через трещины в массиве при колебаниях барометрического давления. При падении барометрического давления понижается давление в массиве. Давление атмосферы в изолированном пространстве, которое находилось в равновесии с первоначальным давлением в открытом пространстве, стремится выровнять возникшую разность. При этом сквозь трещины в породах проходят продукты окисления угля. [4]

Исходя из теории комплекса «уголь — кислород», склонность угля к самовозгоранию зависит от интенсивности развития процесса окисления при взаимодействии с кислородом воздуха. Чем интенсивнее протекает реакция окисления, тем более склонен уголь к самовозгоранию.

По методике [17], позволяющей наблюдать за процессом самонагревания угля и широко апробированной на практике, наблюдаются три стадии развития процесса окисления: выпаривание влаги из угля, интенсивное окисление и низкотемпературное горение.

Первая стадия — выпаривание влаги из угля характеризуется незначительным поглощением кислорода, выделением газообразных продуктов окисления. Кислород, поглощаемый углем, идет на адсорбцию, образование воды, CO и CO₂. В этой стадии преобладает процесс адсорбции.

Вторая стадия характеризуется интенсивным увеличением скорости разогревания угля, поглощением кислорода и выделением CO и CO₂. В этой стадии, наряду с процессом адсорбции, наблюдается хемсорбция, так как кислород, поглощаемый углем, не только адсорбируется, но и расходуется в значительной части на образование CO и CO₂.

Третья стадия характеризуется снижением скоростей разогревания угля и интенсивным выделением CO и CO₂, вследствие недостаточного притока кислорода.

Температурные интервалы, в которых протекают перечисленные стадии, зависят от степени метаморфизма угля и сорбционной способности к кислороду воздуха. [5] С уменьшением степени метаморфизма температурные интервалы смещаются в сторону более низких температур и увеличиваются скорость разогревания угля, количество поглощенного кислорода и выделившихся продуктов окисления — CO и CO₂ на 1 г. с угля. Стадия интенсивного окисления бурых коркинских углей протекает при температуре 49 — 69 °С.

2. Результаты исследования

2.1. Анализ атмосферных условий Коркинского разреза

Учитывая теорию самовозгорания угля, были изучены атмосферные условия Коркинского разреза, которые характеризуются непостоянством метеорологических условий. Климатические особенности в карьере зависят от состояния атмосферы прилегающего района и обуславливаются разнообразными формами рельефа, в том числе и выработанным пространством.

Наибольшие амплитуды колебаний температуры наблюдаются в летние и осенние периоды года и составляют 12-15°, иногда 20-25°C. Амплитуда суточных колебаний относительной влажности составляет 40-45 %.

Ветровой режим карьера складывается из потоков воздуха, движущихся над карьерным пространством, и местных потоков, образующихся в результате неравномерности прогрева отдельных участков карьера при своеобразных формах их рельефа.

Интенсивность местных потоков в карьере снижается в зимнее время. Более того, после длительного периода холодной погоды и при слабом ветре или штиле на поверхности земли на дне карьера развиваются инверсии температуры. В периоды инверсий вредные примеси слабо удаляются из атмосферы карьера и скапливаются в опасных для здоровья человека концентрациях, а при появлении ветра, в большом количестве выдуваются из карьерного пространства в сторону близлежащих населенных пунктов. В эти же периоды возникают благоприятные условия для образования туманов и смога, а также антропогенных пожаров (рисунок 2).

Повышение температуры в слое инверсии на дне Коркинского разреза - поверхности земли доходило до 9°C. Одновременно в карьере возникает туман, снижающий видимость до 4 метров.

Таким образом, основными источниками загрязнения карьера следует считать окислительные процессы на различных стадиях развития процесса окисления.

Расчеты показали, что с одного квадратного метра запожаренной площади может выделяться до 0,00135 м³/час окиси углерода.

Статистические данные, характеризующие количество и места возникновения пожаров в Коркинском разрезе за 2012-2014 г. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные эндогенных пожарах в Коркинском буроугольном разрезе за 2012-2014 гг.

Время наблюдения	Количество пожаров				Общая запожаренная площадь, м ²
	Всего	В навалах	В целиках	В оползнях	
2012 год					
1 квартал	44	22	20	2	199435
2 квартал	37	18	17	2	171710
3 квартал	28	15	12	2	164910
4 квартал	15	12	1	2	104660
2013 год					
1 квартал	15	12	2	1	92400
2 квартал	30	25	4	1	109100
3 квартал	27	22	4	1	104600
4 квартал	23	20	2	1	23000
2014 год					
1 квартал	19	12	6	1	104200
2 квартал	19	12	6	1	104200
3 квартал	18	11	6	1	10320
4 квартал	17	12	3	2	7360

Из таблицы 1 видно, что местом возникновения большей части пожаров являются породно-угольные навалы, угольные осыпи, обрушенные уступы, разрушенные забои и площадки хранения угля. Накоплению значительных объемов навалов внутри карьера способствовал существовавший послойный порядок отработки мощных угольных пластов, а также использование горной массы в качестве основания для укладки железнодорожных путей.

Большую опасность в пожарном отношении представляют выходы угольных пластов, часть мощности которых отработана лавами закрытых шахт. В отдельных случаях причиной оставления разрыхленного угля в угольном массиве является некачественная зачистка ковшем экскаватора элементов уступа.

Ранее, проведенные наблюдения в Коркинском разрезе, показывают, что продолжительность инкубационного периода зависит от формы и размеров скоплений,

степени уплотненности и фракционного состава угля. Перечисленные факторы определяют приток свежего воздуха в скопления и рассеивание генерирующегося тепла.

Снижению пожароопасности скоплений способствует уплотнение горных пород и увеличение их внешней поверхности. Напротив, наличие в нижней части навалов крупных кусков горной массы (сегрегация материала) и значительная их высота создают благоприятные условия для возникновения очагов самовозгорания.

Кроме перечисленных факторов на пожароопасность горных работ существенное влияние оказывает микроклимат карьера, характеризующийся крайним непостоянством температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, величины солнечной радиации и других факторов.

Частота возникновения эндогенных пожаров возрастает в периоды повышенной относительной влажности воздуха в карьере, особенно в осенний и весенний период, когда после теплых солнечных дней резко возрастает относительная влажность воздуха. В этом случае несколько подсушенный уголь интенсивно поглощает водяные пары, что является одной из причин повышения температуры внутри скоплений разрыхленной горной массы.

Однако, из рисунка 3 видно, что в различные годы фиксировалось различное количество очагов пожаров. Это объясняется степенью принятия необходимых мероприятий по борьбе с антропогенными пожарами в зависимости от квартала. В то же время при высоких температурах интенсивность дальнейшего развития процесса самовозгорания угля в глубине окисляющихся объемов слабо зависит от температуры воздуха, чем и можно объяснить продолжение эндогенных пожаров в карьерах в холодный период года.

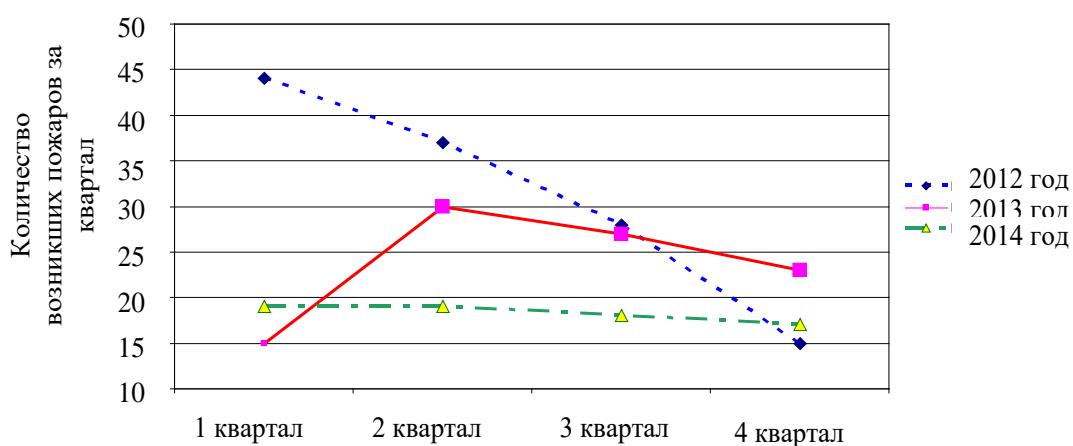


Рисунок 3 – Частота возникновения пожаров на Коркинском угольном разрезе

2.2. Лабораторные исследования бурых углей Коркинского разреза

Лабораторные исследования по изучению влияния фракционного состава на интенсивность влагообмена показали, что через уголь крупностью 0,25-0,5 мм; 0,5-1,0 мм;

1,0-2,0 мм; 1,0-3,0 мм; 0,0-6,0 мм и 0,0-10,0 мм количество проходящего воздуха составляло 0,7 л в минуту.

При этом, максимальная интенсивность испарения наблюдалась у угля, фракционный состав которого 0,25-0,5 мм. За первые 3 часа она составила 1,1 % в час. Минимальная интенсивность испарения (0,8 % в час) - у угля крупностью 3,0-6,0 мм.

Таким образом, фракционный состав угля существенно влияет на интенсивность поглощения влаги. Это влияние объясняется тем, что с уменьшением размеров частиц угля возрастает их суммарная поверхность в единице объема, способная удерживать внешнюю влагу. Исходя из этого, следует, что более опасными в пожарном отношении являются мелкие фракции угля. Данный вывод подтверждается визуальными наблюдениями за местами возникновения эндогенных пожаров (рисунок 4).



Рисунок 4 – Участок самонагрева (март 2014 г.)

Очаги пожаров в скоплениях разрыхленного угля, в породно-угольных навалах и в осыпях обычно возникают на границе между нижней крупно-кусковой частью скоплений и верхней, состоящей из мелких фракций. При этом, увеличение скорости воздушного потока приводит к увеличению интенсивности влагообмена (рисунок 5).



Рисунок 5 - Лабораторные исследования по изучению влияния фракционного состава на интенсивность влагообмена

Наступление гигроскопического равновесия (полное прекращение влагообмена) между углем и воздухом проводились при температурах 40, 25, 10, 0 и - 10°C. В сосуды загружался уголь с размером зерен 1,0-3,0 мм, через него прокачивалась 0,5 л в минуту воздуха с различным содержанием влаги.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что гигроскопическое равновесие угля, в основном, определяется относительной влажностью воздуха. Вместе с тем, оно зависит от температуры среды. При этом, испарение влаги из Коркинского угля, через который проходит абсолютно сухой воздух, прекращается при наличии в угле 1,5 - 2,1% влаги.

Со временем, когда влажность угля становится близкой к влажности равновесного состояния, интенсивность влагообмена падает. В отдельных случаях за первый час уголь может терять более 1% влаги. Через 20-50 часов уголь теряет 0,005% и менее влаги в час.

Максимальная интенсивность испарения наблюдалась при температуре более 40°C. С несколько меньшей интенсивностью испарение влаги происходило при температурах плюс 25, плюс 10, 0 и минус 10°C. В этих пределах, как показали эксперименты, температура оказывает лишь небольшое влияние на интенсивность испарения.

Установлено, что максимальная интенсивность поглощения влаги наблюдается при температурах от 0 до плюс 25°C. С меньшей интенсивностью влага поглощается при отрицательных температурах. При температуре плюс 40°C уголь практически не поглощает влагу.

Для условий Коркинского разреза относительную влажность и температуру принимали исходя из статистических метеоданных [18], характерных для г. Челябинска (рисунок 6 и 7), которые использовались в дальнейших расчетах гигроскопической характеристики.

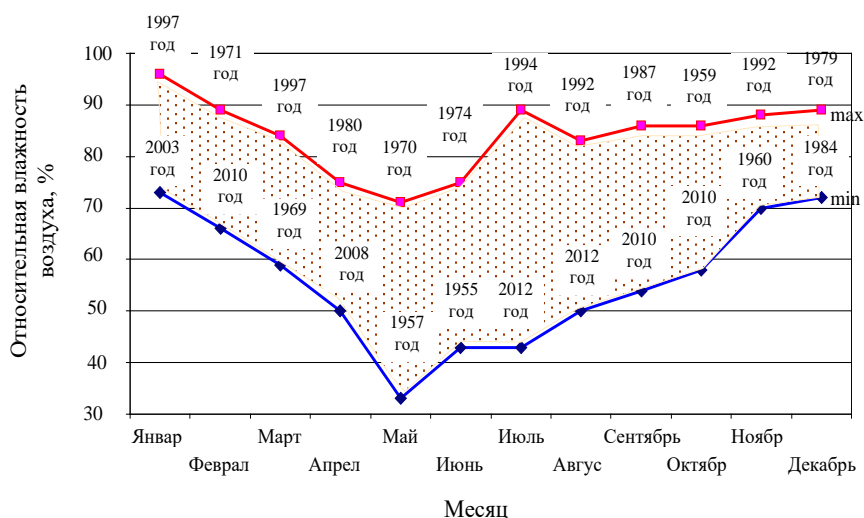


Рисунок 6 – Относительная влажность, %

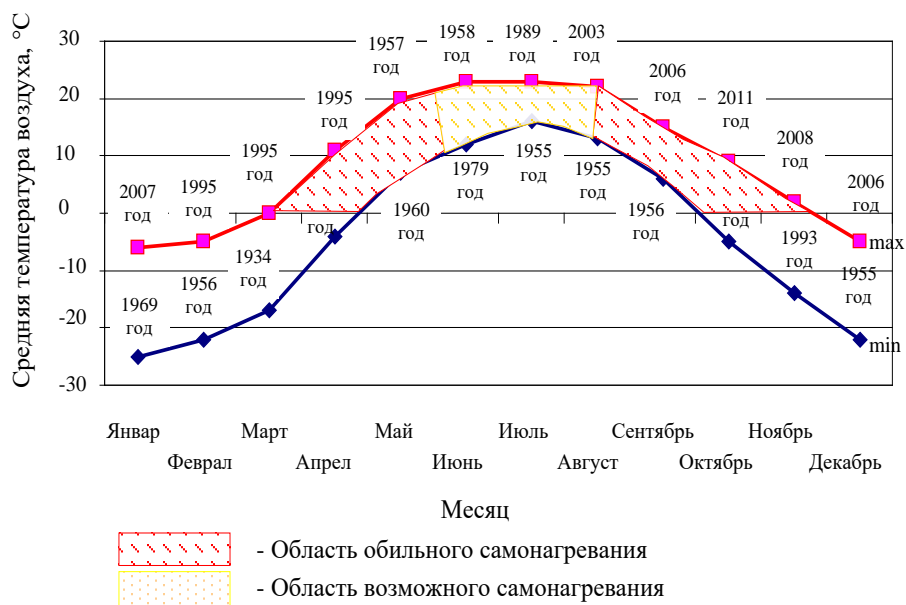


Рисунок 7 – Средняя температура воздуха, °C

В период снижения влажности окисляющегося угля важную роль в активизации процесса самовозгорания играет фактор осадков. При этом осадки двояко влияют на температурный режим самонагревающихся полезных ископаемых в объеме (рисунок 8). В начальный период выпадения осадков в виде дождя температура самонагрева падает вследствие поглощения влагой тепла. После некоторого времени интенсивность самонагрева резко возрастает. Это можно объяснить интенсификацией электрохимических окислительных процессов, если учесть, что в дождевой воде содержится до 30 % кислорода. Однако при длительных периодах и значительных количествах выпадения осадков процесс самонагрева может затухать и полностью прекратиться. При этом отмечено, что влажность руды может подняться от 6... 7 до 14...20 %.

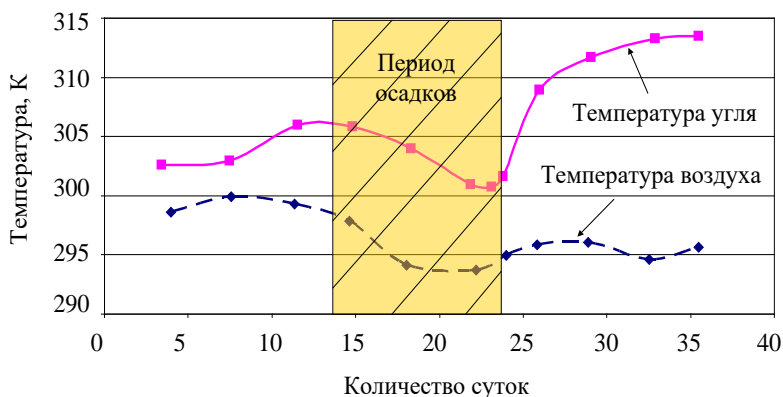


Рисунок 8 – Изменение температуры угля и воздуха в период выпадения осадков

Обработка экспериментальных данных позволила установить следующую гигроскопическую характеристику угля как функцию от относительной влажности и температуры среды (рисунок 9).

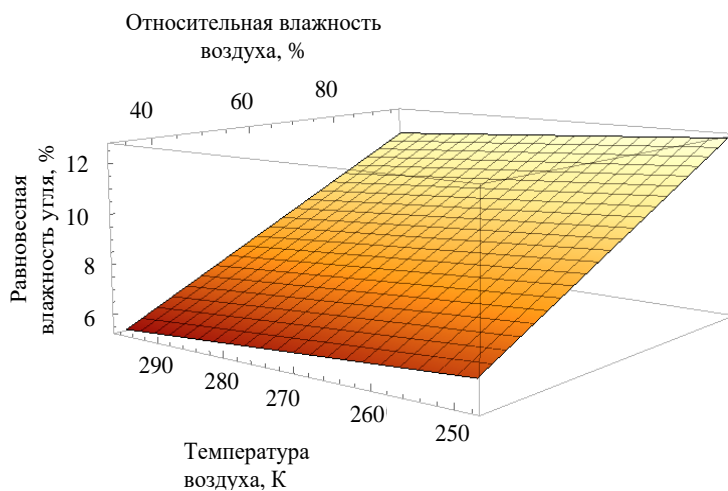


Рисунок 9 - Влажность угля при равновесном состоянии (равновесная влажность угля)

Функция интенсивности испарения влаги представлена на рисунке 10.

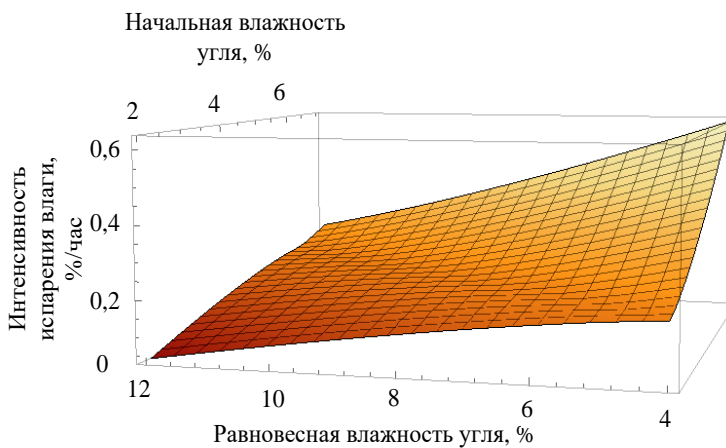


Рисунок 10 - Интенсивность испарения влаги при температурах от минус10 до плюс 25 °С

Функция интенсивности поглощения влаги представлена на рисунках 11 и 12.

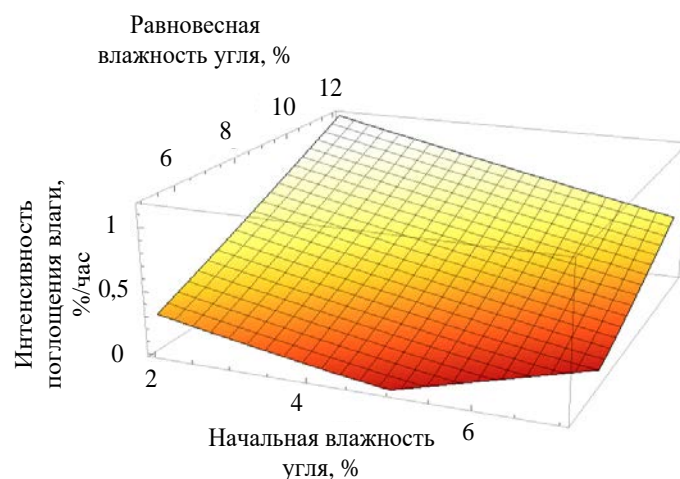


Рисунок 11 - Интенсивности поглощения влаги при температурах от 0 до плюс 25 °С

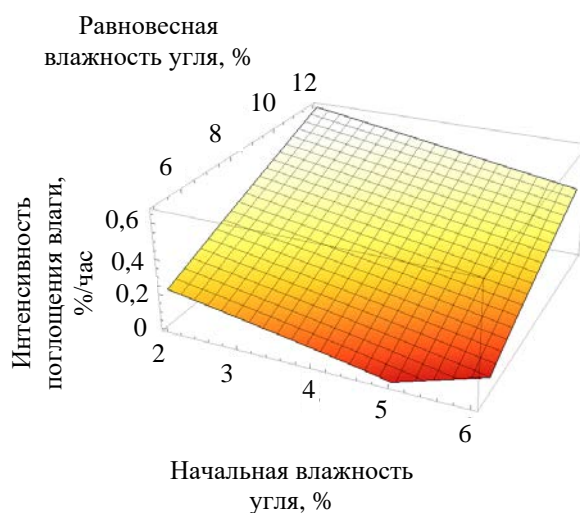


Рисунок 12 - Интенсивности поглощения влаги при температурах от минус 10 до 0 °С

Приведенные зависимости позволяют в конкретных условиях определять количественную значимость процесса влагообмена в тепловом балансе самонагревающегося угля.

Роль влагообмена в тепловом балансе можно установить только сравнивая эту величину с теплотой сорбции углем кислорода. Последняя зависит от скорости сорбции кислорода, являющейся показателем химической активности угля.

Изменение сорбционной способности и химической активности обычного и активированного предварительным нагреванием до 50-70°С Коркинского угля исследовались в лабораторных условиях по методике, разработанной в ИГД им. А.А. Скочинского. Результаты показали, что даже незначительное нагревание повышает химическую

активность бурого угля в несколько раз. Этим свойством объясняется частое возникновение рецидивов пожаров в угольном разрезе на участках, расположенных в непосредственной близости от запожаренных мест.

Константа скорости сорбции, вычисленная по указанной методике, составляет 0,07-0,12 мм/г.час.

Расчеты с использованием приведенных данных показали, что для компенсации теплоты сорбции кислорода требуется очень незначительная (менее 0,02 %/час) интенсивность испарения влаги из угля, но угольный разрез характеризуется крайним непостоянством параметров микроклимата, что создает условия, при которых теплота поглощения водяных паров может значительно превышать теплоту сорбции кислорода.

Таким образом, лабораторные исследования подтвердили, что в условиях Коркинского угольного разреза влагообмен может оказывать на начальный период (1 и 2 стадии окисления) самонагревания весьма существенное, а в отдельных случаях и решающее влияние.

Учитывая изложенное, при разработке средств и способов профилактики эндогенных пожаров значительный интерес представляет возможность снижения интенсивности влагообмена между воздухом, водой и углем за счет его обработки растворами. Поэтому испытываемые антипирогены должны удовлетворять требованиям: препятствовать сорбции углем кислорода, одновременно снижать интенсивность влагообмена, а в некоторых случаях сохранять влагу, препятствуя ее выпариванию из угля.

3. Изыскание нового ингибитора-антипирогена для борьбы с эндогенными пожарами

3.1. Анализ существующих антипирогенов для бурых углей

В условиях Коркинского разреза были применены многочисленные методы и способы профилактики эндогенных пожаров, к ним можно отнести как технологические, так и применение химических и минеральных веществ, которые способны замедлить иницирующее действие активных органических и минеральных составляющих угля, например перекисных соединений и соединений железа и др. [12, 13]

В качестве антипирогенов были проанализированы химические вещества (таблица 2) в различных сочетаниях и концентрациях, нейтрализованный черный контакт (*НЧК*), смесь НЧК с хлористым кальцием ($CaCl_2$), а также водные растворы органических и неорганических кислот, хлоридов, алмонийных солей, фтористого натрия, триэтаноламина, ПВА, ПАА, К-4, отходов производства оксиэтилированных жирных кислот, карбоксиметилцеллюлозы.

Таблица 2 - Растворы антипирогенов, применяемые в отечественной и зарубежной практике

№ п/п	Растворы антипирогенов	Факт. тем-ра загорания, °С
1.	Уголь, пропитанный водопроводной водой	192
2.	Уголь сухой	243
3.	Уголь, пропитанный 1-% раствором смолы МФ-17	287
4.	Уголь, пропитанный 2-% раствором смолы МФ-17	250
5.	Уголь, пропитанный 3-% раствором смолы МФ-17	262
6.	Уголь, пропитанный 1-% раствором смолы МФ-17 с добавкой щавелевой кислоты	299
7.	Уголь, пропитанный 2-% раствором смолы МФ-17 с добавкой щавелевой кислоты	283
8.	Уголь, пропитанный 1-% раствором жидкого стекла	250
9.	Уголь, пропитанный 3-% раствором жидкого стекла	250
10.	Уголь, пропитанный 5-% раствором жидкого стекла	287
11.	Уголь, пропитанный 7-% раствором жидкого стекла	225

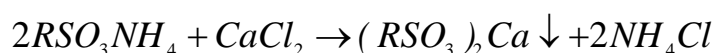
№ п/п	Растворы антипирогенов	Факт. тем-ра загорания, °С
12.	Уголь, пропитанный водным раствором (5-% CaCl_2 , 2,5-% жидкого стекла)	275
13.	Уголь, пропитанный водным раствором (10-% CaCl_2 , 1-% смолы МФ-17)	350
14.	Уголь, пропитанный водным раствором (10-% CaCl_2 , 1-% смолы МФ-17 с добавкой щавелевой кислоты)	260
15.	Уголь, пропитанный водным раствором (10-% CaCl_2 , 1-% смолы МФ-17, 1-% жидкого стекла)	323
16.	Уголь, пропитанный водным раствором (5-% CaCl_2 , 1-% смолы МФ-17)	320
17.	Уголь, пропитанный водным раствором (5-% CaCl_2 , 1-% смолы МФ-17, 1-% жидкого стекла)	290
18.	Уголь, пропитанный водным раствором (5-% CaCl_2 , 1-% жидкого стекла)	280
19.	Уголь, пропитанный водным раствором (10-% CaCl_2 , 1-% жидкого стекла)	295
20.	Уголь, пропитанный 1-% раствором соды Na_2CO_3	310
21.	Уголь, пропитанный 5-% раствором соды Na_2CO_3	310
22.	Уголь, пропитанный 10-% раствором соды Na_2CO_3	320
23.	Уголь, пропитанный 20-% раствором соды Na_2CO_3	330
24.	Уголь, пропитанный водным раствором (1-% соды Na_2CO_3 , 1-% жидкого стекла)	315
25.	Уголь, пропитанный водным раствором (20-% соды Na_2CO_3 , 1-% жидкого стекла)	320
26.	Уголь, пропитанный 10-% раствором поваренной соли NaCl	315
27.	Уголь, пропитанный 1-% раствором поваренной соли NaCl	-
28.	Уголь, пропитанный 5-% раствором поваренной соли NaCl	-

Наиболее перспективным из исследованных антипирогенов являются *НЧК*, как в чистом виде, как и с CaCl_2 , известь. [12, 13]

Деэмульгатор *НЧК* - водный раствор аммонийных солей водорастворимых сульфокислот - является продуктом переработки нефти. Он представляет собой жидкость темнокоричневого цвета с запахом аммиака, не токсичен, не обладает резорбтивным действием, не горит, легко растворяется в воде в любых пропорциях, температура замерзания - минус 17°C, обладает хорошими смачивающими и адгезионными свойствами.

Антипироген *НЧК* ранее был успешно применен для профилактики пожаров на разрезе "Коркинский", но не получил широкого использования из-за нетехнологичности его применения. [19]

Изучением влияния различных веществ на пористость угля установлено, что состав *НЧК* обладает пленкообразующими, снижая интенсивность влагообмена между углем и воздухом [8], $CaCl_2$ тампонирующими свойствами. Блокировка доступа кислорода воздуха к активным поверхностям осуществляется путем образования труднорастворимых соединений сульфата кальция и кальциевых солей сульфокислот в результате обменных реакций взаимодействия *НЧК* с $CaCl_2$:



Но, вследствие большой скорости реакции с выпадением осадка, обработку угля смесью *НЧК* + $CaCl_2$ делает невозможным.

В зоне низкотемпературных окислений можно, применив соответствующие окислители (более активные, чем вода), создать утолщенную пленку зоны окисления вблизи поверхности угля, препятствующую дальнейшему более глубокому окислению.

Известь, как химически активный окисляющий материал, действует на бурые угли в 3—9 раз интенсивнее, чем на каменные [12]. Для зоны среднетемпературного окисления известь благодаря большой дисперсности является лучшим изолирующим материалом, чем песчано-глинистая или глинистая пульпы.

Для форм возгорания и горения известь (в частности, гашеная известь и известняк) является хорошим средством ликвидации пожаров. Раствор извести успешно предотвращает вспышки и взрывы газов при тушении очагов с высокой температурой [5].

Но имеет весьма существенный недостаток — она быстро выпадает из раствора и в определенных условиях может быть нейтральным в отношении окисления углей, а в некоторых условиях может быть катализатором окисления. [3] Требуется интенсивное перемешивание даже 7—10-процентных растворов, чтобы подать в массив угля суспензию желаемой концентрации, без чего снижается процент содержания извести в растворе и качество инъектирования.

Жидкое стекло в растворе с концентрацией от 1% до 7% не дает хороших результатов при обработке бурых углей [11], а использование жидкого азота носит кратковременный характер тушения эндогенного пожара, который сопровождается падением температуры внутри массива, сильному раскислению, что приводит к мощному витку нового пожара через некоторое время [15].

У всех перечисленных растворов имеется общий недостаток, что при переходе границы температуры вспышки пропитанного бурого угля, они превращаются в гели, а в очаге пожара (температура 500-1000 °С) гели разрушаются, превращаясь в песчановидную массу серого цвета. [17]

Метод заиливания, широко применяющийся при пологих пластах, неэффективен, поскольку равномерное распределение заилоочной пульпы по трещинам труднодостижимо, глина с песком выпадает в осадок, а также заполненные пустоты и трещины легко снова размываются водой. [1, 10, 14]

Эффективность локализации пожара с использованием глины зависит от толщины слоя и крупности кусков инертного материала. Существенным недостатком этого способа является неравномерная толщина насыпки, а также большие затраты на транспортирование. Вследствие разности угла откоса инертного материала (30-40°) и уступа (75-80°) большая часть глины скатывается к основанию уступа и накапливается там толстым слоем. Верхняя часть уступа остается не засыпанной. Под воздействием осадков и солнечной радиации, материал теряет свои свойства.

Метод тушения водой не дает результатов, так как с повышением кислотности рудничных вод активизируются и очаги самовозгорания. [16] Так, на Коркинском разрезе были сделаны попытки тушить очаги эндогенного пожара карьерной водой, кислотность которой составляла 2...3 рН. Однако после заливки очага самовозгорания водой вначале произошел спад температуры, а затем резкий рецидив эндогенного пожара. Поэтому использование воды (карьерной или технической) для тушения и профилактики рецидива эндогенного пожара является неприемлемым, и результат носит временный характер (5-7 дней). Следует отметить, что наиболее интенсивное самонагревание угля в разрезе отмечается при их влажности порядка 2...4 %.

3.2. Изыскание нового способа борьбы с антропогенными пожарами в Коркинском угольном разрезе

В настоящее время профилактическая обработка антипирогенами или ингибиторами в условиях Коркинского разреза целиков угольного массива заметного эффекта по снижению

очагов самовозгорания не дает. Под действием горного давления угольный массив, разрушаясь, осыпается и образует новые, необработанные поверхности, доступные для воздействия кислорода, что при определенных условиях приводит к самовозгоранию угля.

Исследованиями установлено, что обработка пленкообразующими и тампонирующими веществами позволяют снизить химическую активность углей на 85%, а образующийся при этом раствор представляет собой воздухонепроницаемый слой. Однако с течением короткого времени изолирующая пленка теряет свою герметичность, пропускает воздух и влагу, из-за разрушения под воздействием различных факторов (потока воды, осыпей, движения массива, ветра). [6, 9]

Задачу предотвращения самовозгорания угля можно решить упрочнив твердеющими, обладающими высокой адгезией, устойчивыми к высокой/низкой температуре, внешней среде и осыпям растворами. [4] В этом случае снижение склонности угля, обработанного такими растворами, к самовозгоранию достигается за счет увеличения прочности и устойчивости массива, образования преимущественно крупных фракций при его разрушении и снижения сорбционной способности угля, а также для предотвращения окислительных процессов помогут нейтральные металлы.

Для условий Коркинского разреза разработан экологичный раствор «ККВ», объединяющий в себе положительные стороны всех существующих антипирогенов и ингибиторов, и меняющийся по составу в соответствии с перечисленными факторами (рисунок 13).

При растворении применяемых компонентов образуется ацетат кальция $(C_2H_3O_2)_2Ca$, кремниевая кислота H_2SiO_3 , молочная кислота $nC_3H_6O_3$, а также, в зависимости от степени окисления угля, может использоваться нейтральный металл Al .



Рисунок 13 – Раствор для борьбы с эндогенными пожарами в Коркинском угольном разрезе

В моделируемых технологических и климатических условиях были проведены лабораторные испытания разработанного раствора, направленные на определение эффективности его применения.

Все эксперименты проводились на нагретых активированных (227°C) и не активированных пробах угля, взятых из Коркинского разреза (рисунок 14).



Рисунок 14 – Активированные угли с температурой 227°C

Первоначально, проведен эксперимент по определению температуры самовозгорания угля. Пробы были помещены в металлический цилиндр и производился их равномерный нагрев. После появления первых признаков воспламенения, подача огня была прекращена и лазерным пирометром замерена температура, которая составила 227°C .

После чего на нагретую пробу с помощью компрессорной установки и картушного пистолета был подан разработанный раствор.

При обработке поверхности очага возгорания полученным раствором, наблюдали заметное тушение и поглощение тепла от 4500 кДж до 6000 кДж, а также образование твердого плотного покрытия (рисунок 15), предотвращающего поступление кислорода и влаги.



Рисунок 15 – Образование твердой поверхности на очаге возгорания угля

Во время или после того, как вся поверхность покрыта, материал затвердевает. В

соответствии с точным составом раствора, когда он наносится, то напоминает материал типа точечного коагулянта, который прилипает к породе и сцепляется с самим собой. Как правило, в зависимости от применяемых добавок, на воздухе материал высыхает и затвердевает в течение (8-24) часов. Также для визуализации места нанесения раствора может быть добавлено красящее вещество.

Полученное твердое покрытие было изучено на прочность, размывание (снижение водопроницаемости за счет уменьшения пустотных пространств частиц) и воспламеняемость.

Высокое содержание твердых веществ в составе раствора идеально подходит для тушения или борьбы с пожарами. Природная минеральная основа по своей природе не воспламеняется даже под прямым и длительном воздействии горелки, что также было выявлено в процессе проведения эксперимента (рисунок 16).

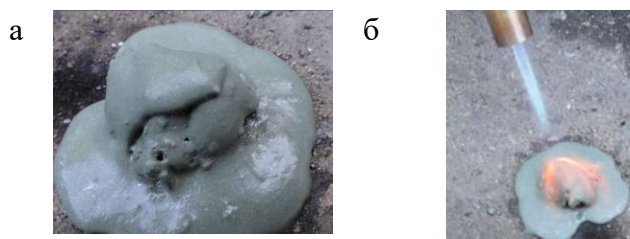


Рисунок 16 – Раствор ККВ при испытаниях на возгорание

Затвердевший раствор может образовывать долговечное покрытие или мембрану на покрываемом материале, что предотвращает выделение любых вредных веществ, газов и запахов; предотвращает возможность возникновения пожаров; перемещение или распыление материала, например, из-за ветра или осадков; и предотвращает попадание любых веществ, осадков на материал, а также укреплять откос массива.

Толщина слоя зависит от того, сколько времени материал должен оставаться покрытым. Например, если это короткий период времени (до 30 дней), может потребоваться 3-4 мм слой. Когда необходимо покрыть материал в течение относительно более длительного периода может потребоваться 5-10 мм слой. Для постоянного покрытия, как правило, необходима толщина твердеющей поверхности раствора около 15 мм или более.

4. Область использования

Благодаря своему составу, полученный раствор «ККВ» обладает хорошей адгезией к покрываемым материалам и легок в использовании. Он может быть применен как долгосрочное, ежедневное или промежуточное покрытие, для создания основы, на которую можно наносить почву и сажать траву или другие растения.

Данное изобретение может быть использовано для укрепления откосов уступа от осыпей, изоляции свалок, при складировании песка, почвенно-растительного слоя, загрязненного грунта, хвостов обогащения, золы, и другого, для защиты содержимого от осадков, пожаров или ветра, а также при транспортировке угля и восстановлении поврежденной поверхности (рисунок 17).

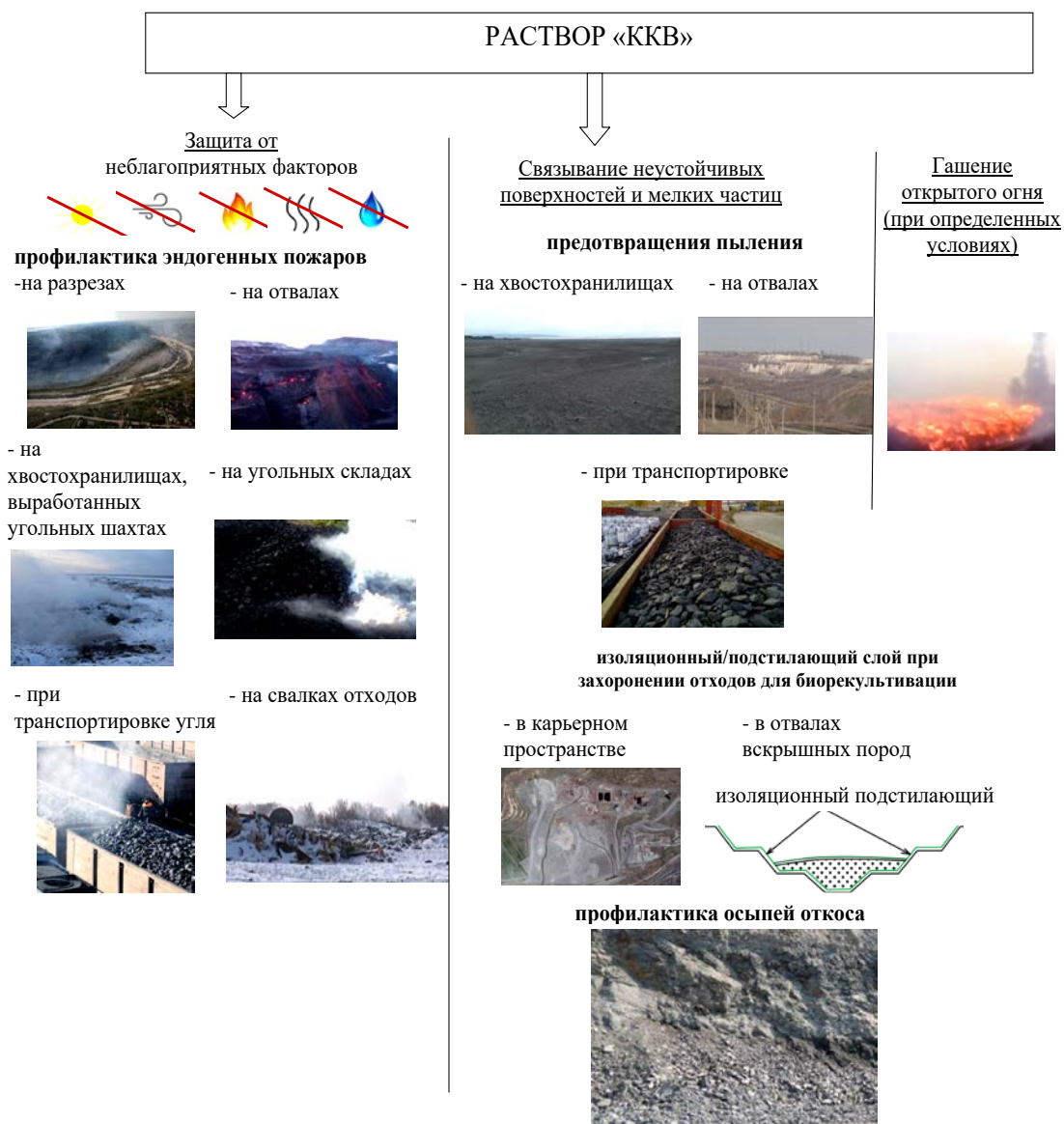


Рисунок 17 – Область применения раствора «ККВ»

5. Технология нанесения раствора «ККВ»

Для ликвидации эндогенных пожаров внутри угольного массива (если целик нагрет до 50-100⁰С) Коркинского разреза необходимо применять следующий порядок обработки опасного участка: вначале непосредственно в очаг пожара нагнетать 10% раствор гашеной извести и после ликвидации очага пожара производить изоляцию раствором «ККВ», рекомендованным выше, учитывая степень деформации откоса.

В других случаях, используется только раствор «ККВ».

Типовое оборудование и схема механизации нанесения ККВ зависят от веса упаковки, в которых поставляется сухая смесь для приготовления раствора. В комплекте со смесителями и распылителями различных марок и моделей, подобранными по критериям минимизации эксплуатационных расходов и максимальной производительности продукта, возможны следующие варианты использования необходимого оборудования:

- при поставке смеси в мешках по 25 кг: насосная станция, с необходимой производительностью; компрессор и водяной насос или без них, в зависимости от комплектации насосной станции;
- при поставке смеси в мешках по 1000 кг (биг бэгах): разгрузочное оборудование для складирования биг-бэгов и наполнения силосной установки (кран или такелажное устройство для 1-т мешков); мобильный силос-дозатор; насосная станция с необходимой производительностью плюс компрессор и водяной насос или без них, в зависимости от комплектации насосной станции (рисунок 18);



Рисунок 18 – Установка для обработки больших площадей с различными уклонами

- третий вариант механизации с использованием передвижных автономных комплексов, включающих в себя одновременно и силос, и насосную станцию высокой производительности (рисунок 18);



Рисунок 19 – мобильная установка для нанесения и приготовления раствора «ККВ» площадей среднего размера

- при небольших площадях покрываемого участка возможно применение компрессора и картушного пистолета. При этом нанесение должно осуществляться перпендикулярно к обрабатываемой поверхности.

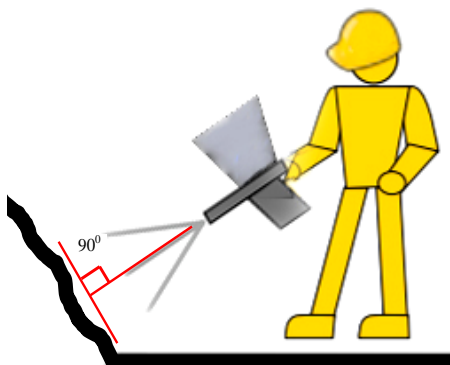


Рисунок 20 – Обработка небольшой площади с использованием картушного пистолета

При покрытии больших площадей или ежедневного покрытия также может быть использовано дополнительное оборудование, такое как горизонтальный бункер для хранения, который снижает себестоимость продукта и сокращает время загрузки. Обладая достаточной вместимостью, этот переносной агрегат получает смесь из пневматических автоцистерн и выгружает в машины для нанесения простым щелчком переключателя. Бункер защищает смесь даже в самых суровых климатических условиях, а время загрузки составляет менее 5 минут, что повышает производительность.

6. Выводы и заключение

Перечисленные положительные свойства использования раствора "ККВ" позволят:

а) снизить возникновение эндогенных пожаров, что приведет к повышению устойчивости борта разреза;

б) снизить выбросы загрязняющих веществ от горения угля, что улучшит качество жизни людей, проживающих вблизи Коркинского (или других) разрезов (в виде снижения возникновения различных заболеваний), а также уменьшит давление на растительный и животный мир.

в) укрепить откосы уступов;

г) создать основу захоронения отходов или песков обогатительных фабрик (например: Томинского ГОКа), а также для биорекультивации;

д) решить проблему горения свалок отходов, пыления или горения отвалов;

и др.

При использовании раствора "ККВ" прослеживаются экологические и экономические выгоды, а также обширная область его применения.

Для определения экологической эффективности использования раствора "ККВ" выполнен расчет платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от горения угля на разрезе.

При горении угля в атмосферу выбрасываются следующие загрязняющие вещества: азота диоксид (Азот (IV) оксид), азот (II) оксид (Азота оксид), углерод (Сажа), углерод оксид, бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен), взвешенные вещества и сероводород.

Расчет выбросов загрязняющих веществ выполнен в соответствии с:

1. "Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами"(Государственный Комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды), Л., Гидрометеиздат, 1986.

2. "Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче угля". Разработана ФГУП "Межотраслевым научно-исследовательским институтом экологии топливно-энергетического комплекса" (ФГУП МНИИЭКО ТЭК). Утв. первым заместителем министра энергетики Российской Федерации Л.А.Тропко 11.11.2003 г. СОГЛАСОВАНА Заместителем министра природных ресурсов Российской Федерации М.Е. Яковенко (письмо N МЯ-33-32/5150 от 31.07.2003 г.).

Согласно им, использование раствора «ККВ» позволит снизить годовые платежи за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и выплаты за социальный ущерб, а экономический эффект составит порядка нескольких сотен миллионов рублей в год.

Список используемой литературы

1. Бессолицина Г.Г. Исследование действия пульпы при профилактическом заиливании // Техника и технология разработки полезных ископаемых. - 1966. - №5. - С. 284-289.
2. Бирюков Ю.В. О химической структуре углей // Химия твердого топлива . - 1969. - №4. - С. 90-94.
3. Веселовский В.С., Алексеева Н.А., Виноградова Л.П. Самовозгорание промышленных материалов. – М.: Недра, 1964.-245 с.
4. Ивашкин А.З., Долганов В.Н. Тушение эндогенных пожаров на разрезе "Азейский" // ЦНИЭИ уголь. Сборник "Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело". - 1974. - №10. - С. 20-34.
5. Ивашкин В.С., Лискин А.З. Анализ причин возникновения эндогенных пожаров на Азейских и Харанорских разрезах // Техника безопасности на открытых работах. - Киев: 1973. - С. 65-69.
6. Каргин В.А., Слонимская Г.Л. Краткие очерки по физико-химии полимеров. - М: Химия, 1967. - 232 с.
7. Касаточкин В.И., Ларин Н.К. Строение и свойства природных углей. - М: Недра, 1975. - 158 с.
8. Козлюк С.А. Применение полимеров для снижения склонности углей к самовозгоранию // Научное сообщество ИГД. - 1986. - №247. - С. 103-105.
9. Козлюк С.А., Кузьяев Л.С., Люев В.А. Применение быстротвердеющих полимерных растворов для профилактики эндогенных пожаров // Уголь Украины. - 1987. - С. 31-35.
10. Костюрин С.Н. Профилактика пожаров на разрезе "Харанорский" // Безопасность труда в промышленности. - 1985. - №3. - С. 14-15.
11. Крикунов Г.Н., Александров В.А., Полянская Л.Я. Воздействие водных растворов жидкого стекла на угольное вещество // Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. - М.: АН СССР, 1969. - С. 39-42.
12. Лискин А.З., Бурков П.А. Способы борьбы с эндогенными пожарами на Коркинском карьере // Добыча угля открытым способом. - М.: Недра, 1968. - С. 25-32.
13. Лискин А.З., Бурков П.А., Демидов Ю.В. Опыт по тушению эндогенных пожаров на Коркинском карьере // Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. - М.: Недра, 1970. - С. 50-68.
14. Маевская В.М. Вопросы безопасности в угольных шахтах. - 2 изд. - М: Недра, 1966. - 350 с.

15. Маевская В.М. Изыскание антипирогенов для профилактики эндогенных пожаров // Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. - 1968. - №7. - С. 43-44.
16. Саранчук В.И., Галушко Л.Я., Пащенко Л.В., Лукьяненко Л.В. Влияние воды на процесс низкотемпературного окисления угля // Химия твердого топлива. - 1978. - №1. - С. 9-12.
17. Скочинский А.А., Макаров С.З. Исследование в области применения антипирогенов при борьбе с рудничными пожарами эндогенного происхождения. - М.: АН СССР, 1947.
18. Статистика погоды, Челябинск (Челябинская область) URL: http://www.atlas-yakutia.ru/weather/stat_weather_286420.php (дата обращения: 20.04.2019).
19. Тынтеров И.А., Кульменко Ю.М., Ширкин Г.Г. Коркинский угольный разрез. - Челябинск: Челябинский Дом печати, 2000. - 225 с.