

Исследование воздействия антипирогенов на процесс самовозгорания бурого угля

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-12-54-60>

ПОРТОЛА В.А.

Доктор техн. наук,
профессор
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: portola2@yandex.ru

ЧЕРСКИХ О.И.

Канд. техн. наук,
директор ООО «Солнцевский
угольный разрез»,
694910, г. Шахтерск, Россия,
e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

ПРОТАСОВ С.И.

Канд. техн. наук,
директор Новационной
фирмы «КУЗБАСС-НИИОГР»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: s.i.protasov@mail.ru

СЕРЕГИН Е.А.

Главный инженер
Новационной фирмы
«КУЗБАСС-НИИОГР»
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: eugene_s1976@mail.ru

ШВАКОВ И.А.

Начальник участка ликвидации
очагов самовозгорания угля
ООО «Солнцевский
угольный разрез»
694910, г. Шахтерск, Россия,
e-mail: shvakovia@eastmining.ru

Разрушение угольных пластов приводит к активизации поглощения кислорода активными центрами и выделению тепла, что может вызвать развитие процесса самовозгорания. Предотвратить возникновение эндогенных пожаров позволяет обработка скоплений угля антипирогенами, замедляющими поглощение кислорода из воздуха. Учитывая широкое изменение свойств угля в различных месторождениях, необходимо экспериментально подбирать наиболее эффективные антипирогены для добываемого угля. Проведенные лабораторные исследования показали, что обработка неокисленного бурого угля водными составами существенно уменьшает скорость сорбции кислорода, а добавка инертной пыли практически не влияет на этот параметр. В наибольшей степени снизили скорость сорбции кислорода дистиллированная вода, водные составы карбамида и хлористого кальция. Длительность инкубационного периода самовозгорания бурого угля возросла в 1,6 раза за счет увлажнения и снижения сорбции кислорода. Выдержка обработанных проб в течение 40 суток показала, что некоторые составы с течением времени могут активизировать сорбционную способность бурого угля. К таким составам можно отнести водные растворы жидкого стекла, кальция углекислого, аммония хлористого. Однако повышение влажности угля после обработки этими составами способствовало увеличению длительности инкубационного периода самовозгорания. Наиболее эффективным антипирогеном оказался водный состав с добавкой 10% хлористого кальция. Повторная обработка этими составами проб бурого угля через 40 суток нахождения на воздухе показала, что в наибольшей степени увеличивает длительность инкубационного периода самовозгорания воздействие хлористым кальцием, а жидкое стекло увеличивает скорость сорбции кислорода.

Ключевые слова: самовозгорание угля, эндогенный пожар, антипирогены, сорбция кислорода углем, инкубационный период самовозгорания, разрез, бурый уголь, предупреждение самовозгорания.

Для цитирования: Исследование воздействия антипирогенов на процесс самовозгорания бурого угля / В.А. Портола, О.И. Черских, С.И. Протасов и др. // Уголь. 2022. № 12. С. 54-60. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-54-60.

ВВЕДЕНИЕ

Добыча угля сопровождается разрушением пластов и увеличением площади поверхности, контактирующей с воздухом, что резко интенсифицирует процесс поглощения кислорода. Сорбция кислорода и последующее его химическое взаимодействие с горючими элементами угля сопровождаются выделением тепла. При благоприятных внешних условиях количество выделяемого тепла может превысить потери его в окружающую среду, что приведет к повышению температуры и может закончиться образованием очага самовозгорания.

Образующиеся в процессе окисления и термического разложения угля опасные газы угрожают здоровью и жизни людей, наносят ущерб окружающей среде. Из-за эндогенных пожаров снижаются темпы угледобычи, ухудшается качество угля, выводится из строя техника. Затраты на материалы, оборудование и

работы, необходимые для тушения очагов самовозгорания, также наносят большой экономический ущерб угледобывающим предприятиям. Размеры очагов самовозгорания, возникающих при ведении открытых горных работ, особенно на породных отвалах, могут достигать сотен метров [1], что требует длительных и дорогостоящих работ по их ликвидации.

Для повышения эффективности борьбы с эндогенными пожарами на угольных предприятиях необходимо проводить исследования влияния на процесс самовозгорания свойств добываемого угля, изменения параметров внешней среды. Большой вклад в изучение процесса самовозгорания угля и руд внесли А.А. Скочинский и В.С. Веселовский [2, 3]. Благодаря исследованиям, проведенным в шахтах, на разрезах и в лабораторных условиях, были выявлены особенности выделения тепла в угле при взаимодействии с кислородом, взаимодействия очага с окружающей средой. Последующее изучение позволило установить особенности развития процесса самовозгорания угля под влиянием различных факторов [4, 5, 6, 7]. Исследуются закономерности процесса окисления угля [8]. Разрабатываются различные способы профилактики самовозгорания [9], подавления возникших эндогенных пожаров, включая подачу геля [10], азота [11]. Кроме лабораторных и натурных исследований широко применяется математическое моделирование, что значительно ускорило получение рекомендаций по профилактике и тушению эндогенных пожаров.

Проведенные исследования процесса самовозгорания позволили разработать различные методики оценки склонности к самовозгоранию пластов угля. Так, появилась инструкция по определению инкубационного периода самовозгорания угля и склонности угля к самовозгоранию [12]. Основным параметром для оценки склонности угля к самовозгоранию является скорость сорбции кислорода углем, от которой зависят количество выделяемого тепла и интенсивность роста температуры скопления угля при возникновении благоприятных внешних условий.

Для профилактики эндогенных пожаров необходимо применение антипирогенов, позволяющих максимально замедлить процесс самовозгорания. В нормативных документах приводятся различные составы, способствующие снижению скорости сорбции кислорода углем [13, 14]. Однако проведенные исследования показали, что разные марки угля могут неодинаково реагировать на обработку антипирогенами. Некоторые составы замедляют поглощение кислорода одних марок угля, а при обработке других марок способны активизировать процесс окисления угля кислородом. Поэтому для повышения эффективности работ по профилактике самовозгорания необходимо предварительное исследование влияния различных антипирогенов на добываемый уголь.

Особенность воздействия на процесс самовозгорания некоторых антипирогенов исследовалась на угле марки Б, являющейся наиболее склонной к возникновению эндогенных пожаров. В экспериментах определяли константу скорости сорбции кислорода углем и длительность инкубационного периода самовозгорания обработанных различными составами проб угля.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для определения скорости сорбции кислорода углем использовалась установка, предложенная ИГД им. А.А. Скочинского [3]. Отобранную пробу угля измельчали и выделяли фракции 1-3 мм. Затем пробы угля взвешивали и определяли их влажность. Исследуемая проба угля помещалась в сорбционный сосуд, заполненный воздухом, и герметически закрывалась. Опыт протекал при постоянной температуре. По истечении определенного времени (обычно через 24 ч) из сорбционного сосуда отбиралась проба газа и подавалась в хроматограф для определения концентрации кислорода и выделившихся газов.

Вычисление константы скорости сорбции кислорода углем производилось по формуле [3, 12]:

$$K = -\frac{V}{M\tau} \ln \frac{C_A(100 - C_1)}{C_1(100 - C_A)}, \quad (1)$$

где: V – объем воздуха в сорбционном сосуде, контактирующий с углем, мл; M – масса пробы угля в сосуде, г; τ – длительность контакта воздуха с углем, ч; C_1 – начальная концентрация кислорода в воздухе сорбционного сосуда, %; C_A – концентрация кислорода в сосуде через время τ , %.

Результаты расчета скорости сорбции кислорода углем, полученные через 24, 72 и 120 часов, суммировались, и определялось среднее значение константы скорости сорбции. Исследования проводились с углем марки Б пласта IV. Начальная влажность угля равнялась 15,0%. Для исследования влияния различных рекомендуемых антипирогенов на константу скорости сорбции кислорода углем использовались следующие составы:

- 7% водный раствор карбамида;
- 10% водный раствор хлористого кальция;
- 3% водный раствор хлористого натрия;
- 10% водный раствор жидкого стекла;
- 3% водный раствор кальция углекислого;
- 3% водный раствор аммония хлористого;
- инертная пыль.

Одновременно с пробами угля, обработанными выбранными составами, исследовались пробы необработанного угля и обработанного дистиллированной водой. Исходная масса исследуемых проб угля равнялась 80 г. Обработываемые пробы угля перемешивались с 8 г соответствующего состава (10% от исходной массы проб угля).

Однако эффективность снижения опасности возникновения эндогенных пожаров лучше оценивать по длительности инкубационного периода самовозгорания угля, необходимого для повышения температуры скопления угля до критического значения. Длительность инкубационного периода самовозгорания угля зависит не только от скорости сорбции кислорода, но и от других параметров угля и окружающей среды. Особенно сильно замедляет процесс самовозгорания наличие влаги, на нагрев и испарение которой требуется значительное количество тепла. Существенно влияет на темпы повышения температуры угля его начальная температура. Значительно замедляется разогрев при отрицательных температурах угля, приводящих к замерзанию влаги.

Для расчета инкубационного периода самовозгорания угля использовалась следующая формула [15]:

$$\tau_{\text{инк}} = \frac{C(T_k - T_0) + 0,6(j + g)W + q_d X}{24\alpha K_T^{0,45} C_B q_0}, \quad (2)$$

где C – удельная теплоемкость скопления угля; T_k – критическая температура самовозгорания угля; T_0 – начальная температура угольного скопления; j – теплота испарения воды; g – удельная теплота плавления льда (учитывается только для угля, находящегося при отрицательных температурах); W – начальная влажность угольного скопления; q_d – удельная теплота десорбции метана; X – природная газоносность угля; α – коэффициент усвоения кислорода воздуха; C_B – концентрация кислорода на входе в угольное скопление; q_0 – удельная теплота сорбции кислорода углем; K_T – константа скорости сорбции кислорода углем (определяется при температуре от 0 до 10°C для угля, находящегося при отрицательной температуре, и при температуре от 15 до 25°C для угля, находящегося при положительной температуре).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ АНТИПИРОГЕНОВ НА УГОЛЬ

Изменение константы скорости сорбции кислорода пробами угля в различные периоды наблюдений после воздействия антипирогенов приведено в табл. 1.

Из приведенных в табл. 1 результатов следует, что бурый уголь пласта IV чрезвычайно активен по отношению к кислороду, что существенно увеличивает опасность возникновения эндогенных пожаров в скоплениях разрыхленного угля. Добавка инертной пыли в небольшом количестве практически не изменяет его константу скорости сорбции кислорода.

Все водные составы значительно снижают активность угля по отношению к кислороду. Причем дистиллированная вода и водный раствор карбамида оказались чуть эффективней остальных исследуемых составов для снижения активности угля в первые пять суток наблюдений после обработки. Видимо, основным механизмом антипирогенного действия составов явилось образование пленок жидкости на поверхности угля, препятствующих поступлению кислорода к активным центрам. На рис. 1 представлено изменение среднего значения константы

скорости сорбции кислорода углем за 120 ч (5 сут.) после обработки в зависимости от номера состава.

Из приведенных на рис. 1 данных следует, что наибольшим антипирогенным действием обладают состав № 2 (дистиллированная вода) и № 3 (водный раствор карбамида). Незначительно отличается от необработанного угля (состав 1) проба, обработанная инертной пылью (состав 9) и водным раствором жидкого стекла (состав 6). Расчет длительности инкубационного периода самовозгорания исследуемых проб угля проводился для скопления, находящегося при начальной температуре 20°C. Длительность инкубационного периода самовозгорания угля в зависимости от вида обработки приведена на рис. 2.

Из приведенных данных следует, что длительность инкубационного периода самовозгорания исходного угля составляет 89,7 сут. и практически не изменяется после обработки инертной пылью. Добавка водных составов в количестве 10% от начальной массы угля существенно увеличивает длительность инкубационного периода самовозгорания. Наименьшим профилактическим эффектом среди жидкостей обладают состав № 6 (жидкое стекло) и № 8 (аммонит хлористый). Наибольшим эффектом обладают дистиллированная вода (состав 2), водный раствор карбамида (состав 3) и хлористого кальция (состав 4).

Таким образом, из полученных данных следует, что для увеличения длительности инкубационного периода само-

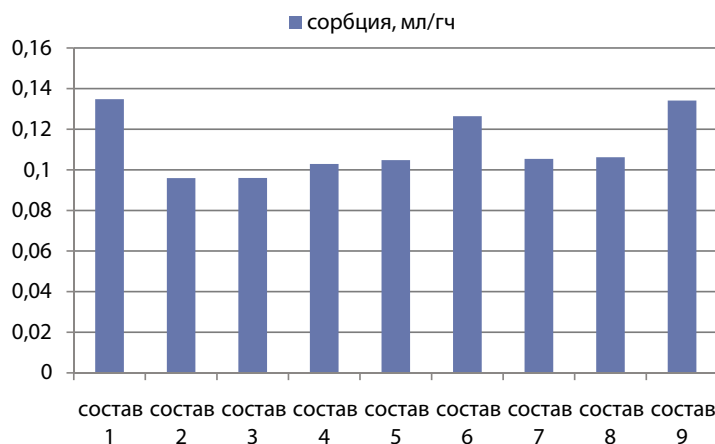


Рис. 1. Изменение средней константы скорости сорбции угля в зависимости от обработки

Таблица 1

Константа скорости сорбции кислорода пробами угля за 120 часов

№	Вид обработки угля	Константа скорости сорбции кислорода пробами угля, мл/(г·ч)			Влажность, %
		Время от начала сорбции, ч			
		24	72	120	
1	Не обработан	0,2101	0,1111	0,0831	15,0
2	Дистиллированная вода	0,1392	0,0842	0,0643	22,7
3	7% водный раствор карбамида	0,1361	0,0855	0,0663	22,7
4	10% водный раствор хлористого кальция	0,1514	0,0891	0,0681	22,7
5	3% водный раствор хлористого натрия	0,1513	0,0918	0,0714	22,7
6	10% водный раствор жидкого стекла	0,2004	0,1013	0,0775	22,7
7	3% водный раствор кальция углекислого	0,1527	0,0924	0,0712	22,7
8	3% водный раствор аммония хлористого	0,1539	0,0928	0,0718	22,7
9	Инертная пыль	0,2087	0,1106	0,0823	15,0

возгорания вскрытого, неокисленного угля достаточно использовать обычную воду. Увеличение длительности инкубационного периода самовозгорания в 1,6 раза достигается добавкой 10% жидкого состава от массы угля.

Однако свойства угля после обработки антипирогенами могут изменяться со временем в зависимости от применяемого состава. Поэтому все исследуемые пробы угля хранили для определения константы скорости сорбции кислорода и длительности инкубационного периода самовозгорания через 20 и 40 сут. после обработки. На рис. 3 и 4 приведены изменения константы скорости сорбции кислорода углем после хранения в зависимости от состава, используемого для обработки.

Анализируя приведенные данные, можно сделать вывод, что с течением времени происходит снижение сорбционной активности всех обработанных проб угля и контрольной необработанной пробы. Из представленных результатов следует, что некоторые составы постепенно теряют эффективность профилактического действия на процесс самовозгорания угля. Наибольший антипирогенный эффект со временем сохраняет состав 4 (хлористый кальций). На втором месте по снижению скорости сорбции кислорода остается вода (состав 2). Наименьшее профилактическое действие оказывает жидкое стекло (состав 6), после обработки которым сорбционная активность угля по отношению к кислороду снижалась медленнее, чем у остальных проб. Так, уже через 40 сут. константа скорости сорбции кислорода углем, обработанным водным составом с 10% жидкого стекла, оказалась больше, чем у необработанной пробы. Увеличилась сорбционная активность по сравнению с контрольной пробой угля, обработанного кальцием углекислым (состав 7), аммонием хлористым (состав 8).

Воздействие составов на длительность инкубационного периода самовозгорания приведено на рис. 5 и 6.

Из представленных на рис. 5 и 6 данных следует, что с течением времени наиболее эффективным антипирогеном для предотвращения процесса самовозгорания угля становится 10% водный состав хлористого кальция (состав 4). На 40-й день после обработки длительность инкубационного периода самовозгорания этой пробы угля составила 225,6 сут., в то время как после воздействия дистиллированной воды она равнялась 217,9 сут. Необработанному углю необходимо 144,7 сут. для достижения критической температуры самовозгорания. Минимальное воздействие на этот параметр оказывает инертная пыль (151,4 сут.). Из представленных результатов следует, что основным компонентом, замедляющим развитие процесса самовозгорания, является вода. Большая теплоемкость жидкости и значительная теплота испарения воды обуславливают существенный отбор у скопления угля теплоты, образующейся в результате его окисления.

На практике скопления угля могут сохраняться на поверхности разрезов длительное время, значительно превышающее длительность инкубационного периода самовозгорания. Это могут быть склады для хранения угля, места обнажения пластов угля и т.д. Для предотвращения самовозгорания в этом случае требуется повторная обра-

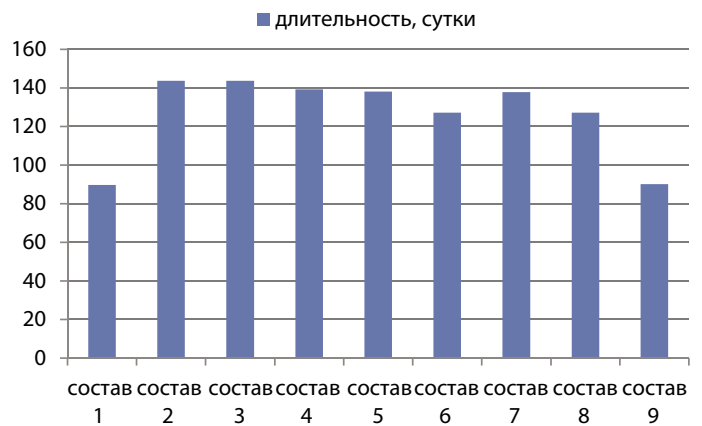


Рис. 2. Длительность инкубационного периода самовозгорания угля в зависимости от обработки

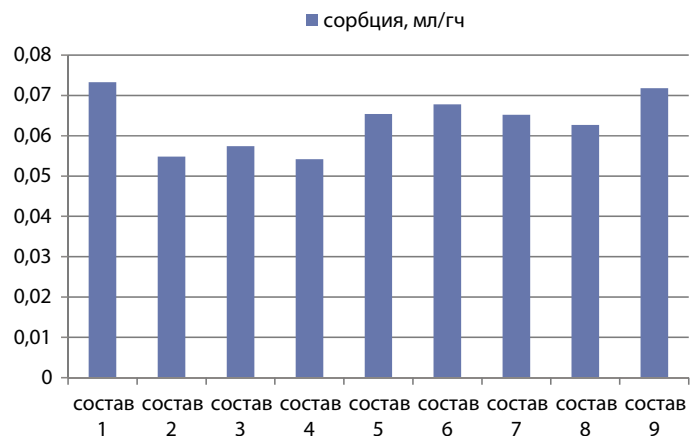


Рис. 3. Изменение константы скорости сорбции кислорода углем через 20 суток хранения в зависимости от обработки

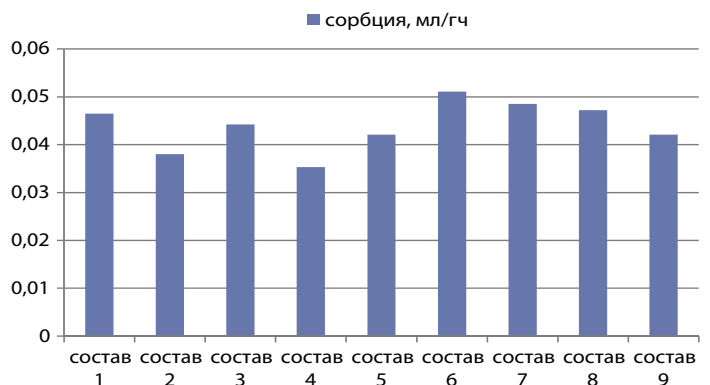


Рис. 4. Изменение константы скорости сорбции кислорода углем через 40 суток хранения в зависимости от обработки

ботка скоплений угля антипирогенами. Для изучения вторичного воздействия выбранных составов на уголь была вновь проведена обработка проб после хранения в течение 40 сут. В уголь были добавлены составы в количестве 10% от исходной массы проб. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Из проведенных исследований следует, что повторное воздействие некоторыми составами на хранящийся длительное время уголь может оказывать активирующее воздействие. Так, после обработки водным составом с 10%

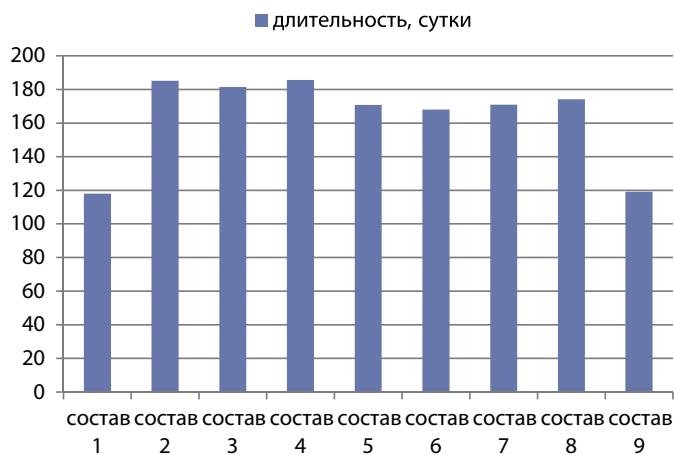


Рис. 5. Длительность инкубационного периода самовозгорания угля после 20 суток хранения в зависимости от обработки

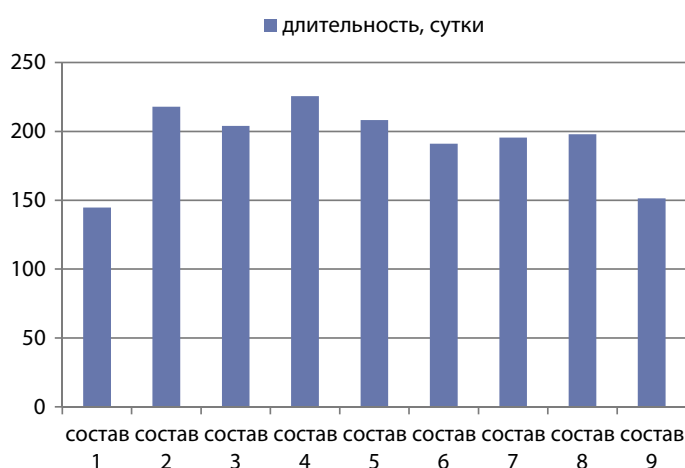


Рис. 6. Длительность инкубационного периода самовозгорания угля после 35 суток хранения в зависимости от обработки

жидкого стекла наблюдалось увеличение константы скорости сорбции кислорода углем по сравнению с необработанной пробой. Незначительно снизилась активность после воздействия инертной пылью, кальцием углекислым, аммонием хлористым.

Наибольшее профилактическое воздействие для предотвращения эндогенных пожаров оказал хлористый кальций (состав 4). Сорбционная активность проб состава

вила 0,0264 мл/(г·ч), что существенно ниже, чем у необработанного угля (0,0380 мл/(г·ч)). Вторым составом по эффективности оказалась дистиллированная вода (0,0305 мл/(г·ч)), а третьим – карбамид (0,0319 мл/(г·ч)). Однако длительность инкубационного периода самовозгорания увеличили все составы. Минимальное увеличение произошло после добавки инертной пыли. Все водные составы позволили значительно увеличить этот параметр. Максимальный эффект по замедлению процесса самовозгорания бурого угля наблюдался после воздействия хлористого кальция (состав 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лабораторными исследованиями установлено, что все антипирогены, полученные на основе воды, а также дистиллированная вода уменьшают константу скорости сорбции кислорода неокисленного бурого угля. В наибольшей степени снизили его активность дистиллированная вода и водный раствор карбамида. Сухая инертная пыль практически не повлияла на сорбционную способность угля по отношению к кислороду. Основным механизмом уменьшения скорости сорбции кислорода углем можно считать образование пленок жидкости на поверхности угля, препятствующих поступлению кислорода.

Все примененные водные составы также значительно увеличили длительность инкубационного периода самовозгорания бурого угля. Замедление процесса самовозгорания обеспечивается не только снижением сорбционной способности угля к кислороду, но и значительным поглощением выделяемого при окислении тепла на нагрев и испарение жидкости. Увеличения длительности инкубационного периода самовозгорания в 1,6 раза позволяет достичь добавка 10% от массы угля воды, водного раствора карбамида и хлористого кальция.

Однако наблюдение за углем в течение сорока суток показало, что эффективность антипирогенного воздействия составов может существенно меняться во времени. Некоторые составы постепенно теряют свое профилактическое действие на процесс самовозгорания и даже могут активизировать уголь. Так, сорбционная способность пробы, обработанной водным составом с 10% жидкого стекла, оказалась через 40 сут. больше, чем у необработанной пробы. Наибольший антипирогенный эффект со временем

Таблица 2

Параметры угля после повторной обработки проб составами

№	Вид обработки угля	Константа скорости сорбции кислорода пробами угля, мл/(г·ч)	Влажность, %	Длительность инкубационного периода самовозгорания, сутки
1	Не обработан	0,0380	15,0	158,8
2	Дистиллированная вода	0,0305	29,2	296,4
3	7% водный раствор карбамида	0,0319	29,2	290,6
4	10% водный раствор хлористого кальция	0,0264	29,2	316,1
5	3% водный раствор хлористого натрия	0,0320	29,2	289,9
6	10% водный раствор жидкого стекла	0,0479	29,2	242,0
7	3% водный раствор кальция углекислого	0,0365	29,2	273,3
8	3% водный раствор аммония хлористого	0,0350	29,2	278,4
9	Инертная пыль	0,0370	15,0	160,4

сохраняет хлористый кальций, на втором месте остается вода. Учитывая полученные результаты, при выборе наиболее эффективного антипирогена необходимо исследовать воздействие составов на уголь не только после обработки, но также и после длительного хранения проб.

Список литературы

1. Подображин С.Н. Оценка параметров очагов самовозгорания породных отвалов угольных карьеров и способов их тушения / В.А. Портола, Д.Е. Скударнов, С.И. Протасов и др. // Безопасность труда в промышленности. 2017. № 11. С. 42-47.
2. Скочинский А.А., Огиевский В.М. Рудничные пожары. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. 375 с.
3. Самовозгорания промышленных материалов / В.С. Веселовский, Н.Д. Алексеева, Л.Н. Виноградова и др. М.: Наука, 1964. 246 с.
4. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition / Q. Lin, S. Wang, S. Song et al. // Fuel Processing Technology. 2017. No 159. P. 38-47.
5. Portola V.A. Assessment of the effect of some factors on spontaneous coal combustion // Journal of Mining Science. 1996. 32. P. 212-218.
6. Onifade M., Genc B. Spontaneous combustion of coals and coal-shales // International Journal of Mining Science and Technology. 2018. No 28. P. 993-940.
7. Risk evaluation of coal spontaneous combustion on the basis of auto-ignition temperature / Y. Zhang, Y. Liu, X. Shi et al. // Fuel. 2018. No 233. P. 68-76.
8. Семенова С.А., Патраков Ю.Ф., Майоров А.Е. Окисление углей в пластах и методы оценки склонности углей к окислению и самовозгоранию (Обзор) // Кокс и химия. 2020. № 5. С. 12-21.
9. Prediction and prevention of spontaneous combustion of coal from goafs in workplace: A case study / D. Wei, C. Du, B. Lei et al. // Case Studies in Thermal in Engineering. 2020. No 21. 100668.
10. Zhang L., Qin B. Rheological characteristics of foamed gel for mine fire control // Fire and Materials. 2016. No 40. P. 246-260.
11. Коврижин О.И., Коляда А.Ю., Калинин Н.А. Использование газообразного азота при ликвидации подземных пожаров // Научный вестник НИИГД Респиратор. 2020. № 5. С. 37-44.
12. Инструкция по определению инкубационного периода самовозгорания угля. Серия 05. Выпуск 38. М., 2013. 24 с.
13. Правила безопасности при переработке, обогащении и брикетировании углей. Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28 октября 2020 г. № 428.
14. Инструкция по предупреждению экзогенной и эндогенной пожароопасности на объектах ведения горных работ угольной промышленности. Утверждена приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27 ноября 2020 г. № Пр-469.
15. Портола В.А., Бобровникова А.А., Протасов С.И. Влияние температуры окружающей среды на инкубационный период и склонность угля к самовозгоранию // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 1. С. 27-32. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-1-27-32.

Original Paper

UDC 622.822.22 © V.A. Portola, O.I. Cherskikh, S.I. Protasov, E.A. Seregin, I.A. Shvakov, 2022
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 12, pp. 54-60
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-12-54-60>

Title

RESEARCH INTO EFFECTS OF ANTIPYROGENS ON THE SPONTANEOUS COMBUSTION OF BROWN COAL

Authors

Portola V.A.¹, Cherskikh O.I.², Protasov S.I.³, Seregin E.A.³, Shvakov I.A.²

¹ Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

² Solntsevsky Coal Mine LLC, Shakhtersk, 694910, Russian Federation

³ KUZBASS NII OGR Innovation Company, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Portola V.A., Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: portola2@yandex.ru

Cherskikh O.I., PhD. (Engineering), Director, e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

Protasov S.I., PhD. (Engineering), Director, e-mail: s.i.protasov@mail.ru

Seregin E.A., Chief Engineer, e-mail: eugene_s1976@mail.ru

Shvakov I.A., Head of the Coal Spontaneous Combustion Response Team, e-mail: shvakovia@eastmining.ru

Abstract

Fragmentation of the coal seams activates absorption of oxygen by active centers and the generates heat, which can trigger spontaneous combustion. Treatment of coal accumulations with antipyrogers that slow the absorption of oxygen from the atmosphere can help to prevent spontaneous fires. Considering the broad variation of coal properties in different coal fields, it is necessary to experimentally select the most effective antipyroger for the coal mined. Laboratory studies have shown that the treatment of non-oxidized brown coal with aqueous compositions significantly reduces the rate of oxygen sorption, while the addition of inert dust has almost no effect on this parameter. Distilled water, aqueous compositions of carbamide and calcium chloride demonstrated the greatest decrease in the oxygen sorption rate.

The length of the incubation period of brown coal spontaneous combustion increased 1,6 times due to the wetting and reduction of oxygen sorption. Ageing of the treated samples for 40 days showed that some compositions can activate the sorption capacity of the brown coal over time. Such compositions include aqueous solutions of sodium silicate, calcium carbonate, ammonium chloride. However, an increase in coal moisture content after treatment with these compositions contributed to extending the incubation period of spontaneous combustion. A water composition with addition of 10% calcium chloride proved to be the most effective antipyroger. Retreatment of the brown coal samples with these compositions after 40 days of air exposure showed that treatment with calcium chloride increases the duration of the incubation period of spontaneous combustion to the greatest extent, and the sodium silicate increases the rate of oxygen sorption.

Keywords

Coal spontaneous combustion, Spontaneous fire, Antipyrogers, Oxygen sorption by coal, Incubation period of spontaneous combustion, Open-strip mine, Brown coal, Prevention of spontaneous combustion.

References

1. Portola V.A., Skudarnov D.E., Protasov S.I. & Podobrazhin S.N. Estimation of parameters of spontaneous combustion sources in rock dumps of coal

SAFETY

- mines and methods of their extinguishing. *Labor safety in industry*. 2017, (11), pp. 42-47. (In Russ.).
2. Skochinsky A.A. & Ogjevsky V.M. Mine fires. Moscow, Gornoe Delo Publ., Cimmerian Centre LLC, 2011, 375 p. (In Russ.).
 3. Veselovsky V.S., Alekseeva N.D., Vinogradova L.N., Orleanskaya G.L. & Ter-pogosoza E.A. Spontaneous ignition of industrial materials. Moscow, Nauka Publ., 1964, 246 p. (In Russ.).
 4. Lin Q., Wang S., Song S., Liang Y. & Ren T. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition. *Fuel Processing Technology*, 2017, (159), pp. 38-47.
 5. Portola V.A. Assessment of the effect of some factors on spontaneous coal combustion. *Journal of Mining Science*, 1996, (32), pp. 212-218.
 6. Onifade M. & Genc B. Spontaneous combustion of coals and coal-shales. International. *Journal of Mining Science and Technology*, 2018, (28), pp. 993-940.
 7. Zhang Y., Liu Y., Shi X., Yang C., Wang W., Li Y. Risk evaluation of coal spontaneous combustion on the basis of auto-ignition temperature. *Fuel*, 233 (2018), pp. 68-76.
 8. Semenova S.A., Patrakov Yu.F. & Mayorov A.E. In-situ oxidation of coals and methods to assess the tendency of coals to oxidation and spontaneous combustion (an overview). *Koks i himiya*, 2020, (5), pp. 12-21. (In Russ.).
 9. Wei D., Du C., Lei B. & Lin Y. Prediction and prevention of spontaneous combustion of coal from goafs in workplace: A case study. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2020, 21, 100668.
 10. Zhang L., Qin B. Rheological characteristics of foamed gel for mine fire control. *Fire and Materials*. 2016. 40 (2). P. 246-260.
 11. Kovrizhin O.I., Koliada A.Yu. & Kalinichenko N.A. Utilization of gaseous nitrogen in the elimination of underground fires. *Naucnyj vestnik NIIGD «Respirator»*, 2020, (5), pp. 37-44. (In Russ.).
 12. Guidelines for determining the incubation period of spontaneous combustion of coal. Series 05. Issue 38. Moscow, 2013, 24 p. (In Russ.).
 13. Safety rules for coal processing, beneficiation and briquetting. Approved by Order No. 428 of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision as of October 28, 2020.
 14. Guidelines for prevention of freely burning and spontaneous fire hazards at mining operations in the coal mining industry. Approved by Order No. Pr-469 of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision as of November 27, 2020.
 15. Portola V.A., Bobrovnikova A.A., Protasov S.I. Impact of ambient temperature on the incubation period and the tendency of coal to spontaneous combustion. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2022, (1), pp. 27-32. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2022-1-27-32.

For citation

Portola V.A., Cherskikh O.I., Protasov S.I., Seregin E.A. & Shvakov I.A. Research into effects of antipyrogens on the spontaneous combustion of brown coal. *Ugol*, 2022, (12), pp. 54-60. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-54-60.

Paper info

Received September 29, 2022

Reviewed October 15, 2022

Accepted November 25, 2022

Оригинальная статья

УДК 622.817.47 © С.С. Кубрин, О.В. Тайлаков, В.В. Соболев, В.Н. Захаров, 2022

Использование вариации Аллана при обработке измеренных параметров метановоздушной смеси при дегазации выемочных участков

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-12-60-66>

КУБРИН С.С.

Доктор техн. наук, профессор,
заведующий лабораторией ИПКОН РАН
111020, г. Москва, Россия,
e-mail: kubrin_s@ipkonran.ru

ТАЙЛАКОВ О.В.

Доктор техн. наук, профессор,
генеральный директор АО «НЦ ВостНИИ»,
заведующий лабораторией
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: tailakov@nc-vostnii.ru

Применяемые на практике методы обработки статистической информации не позволяют выявлять вид протекающего процесса по анализу временных рядов измеряемых параметров метановоздушной смеси в дегазационных трубопроводах. На основе разработанного Д. Алланом математического аппарата оценки стабильности, обусловленной шумовыми процессами, предложен подход к определению вида протекающего стохастического процесса. На основе использования среднего квадратического отклонительного двухвыборочного отклонения (вариации Аллана) для оценки работы дегазационной системы угольной шахты и изменения параметров метановоздушной смеси в трубопроводе при подготовке и отработке выемочных участков показана возможность выявления вида протекающего стохастического процесса, определяющего изменения параметров метановоздушной смеси в дегазационном трубопроводе на выемочных участках.