

УДК 622.822

Жданов Александр Николаевич, аспирант  
(КузГТУ, г. Кемерово)  
Zhdanov Alexander Nikolaevich, graduate student  
(KuzSTU, Kemerovo)

## ОСОБЕННОСТЬ ОБРАБОТКИ ШТАБЕЛЕЙ УГЛЯ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ САМОВОЗГОРАНИЯ

### FEATURE OF PROCESSING STACKS OF COAL TO PREVENT SPONTANEOUS COMBUSTION

Особенностью угля является способность поглощать кислород с последующими экзотермическими реакциями соединения с горючими компонентами полезного ископаемого. Выделяемое при реакциях окисления тепло может вызвать повышение температуры угля и развитие процесса самовозгорания. Самовозгорание может происходить на всех этапах использования угля: в процессе добычи, транспортирования и его хранения. Самовозгораются не только скопления угля, но и содержащие серу породы [1]. Эндогенные пожары возникают также на породных отвалах угольных предприятий [2,3]. Большой экономический и экологический урон предприятиям и окружающей природной среде наносят самовозгорания, возникающие на складах угля [4-6].

Учитывая, что эндогенные пожары являются одной из самых распространенных аварий на угольных предприятиях России [7], для снижения опасности самовозгорания проводятся широкие исследования этого процесса [8-10], позволяющие также обнаруживать и определять местонахождение очага. Проведена оценка влияния степени измельчения угля на процесс самовозгорания [11]. Для локализации и тушения очагов самовозгорания в шахтах предложено использовать пену [12], способную заполнять пустоты в выработанном пространстве и изолировать очаг от поступления воздуха. В подземных условиях профилактику и подавление очагов самовозгорания осуществляют подачей азота [13,14], что приводит к инертизации рудничной атмосферы и прекращению процесса окисления угля.

Для предупреждения развития эндогенных пожаров на угольных складах целесообразно использовать водные растворы антипирогенов [4,15-17]. Обработка угля антипирогеном уменьшает скорость сорбции кислорода углем и увеличивает его влажность, что способствует росту длительности инкубационного периода самовозгорания.

Длительность инкубационного периода самовозгорания угля (в сутках), согласно «Инструкции по определению инкубационного периода самовозгорания угля», определяем по формуле

$$\tau_{инк} = \frac{C(T_k - T_0) + 0.6 jW + q_d X}{24\alpha U^{0.45} C_0 q_0}, \quad (1)$$

где: С – теплоемкость угля, кал/(г·К); Т<sub>к</sub> – критическая температура самовозгорания угля, °С; Т<sub>0</sub> - начальная температура угля, °С; j – теплота испарения воды, кал/г; W – начальная влажность угля, доли ед.; q<sub>d</sub> – удельная теплота десорбции метана, кал/мл; X – природная газоносность угля, мл/г; U – константа скорости сорбции кислорода углем, мл/(г · ч); С<sub>0</sub> – концентрация кислорода на входе в угольное скопление, доли ед.; q<sub>0</sub> – удельная теплота сорбции кислорода воздуха углем, кал/мл.

Вычисление константы скорости сорбции кислорода производилось по формуле

$$U = -\frac{V}{M\tau} \ln \frac{C_A(1-C_0)}{C_0(1-C_A)}, \quad (2)$$

где: V – объем воздуха, находящийся в соприкосновении с углем, см<sup>3</sup>; М – масса пробы угля, г; τ – время контакта воздуха с углем, ч. С<sub>0</sub> – начальная концентрация кислорода в сосуде, доли ед.; С<sub>τ</sub> – концентрация кислорода через время τ, доли ед.

Через 24, 72 и 120 часов результаты расчета константы скорости сорбции кислорода углем суммируются, и определяется средняя константа скорости сорбции. Полученные значения константы скорости сорбции угля подставлялись в формулу (1) для расчета длительности инкубационного периода самовозгорания.

Для исследования эффективности обработки антипирогеном отбирался уголь, используемый для формирования штабеля угля на складе. Результаты исследования константы скорости сорбции углем кислорода через 24, 72 и 120 часов пробами, отобранными в контрольной зоне и обработанной антипирогеном в день подачи антипирогена, приведены в табл. 1. Одновременно измеряли влажность угля и концентрацию выделившегося метана.

Таблица 1  
 Результаты исследования низкотемпературного окисления угля пласта 78

Проба	Удельная скорость сорбции (U), см <sup>3</sup> /(г·ч)			U <sub>c</sub> , см <sup>3</sup> /(г·ч)	CH <sub>4</sub> , %	Влажность, %			
	Время от начала сорбции, час								
	24	72	120						
Необработанный уголь	0,0910	0,0670	0,0528	0,0703	0,0008	11,96			
Обработанный антипирогеном уголь	0,0549	0,0375	0,0235	0,0386	0,0006	24,82			

Анализ приведенных в табл. 1 результатов показывает, что удельная скорость сорбции кислорода углем после обработки антипирогеном снизилась практически в два раза. Влажность обработанного угля также увеличилась в два раза. Такое изменение свойств угля позволяет существенно увеличить длительность инкубационного периода самовозгорания и избежать возникновения эндогенного пожара на штабеле угля.

Обработка штабеля угля водным раствором антипирогена осуществлялась поливальной машиной, в баке которой готовили раствор антипирогена путем засыпки порошка антипирогена. Машина заезжала на штабель и через форсунки поливала уголь раствором антипирогена (рис. 1.).



Рис. 1. Обработка штабеля угля раствором антипирогена

Однако эксперимент показал, что подобный способ подачи антипирогена имеет и недостатки. Так, стекание раствора по откосам штабеля угля привела к образованию на его поверхности промоин (рис. 2), что существенно увеличило площадь контакта поверхности угля с атмосферным воздухом.



Рис. 2. Образование промоин под действием стекающего раствора антипирогена

Анализируя результаты проведенного эксперимента, можно сделать вывод, что подача антипирогена на поверхность угольного штабеля должна осуществляться в режиме, не допускающего образования промоин на откосах и поверхности угольных штабелей. С этой целью снижается расход раствора антипирогена, делаются перерывы в его подаче.

#### Список литературы

1. Портола В.А., Бобровникова А.А., Палеев Д.Ю., Еременко А.А., Шапошник Ю.Н. Исследование скорости сорбции кислорода самовозгорающимися сульфидными рудами. Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 1. – С. 57–62. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-1-57-62
2. Портола В.А., Скударнов Д.Е., Протасов С.И., Подображен С.Н. Оценка параметров очагов самовозгорания породных отвалов угольных карьеров и способов их тушения. Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 11. – С. 42–47.
3. Проблемы и пути снижения пожароопасности при добыче угля открытым способом / В.А. Портола, С.И. Протасов, С.Н. Подображен // Безопасность труда в промышленности. – 2004, № 11. – С.41-43.

4. Портола В.А., Жданов А.Н., Бобровникова А.А. Перспектива применения антипирогенов для предотвращения самовозгорания складов угля. Уголь. – 2019. – № 4. – С. 14-19.
5. Ютяев Е.П., Портола В.А., Мешков А.А., Харитонов И.Л., Жданов А.Н. Развитие процесса самонагревания в скоплениях угля под действием молекулярной диффузии кислорода. Уголь. – 2018. – № 10 (1111). – С. 42–46.
- 6..Портола В. А., Жданов А. Н., Бобровникова А. А. Исследование процесса самовозгорания в штабеле угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 10. – С. 155–162.
7. Портола В. А., Овчинников А. Е., Жданов А. Н. Оценка мер по предупреждению эндогенных пожаров в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 12. – С. 205–214.
8. Portola V.A. Assessment of the effect of some factors on spontaneous coal combustion. Journal of Mining Science. 1996. 32(6). P. 536-541.
9. Portola V.A. Gas anomalies above underground gas sources. Journal of Mining Science. 1996. 32(3). P. 212-218.
10. Portola, V. Detection and location of places of spontaneous combustion of coal in mines due to gas anomalies on the earth's surface // V. Portola, A. Bobrovnikova, G. Shirokolobov, D. Paleev // E3S Web Conf., Vth International Innovative Mining Symposium, 174, 01061 (2020), P. 1-7.
11. Портола В.А. Опасность самовозгорания угольной пыли. Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 6. – С. 36–39.
12. Игишев В.Г., Портола В.А. Оценка параметров пены, необходимых для тушения очагов самовозгорания // ФТПРПИ. – 1993. - № 4. - С. 74-78.
13. Син С.А., Портола В.А., Игишев В.Г. Повышение эффективности применения азота для борьбы с самовозгоранием угля в шахтах. Уголь. – 2018. – № 5. – С. 51–57.
14. Син С.А., Портола В.А., Игишев В.Г. Повышение безопасности и эффективности использования азота для борьбы с самовозгоранием угля в выработанном пространстве шахт. Уголь. – 2019. – № 2. – С. 11–14.
15. Портола В.А., Храмцов В.И. Влияние применяемых в шахтах составов на склонность угля к самовозгоранию. Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 2. – С. 56–59.
16. Портола В.А. Влияние антипирогенов на сорбционную активность разогретого угля / Портола В.А., Торосян Е.С. // Вестник КузГТУ. – 2016. – № 3. – С. – 15-20.
17. Портола В.А. Влияние применяемых в шахтах составов на склонность угля к самовозгоранию / Портола В.А., Храмцов В.И., Ярош А.С. // Вестник КузГТУ. – 2016. – № 1. – С. – 63-67.

<p style="text-align: center;"><b>Заявка</b> <b>на участие в работе конференции СИБРЕСУРС-2020</b></p>	
<p><b>Фамилия, имя, отчество:</b> ЖДАНОВ Александр Николаевич</p>	
<p><b>1. Место работы, должность:</b> аспирант кафедры АОТиП КузГТУ</p>	
<p><b>2. Ученая степень -</b></p>	
<p><b>3. Почтовый адрес:</b> г. Кемерово, ул. Весенняя, 28</p>	
<p><b>4. Телефон</b> 396370</p>	<p><b>Факс</b> 396370</p>
<p><b>E-mail</b> <a href="mailto:aotp2012@yandex.ru">aotp2012@yandex.ru</a></p>	
<p><b>5. Я намерен принять участие в работе конференции (нужное отметить):</b></p> <p>а) с выступлением и публикацией доклада в Сборнике материалов конференции;</p> <p>б) в качестве слушателя без выступления, но с <u>публикацией</u> в Сборнике материалов конференции;</p> <p>в) в качестве слушателя без выступления и публикации в Сборнике материалов конференции;</p> <p>г) в качестве заочного участника, только с публикацией в Сборнике материалов конференции (без посещения конференции).</p>	
<p><b>6. Название доклада ОСОБЕННОСТЬ ОБРАБОТКИ ШТАБЕЛЕЙ УГЛЯ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ САМОВОЗГОРАНИЯ</b></p>	
<p><b>6. Направление: 1. Добыча угля: технологические и экологические проблемы</b></p>	
<p><b>7. Требуется ли гостиница? НЕТ</b></p>	