

Ли Хи Ун

д-р техн. наук, проф., ученый секретарь ОАО «НЦ ВостНИИ»

П.А. Шлапаков

заведующий лабораторией ОАО «НЦ ВостНИИ»

А.И. Кравченко

канд. техн. наук, старший научный сотрудник ОАО «НЦ ВостНИИ»

А.В. Лебедев

д-р техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник ОАО «НЦ ВостНИИ»

УДК 622.822.22

О ВЛИЯНИИ ЗАТОПЛЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ВЫЕМОЧНЫХ ПОЛЕЙ НА ЭНДОГЕННУЮ ПОЖАРООПАСНОСТЬ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Выполнен анализ влияния затопления с последующим осушением отработанных и изолированных пространств на пологих и наклонных пластах угля, склонного к самовозгоранию, на примере аварий «эндогенный пожар», произошедших на шахтах Кузбасса.

Ключевые слова: ЭНДОГЕННАЯ ПОЖАРООПАСНОСТЬ, ЭНДОГЕННЫЙ ПОЖАР, УВЛАЖНЕННЫЙ И ОСУШЕННЫЙ УГОЛЬ, УТЕЧКИ ВОЗДУХА, ПОЖАРОБЕЗОПАСНАЯ МОЩНОСТЬ УГОЛЬНОЙ ПАЧКИ, КОНТРОЛЬ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ

Одной из причин, сдерживающих увеличение добычи угля подземным способом, являются эндогенные пожары, возникающие в выработанных пространствах выемочных столбов действующих и отработанных лав, которые приводят не только к приостановке горных работ, но и к потере дорогостоящего оборудования (механизированного комплекса, комбайна и т.д.) и запасов угля в связи с изоляцией аварийного участка от действующих выработок и невозможностью ведения горных работ в границах пожарного участка.

Оценка эффективности применяемых способов тушения очагов самовозгорания показала, что ликвидация очага путем изоляции требует длительного времени, зависящего от температуры и размеров очага. По мере снижения температуры падает и скорость охлаждения угольного скопления. Так, если для снижения температуры с 200 до 120 °С (остывания очага) потребовалось 20 сут, то спад температуры от 110 до 30 °С продолжался 930 сут. Для полной ликвидации очага эндогенного пожара таким пассивным способом необходимо более 1000 сут. Причем в случае наличия незначительного притока кислорода наступает термостабилизация

очага с сохранением повышенной температуры в течение длительного времени.

Активным способом ликвидации очага самовозгорания является подача в очаг азота со скоростью $2,8 \cdot 10^{-4}$ м/с, который интенсифицирует процесс остывания угля и уменьшает срок до 260 сут. В общем случае время охлаждения зависит от скорости движения инертного газа, температуры очага, размеров прогретой зоны. Более эффективным охлаждающим действием обладает пена. Моделирование хода тушения пожара показало, что для ликвидации очага с температурой 453 К необходимо в течение 50 ч непрерывно подавать пену кратностью 10 со скоростью $1,22 \cdot 10^{-4}$ м/с.

Довольно большое распространение получил способ тушения эндогенных пожаров в выработанных пространствах путем затопления места возникновения возгорания. Данный способ ликвидации аварии (возгорания) довольно прост, не требует использования дорогостоящих материалов и оборудования. Как правило, затопление аварийного участка осуществляется за счет естественного водопритока.

Однако при выборе способа ликвидации пожара затоплением не учитывается следующее – много-

численными исследованиями установлено, что предварительно увлажненный и затем высушенный уголь становится более активным к кислороду. Он характеризуется также более высоким значением метаноёмкости по сравнению с углем, который не подвергался увлажнению, но имел такую же влажность. Поскольку метан не вступает с углем в химическое взаимодействие, то активизирующее влияние воды, удаляемой из угля при высыхании, можно объяснить повышением доступности внутренней поверхности угольного вещества по отношению как к метану, так и к кислороду. Следовательно, после осушения затопленного пожарного участка и доступа к разрыхленным угольным скоплениям кислорода вероятность возникновения очага эндогенного самовозгорания заметно увеличивается.

Значительное влияние данного фактора подтверждается на примере аварии, произошедшей 25 ноября 2012 года в ООО «Шахта «Грамотеинская» ОАО ОУК «Южкузбассуголь».

Поле ООО «Шахта «Грамотеинская» расположено в центральной части Егозово-Красноярского угольного месторождения Ленинского геолого-промышленного района Кузбасса.

На поле шахты вскрыта средняя часть ленинской свиты ерунаковской подсерии кольчугинской серии верхнепермского возраста (P2In). В пределах горного отвода продуктивная толща содержит 9 пластов каменного угля в основном средней мощности. Из них перспективны к разработке три пласта: Сычевский-III, Сычевский-IV в.п., Грамотеинский-II. В настоящее время отработке подлежит пласт Сычевский-III, остальные – законсервированы.

Уголь пласта Сычевского-III относится к марке Д, зольность пласта – 12,1 %, выход летучих веществ – 40,9%. Природная газоносность пласта Сычевского III, по данным детальной разведки, составляет от 8,0 до 9,7 м³/т с.б.м.

Пласт является угрожаемым по внезапным выбросам угля и газа с глубины 400 м, угольная пыль взрывоопасна. Уголь пласта склонен к самовозгоранию. Пласт также является угрожаемым по горным ударам с глубины 200 м.

Природная газоносность пласта Сычевского-IV в.п. составляет до 6,7 м³/т с.б.м.; пласта Сычевского-IV н.п. – до 7,5 м³/т с.б.м. Уголь пласта склонен к самовозгоранию.

24 ноября 2012 года в четвертую смену в завальной части лавы №644 пласта Сычевского-III произошел хлопок и резко увеличилось метановыделение, после чего отключилось напряжение. В это же время аппаратура АГК (три датчика метана) зафиксировала в лаве на верхнем сопряжении превышение предельно допустимой концентрации метана, после чего горному диспетчеру сообщили, что в лаве №644 на верхнем сопряжении произошла вспышка метана. Горный диспетчер действовал в соответствии с планом ликвидации аварии и вызвал отделение ВГСЧ.

На основании изучения технической документации, осмотра аварийного участка и результатов анализа проб рудничного воздуха комиссия пришла к выводу, что вспышка метана в выработанном пространстве лавы 644 произошла вследствие перепуска пламени от источника воспламенения в выработанном пространстве вышележащего пласта Сычевского IV.

Причиной возникновения данной аварии явилось следующее.

При отработке вышележащего пласта Сычевского-IV возник эндогенный пожар №1. Данный пожар был переведен в категорию потушенных 03.11.2003 на основании результатов приповерхностной газовой съемки. Возможность контроля за составом рудничной атмосферы в выработанном пространстве пласта Сычевского-IV отсутствовала.

В ходе отработки уклонного поля пласта Сычевского-IV верхняя пачка пласта мощностью 1,5 м была списана, не отработывалась и обрушалась в завал. Согласно заключению ОАО «НЦ ВостНИИ» 95/9 от 13.11.2012 уголь пласта Сычевского-IV отнесен к категории склонных к самовозгоранию с инкубационным периодом 59 сут.

Для оценки эндогенной пожароопасности выработанного пространства выемочных участков при оставлении в кровле пласта пачки угля по методике [1] с учетом коэффициентов для условий Кузбасса выполнен расчет пожаробезопасной мощности угольной пачки из условия генерации тепла окисления в ней и теплообмена с окружающей средой по формуле:

$$H_{\delta} \leq 3,14 \left\{ \frac{ac_y(T_{кр} - T_0)}{qc[13,273U_0 + E(T_{кр} - T_0)]} \right\}^{0,5}, \quad (1)$$

где H_{δ} – пожаробезопасная мощность угольной пачки, м;

a – коэффициент температуропроводности разрыхленного скопления угля, м²/ч;

T_0 – начальная температура угля, равная температуре пород, °С;

$T_{кр}$ – критическая температура угля, при которой процесс самонагревания угольного скопления переходит в стадию интенсивного окисления (возгорания), равная для каменных углей 70-80 °С;

q – тепловой эффект реакции окисления угля, кал/мл;

c_y – удельная теплоемкость угля, кал/(г·°С);

c – среднее значение концентрации кислорода в рудничной атмосфере, фильтрующейся через угольное скопление в активно проветриваемой зоне выработанного пространства, доли ед.;

U_0 – константа скорости сорбции кислорода углем (химическая активность угля), мл/(г·ч);

E – температурный коэффициент константы скорости сорбции кислорода воздуха углем, равный 0,01 мл/(г·ч·°С).

Принимая для угля марки Д, по данным лабораторных исследований, $U_0 = 0,11$ мл/(г·ч) и $E = 0,01$ мл/(г·ч·°С); $a = 3,767 \cdot 10^{-4}$ м²/ч; $T_0 = 10$ °С; $T_{кр} = 80$ °С; $q = 3$ кал/мл; $c_y = 0,29$ кал/(г·°С); $c = 0,20$, находим мощность пожаробезопасной пачки угля в кровле пласта Сычевского IV:

$$H_{\delta} \leq 3,14 \left\{ \frac{3,767 \cdot 10^{-4} \cdot 0,29(80 - 10)}{3 \cdot 0,20 [1,273 \cdot 0,11 + 0,01 \cdot (80 - 10)]} \right\}^{0,5} = 0,297 \text{ м}. \quad (2)$$

Таким образом, верхняя пачка угля мощностью 1,5 м значительно превышает пожаробезопасную мощность.

В ходе ликвидации опасной зоны по прорыву воды при отработке лавы №644 по пласту Сычевскому-III посредством бурения скважин с вентиляционного штрека 644 в выработанное пространство пласта Сычевского-IV в мае 2012 г. была спущена вода с затопленного контура. Анализ вентиляционной сети выемочного участка лавы №644 показал, что водоспускные скважины находятся в зоне компрессии. Таким образом, через пробуренные скважины был организован доступ кислорода к разрыхленным потерям угля, оставленным в процессе отработки пласта Сычевского-IV.

Из-за отсутствия контроля за атмосферой выработанного пространства пласта Сычевского-IV [2] очаг самовозгорания не был своевременно обнаружен и ликвидирован и явился причиной воспламенения метановоздушной смеси. Через пробуренные (и не затампонированные) скважины пламя проникло в выработанное пространство лавы №644, инициировав вспышку метана, имеющегося в выработанном пространстве вследствие естественного выделения из обнаженных поверхностей угольного массива.

На основании вышеизложенного установлены причины возникновения данной аварии:

1. Отсутствие контроля за составом атмосферы в выработанном пространстве ранее отработанного пласта Сычевского-IV.
2. Наличие в выработанном пространстве вышележащего пласта Сычевского-IV значительного количества разрыхленного угля, предварительно увлажненного и впоследствии осушенного.
3. Некачественная изоляция выработанного пространства ранее отработанных выемочных участков от действующих выработок шахты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Номограмма для определения пожароопасных потерь угля: экспресс-информация. –М.: ЦНИЭИуголь, 1985.
- 2 Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса. – Кемерово, 2007. – 66 с.

ABOUT INFLUENCE OF WORKED EXTRACTION FIELDS FLOODING ON ENDOGENOUS COAL MINE FIRE RISK

H.U. Li, P.A. Shlapakov, A.I. Kravchenko, A.V. Lebedev

Analyses of flooding influence and further drainage of worked out and isolated areas of flat and inclined coal seams prone to spontaneous combustion is fulfilled on the example of «endogenous fire» accidents which took place at Kuzbass mines.

Key words: ENDOGENOUS FIRE RISK, ENDOGENOUS FIRE, MOISTURIZED AND DRIED COAL, AIR LEAKS, FIRE-PROTECTED BUNCH OF COAL, MINE AIR CONTROL

Ли Ху Ун

e-mail: lee@nc-vostnii.ru

Шлапаков Павел Александрович

e-mail: shlapak1978@mail.ru

Кравченко Александр Иванович

e-mail: kravchenko4945@mail.ru

Лебедев Анатолий Васильевич

e-mail: ncvostnii@yandex.ru