

тревоги, так как его поступление составляет по нашим расчетам 15,37%.

Что касается SO_2 , являющегося токсичным газом, ухудшающим санитарно-гигиенические условия окружающей среды, учет этого ингредиента крайне необходим. По нашим расчетам его выбросы от горящего недействующего террикона составили в 2005г. 3,82% (3,9 т) от общего объема выбросов SO_2 , или сохранились на уровне 1997г. Но несмотря на такую несущественную долю выбросов SO_2 , следует отметить, что 1 тонна серы, содержащаяся в породной массе, при сгорании образует 2 тонны двуокиси серы. Если считать, что ежегодно перегорает около 1000 тыс. тонн породы, с содержанием серы в ней до 1%, то это эквивалентно образованию 20 тыс. тонн сернистого ангидрида. Для сравнения: суммарный выброс SO_2 всеми стационарными и передвижными источниками по Кузбассу составляет 160 тыс. тонн.

Исследования показали, что в структуре газообразных с 1997г. по 2000г. наибольшая доля приходилась на оксид углерода - от 61,85% до 91,64%

. К 2005 г. ситуация изменилась: большую часть составляют углеводороды – 88,82%. Это стало возможным в связи с учетом в объеме выбросов газообразных метана.

Примечательно, что выбросы газообразных от террикона в 2005 г. составили 1,3 % от общего объема выбросов газообразных против 7,7% в 1997 г.

Во все анализируемые года увеличение добычи угля приводило к возрастанию объемов выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ. При этом в 1997 г. по ООО УК «Прокопьевск-уголь» при добыче 6953,3 т соответствовал выброс 7797 усл. т/год загрязняющих веществ, а в 2005г – при добыче 5112,5 т – фактические выбросы загрязняющих веществ составили 33400,76 усл. т/год. То обстоятельство, что полученные связи (объем добычи — объем выбросов загрязняющих веществ) отличаются высокими коэффициентами корреляции (0,822-0,945), делает возможным их использование для предварительных прогнозов в эколого-экономических расчетах.

□ Авторы статьи:

Счастливцев
Евгений Леонидович
- докт. техн. наук зам. директора по
научной работе Института угля и
углехимии СО РАН

Степанов
Юрий Александрович
– канд. техн. наук, доц. каф. ин-
формационных технологий
Сибирского гос. индустриального
университета
(г. Новокузнецк)

Корчагина
Татьяна Викторовна
– декан экономического факультета
филиала КузГТУ (г. Прокопьевск)

УДК 622.822

В.А.Портола, С.Н. Лабукин, А. Шеломенцев

ПРОБЛЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ОЧАГОВ САМОВОЗГОРАНИЯ УГЛЯ В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ШАХТ

Подземные эндогенные пожары представляют существенную опасность для работников угольных шахт из-за выделения большого количества токсичных газов в ограниченный объем воздуха, а также повышения температуры воздуха и горных пород. Кроме того, подземные пожары могут инициировать воспламенения и взрывы скопленных горючих газов и угольной пыли.

Эффективная борьба с самовозгоранием невозможна без использования способов обнаружения процессов самовозгорания на ранней стадии развития, а также контроля за состоянием очагов самовозгорания. Только решение этих проблем позволит повысить безопас-

ность горных работ и снизить экономический ущерб, принимаемый эндогенными пожарами. Однако сложность обнаружения и последующего тушения подземных эндогенных пожаров обусловлена тем, что в большинстве случаев они оказываются недоступными для людей. Так, в Кузбассе около 80 % эндогенных пожаров возникает в выработанном пространстве.

Самовозгорание угля представляет сложный физико-химический процесс, сопровождаемый выделением тепла и образованием различных соединений, способствующих изменению свойств и состава угля, фильтрующегося воздуха и воды, а также окружающих горных пород. Обнаружить этот

процесс возможно путем прямого замера температуры угля, воды или воздуха, а также по косвенным признакам, сопутствующим повышению температуры процессам окисления.

Для замера температур нагреваемых горных пород, воды и воздуха существует широкий выбор различных термометров, включающих как обычные контактные датчики (жидкостные, термопары, термосопротивления), так и устройства дистанционного контроля температуры [1, 2]. Температурную съемку предлагается проводить не только в шахте, но и на земной поверхности для определения местонахождения подземных пожаров [3, 4]. Однако из результатов расчетов [5] следу-

ет, что при малых скоростях фильтрации воздуха обнаружить очаг пожара по температурным аномалиям можно на расстоянии, не превышающем 10-15 м. Поэтому прямой замер температуры зачастую оказывается малоэффективен для обнаружения самовозгорания, возникшего в выработанном пространстве, по причине теплоизоляционных свойств угольных скоплений.

Среди способов обнаружения и локации очагов самовозгорания по изменению электрических свойств угля и вмещающих пород можно выделить способ, основанный на контроле за электропроводностью горных пород. Предполагаемый прямой замер электрического сопротивления [6, 7] может использоваться в основном на угольных разрезах. Широкого распространения данный способ не получил, что может быть связано с колебаниями электрического сопротивления пород в широких пределах под воздействием других факторов, не связанных с самовозгоранием, например, увлажнения.

Предлагался поиск и локация очагов самовозгорания с помощью радиолокации [8]. Данный метод основан на способности радиоволн проникать в горные породы на определенную глубину и отражаться на границе очага за счет изменения электрического сопротивления пород. На практике данный способ не применяется, возможно, из-за трудности отличить сигнал, отраженный очагом, от других сигналов, возникающих, например, на границе пород с различным электрическим сопротивлением.

В последнее время разрабатывается способ обнаружения и локации очагов самовозгорания по изменению электрического потенциала на поверхности [9]. Возникновение электрических полей в данном случае происходит за счет температурной неоднородности в очаге, способствующей термодиффузии

заряженных дефектов. Успешной реализации данного способа обнаружения и локации очагов самовозгорания будет препятствовать наличие электрических полей в горных породах за счет других явлений.

Перспективной для обнаружения очагов пожара может оказаться идея о размещении в выработанном пространстве различных индикаторов, выделяющих газообразные продукты при нагревании. Разработки, осуществляемые в данном направлении, например, во Франции и Японии [10,11], предполагают использование микрокапсул, заполненных веществом, которое при повышении температуры переходит в газообразное состояние и выходит в рудничную атмосферу. Недостатком данных технических решений является невозможность размещения индикатора, помещаемого в капсулу, по всему объему выработанного пространства.

Все рассмотренные способы обнаружения очагов самовозгорания в шахтах, кроме температурных замеров, практически не применяются. Наибольшее распространение на угольных шахтах России получили способы обнаружения процессов самовозгорания, основанные на выявлении в рудничной атмосфере газообразных продуктов, образующихся в ходе разогрева окисляющегося материала. В качестве индикаторов эндогенного пожара в основном используются оксид углерода, водород, предельные и непредельные углеводороды, выделяемые при термическом разложении угля или при химическом взаимодействии исходных компонентов. Для обнаружения ранней стадии процесса самовозгорания контролируют также содержание в воздухе водяного пара, испаряющегося из угля при повышении температуры. На шахтах, добывающих уголь с большим содержанием серы, предлагается идентифицировать процесс самовозгорания по со-

держанию в воздухе диоксида серы [12]. На практике реализуются предложения использовать для обнаружения и локации очагов эндогенных пожаров выделение радиоактивного газа радона [13].

В настоящее время угольные регионы России оснащены переносными и стационарными газоанализаторами, позволяющими с высокой точностью определять концентрацию пожарных газов в рудничной атмосфере. Для повышения эффективности контроля за пожарами применяются комплексные системы мониторинга, включающие датчики контроля за содержанием различных индикаторных газов, влажности, давления и скорости воздуха, а также компьютерную обработку получаемой информации [14].

Однако контроль за концентрацией в рудничной атмосфере пожарных газов, образующихся при термическом распаде угля или высокотемпературных химических реакций, зачастую оказывается малоэффективным при обнаружении начальной стадии процесса самовозгорания и пожары регистрируются на стадии пламенного горения при интенсивном газовыделении, что затрудняет его тушение и создает серьезную опасность для шахтеров. Для выявления низкотемпературной стадии процесса самовозгорания широко используется контроль за концентрацией в шахтной атмосфере оксида углерода. Для измерения его содержания в горных выработках используется как стационарная аппаратура («Сигма СО», «Микон»), так и различные переносные газоанализаторы.

Между тем анализ практической работы действующей системы обнаружения эндогенных пожаров, возникающих в выработанном пространстве, показывает низкую эффективность именно при обнаружении начальной стадии процесса самовозгорания. Наибольшая ошибка при идентификации

самовозгорания возникает за счет колебания концентраций индикаторного газа в рудничной атмосфере, в качестве которого используется оксид углерода. Так, на шахтах Кузбасса неоднократно фиксировалось повышение концентрации оксида углерода в выработанном пространстве действующих лав значительно выше фонового значения в течение нескольких дней, затем происходило снижение содержания индикаторного газа до естественного уровня. Такие, на первый взгляд беспричинные, всплески концентрации оксида углерода приводили к длительным остановкам очистных работ, иногда изоляции участка и применению различных способов подавления отсутствующих очагов самовозгорания.

В качестве примера можно привести шахту «Галдинская-Западная-1» где неоднократно всплески концентрации оксида углерода происходили при отработке лавы № 68-16. Лава № 68-16 длиной 200 м отрабатывала пласт 68 механизированным комплексом DBT с комбайном SL-500 производства Германии. Вынимаемая мощность пласта 4,8 м. Пласт 68 сложного строения, состоит из 5-8 угольных пачек, разделенных прослойками алевролита мощностью от 5 до 70 мм. Уголь пласта отнесен к марке Д, естественная влажность его 8,4 %, зольность пласта составляет 12 %, а выход летучих веществ равен 39-40 %. Пласт опасен по взрыву угольной пыли, угрожаемый по горным ударам и не опасен по внезапным выбросам угля и газа. Уголь шахтопласта, по заклю-

чению ВостНИИ, отнесен к категории весьма склонных к самовозгоранию с инкубационным периодом 54 суток. Природная газоносность колеблется от 0 до 8 м³/т. Проветривание выемочного участка осуществлялось по возвратноточной схеме с частичным отводом метана с помощью ПДУ.

Внезапные повышения концентрации оксида углерода в выработанном пространстве лавы 68-16 фиксировались неоднократно по мере продвижения очистного забоя. Так, за перемишкой № 176 содержание оксида углерода стало повышаться 21.09 и к 02.10 достигло 0,0072 % (рис. 1). Затем произошло быстрое снижение концентрации оксида углерода до 0,0050 к 04.10 и до 0,0017 % 05.10. В последующем наблюдалось плавное уменьшение содержания индикаторного газа до полного исчезновения в пробах. С 30.10 по 08.11 вновь зафиксировано временное повышение концентрации оксида углерода в выработанном пространстве до величины 0,0037. Временные всплески концентрации оксида углерода происходили также в пробах газа, отбираемых из выработанного пространства лавы в скважинах 285, 316, 317.

Аналогичные неоднократные повышения содержания оксида углерода в атмосфере выработанного пространства зафиксированы и на других шахтах Кузбасса. Так, на шахте Колмогоровская» концентрация оксида углерода в пробах воздуха, исходящего из выработанного пространства действующей лавы, доходила до 0,01

%, что приводило к остановкам добычи угля и к требованиям изоляции участка. Однако через некоторое время содержание индикаторного газа возвращалось к норме. В конечном итоге лава была отработана и изолирована без признаков эндогенного пожара.

В качестве примера интенсивного выделения оксида углерода можно привести и шахту "Байдаевскую". На поле этой шахты велась добыча угля камерно-столбовой системой с применением проходческого комбайна. Длина тупиковой части проводимых по пласту 29а разрезных печей составляла 60 м. Оксид углерода появлялся в пробах воздуха, набранных из разрезных печей, через несколько дней после их изоляции. Зафиксировано неоднократно колебание концентрации оксида углерода в изолированном пространстве. В отдельные дни содержание оксида углерода в пробах, набранных из-за перемишек, достигало 0,022 %. Между тем повышения температуры угля и воздуха в изолированных горных выработках не обнаружено.

Для исключения ошибок и необоснованных затрат на изоляции участков и подачу антипирогенов и хладагентов для подавления несуществующих очагов самовозгорания необходимо детальное исследование возможных причин подобных всплесков концентрации оксида углерода в рудничной атмосфере. После установления таких причин появится возможность повысить эффективность раннего обнаружения процессов самовозгорания методами, устраняющими или учитывающими возможные колебания концентрации индикаторных газов за счет процессов, не связанных с повышением температуры угля.

Выделение оксида углерода в угольных шахтах происходит не только при повышении температуры угля, но и при низкотемпературном окислении, а также при механоактивации в

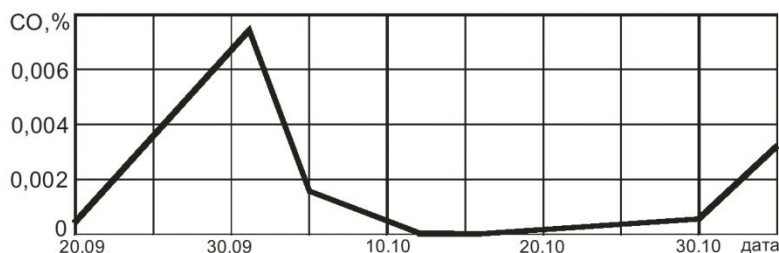


Рис. 1. Изменение концентрации оксида углерода в выработанном пространстве при отработке лавы № 68-16

момент разрушения угля. Кроме того, в пластах угля может содержаться оксид углерода, образованный ранее в процессе метаморфизма угля. Возможными причинами изменения концентрации оксида углерода в атмосфере выработанного пространства могут быть колебания в количестве свежего воздуха, подаваемого для проветривания лавы. Причин для изменения расхода воздуха, проходящего по горным выработкам, может быть множество, и все они могут сказаться на содержании оксида углерода в выработанном пространстве, образуемом при естественных температурах при дроблении угля и его окислении.

Учитывая стадию выпаривания влаги из угля при самонагревании, для обнаружения ранней стадии процесса самовозгорания применяют контроль за влажностью воздуха. Вместо существовавшего ранее визуального выявления повышенного содержания влаги в исходящем из выработанного пространства воздухе, в настоящее время на шахтах Кузбасса измеряют содержание водяного пара во входящей и исходящей из контролируемого пространства струе воздуха [15].

Существующий способ выявления ранней стадии самонагревания предусматривает расчет влажностного содержания воздуха по выражению

$$d = 0,622 \frac{P_p \varphi}{P_0 - P_p \varphi}, \quad (1)$$

где P_p - давление насыщенного водяного пара; P_0 - барометрическое давление; φ - относительная влажность воздуха.

При анализе приведенного выражения видно, что увеличение влажностного содержания наблюдается при повышении температуры влажного воздуха, приводящем к росту давления насыщенного водяного пара, и его относительной влажности.

Однако существующий метод зачастую не позволяет обнаружить самонагревание на

шахтах, так как на практике не всегда происходит повышение влажностного содержания воздуха после его прохождения через разогретый уголь, даже при интенсивном испарении влаги. В основном это обусловлено тем, что поступающий в скопление угля воздух уже имеет относительную влажность, близкую к 100%. Причинами данного состояния воздуха могут быть применение воды в технологических целях, особенно при гидродобыче, и большая естественная влагообильность шахт. В теплое время года поступающий в шахту воздух может иметь большое содержание водяного пара, и после охлаждения в выработках до естественной температуры горных пород его относительная влажность нередко достигает 100% без дополнительного парообразования. Учитывая, что относительная влажность прошедшего через выработанное пространство воздуха не может превышать 100%, данный параметр в таких случаях не может давать информацию о процессе самонагревания.

Изменения температуры исходящего из выработанного пространства влажного воздуха, вызывающего увеличение давления насыщенного водяного пара, зачастую также не происходит. Развитая поверхность скоплений угля и пород вызывает интенсивный теплообмен с воздухом, вследствие чего он быстро охлаждается до естественной температуры горных пород. Поэтому установить факт повышения давления насыщенного водяного пара, как и температуры воздуха, удается только после прогрева выработанного пространства на всем пути следования воздуха от очага до точки контроля. Начальный период самонагревания в этом случае не идентифицируется.

Однако в воздухе, проходящем через нагревающийся уголь, кроме влажностного содержания изменяются и другие параметры. Так, вначале поступающий

воздух нагревается в очаге самонагревания и его относительная влажность уменьшается, стимулируя испарение влаги из угля и пород. В результате испарения влажностное содержание воздуха возрастает. Пройдя очаг самонагревания, прогретый воздух быстро остывает в выработанном пространстве до естественной температуры угля и вмещающих пород за счет развитой поверхности скоплений горных пород. Этот процесс сопровождается увеличением относительной влажности воздуха до 100% с последующей конденсацией избытка влаги, выделившейся из разогретого угля. Образующаяся жидкая фаза находится во взвешенном состоянии в виде мелкодисперсной аэрозоли. В результате исходящий поток воздуха, также как и входящий, будет иметь относительную влажность близкую к 100% и естественную температуру горных пород. В этом случае влажностное содержание воздуха после прохождения через разогретый уголь не изменится, но в нем появится жидкая фаза, нередко наблюдаемая в шахтах. Учитывая данное явление, повысить эффективность известного метода возможно, если для обнаружения процесса самонагревания дополнительно учитывать такой параметр, как количество содержащейся в воздухе жидкости, находящейся в виде мелкодисперсной аэрозоли.

Таким образом, проведенный анализ показал, что существующие методы контроля не позволяют эффективно обнаруживать раннюю стадию процесса самовозгорания угля в выработанном пространстве шахт. Для усовершенствования способа обнаружения очагов самовозгорания необходимо:

- установить причины колебания концентрации оксида углерода в атмосфере выработанного пространства шахт;

- для обнаружения самовозгорания использовать критерии, в которых учтено или устрани-

возможное естественное колебание концентрации оксида углерода;

– выявить условия, при которых затруднено обнаружение процесса самонагрева по

изменению влагосодержания рудничного воздуха;

– исследовать перспективу применения для обнаружения процесса самовозгорания в качестве критерия количество

содержащегося в воздухе жидкого аэрозоля, возникающего при конденсации пара, выделившегося в разогреваемом угле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Metody indikace samovznaceni uhli ve sloji // Nemeck J., Medek J., Weishauptovaz / Acta montana.- 1988.- № 76.- С. 55-62.
2. Moznosti pouziti infracervenych bezdotykoznych teplomeru v dolech // Medek J., Weishauptovaz / Uhli.- 1988, 36.- № 1.- С. 8-13.
3. Lokalizacja ogniska pozzaru w wyrobisku gormicznym na podstawie pomiarow temperatury / Cianamara B., Marcak H. / Arch. gorn.- 1987.-32, № 2.- 243-265.
4. Альперович В.Я., Чунту Г.И., Пашковский П.С., Кошовский Б.И. Определение опасности самовозгорания угля. В кн. Горноспасательное дело, ВНИИГД.- 1974, вып. 8.- С. 12-15.
5. Исследование нестационарного температурного поля при эндогенном пожаре / Чунту Г.И., Калюсский А.Е., Гусар Г.А. // Безопасность труда в промышленности.- 1979.- № 8.- С. 44-46.
6. Миллер Ю.А., Белавенцев Л.П. Электрометрический метод обнаружения очагов самонагрева угля // ФТПРПИ.- 1975.- № 6.- С. 137-141.
7. А.С. № 1145156 СССР Кл. Е 21 F 5/00 Способ обнаружения очагов самонагрева угля в массиве / Б.Г.Тарасов, Г.В.Кроль, В.В.Дырдин и др. Заявл. 03.11.80. Оpubл. 22.03.85, Бюл. № 10.- 2 с.
8. Овчаренко И.Р., Малярчук А.М. Обнаружение очагов самовозгорания в угольных целиках радиолокационным методом // Изв. вузов. Горный журнал.- 1975.- № 11.- С. 8-10.
9. Алексеев Д.В., Трушников Н.В. Теоретические основы локации тепловых источников в массиве горных пород по изменениям электрического потенциала на поверхности / Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: Сб. научн. тр. № 13: Научн.-техн. центр “Кузбассуглетехнология”.- Кемерово, 1998.- 142 с.
10. Заявка № 2433210. Франция. МКИ G 08 В 17/00. Установка раннего обнаружения пожаров № 7823453. Заявл. 09.08.78. Оpubл. 07.03.80.
11. Заявка 55-33118. Япония. МКИ G 08 В 17/00. Способ обнаружения очага пожара № 6-828. Оpubл. 28.08.1980.
12. Каледин Н.Ф., Федорчук Э.С., Альперович В.Я. Исследование скорости образования диоксида серы при окислении углей молекулярным кислородом / Химия твердого топлива.- 1085.- № 5.- С. 88-91.
13. Портола В.А. Контроль подземных эндогенных пожаров по выделению радона с земной поверхности. Безопасность труда в промышленности.- 2004.- № 2.- С. 5-7.
14. Monitoring the atmosphere in underground mines // Mining Mag.- 1988.-159, № 6.- С. 483, 485-487.
15. Методика прогноза эндогенной пожароопасности выемочных полей шахт Кузбасса для выбора достаточного объема пожарно-профилактических мероприятий / ВостНИИ.- Кемерово, 1996.- 26 с.

□ Авторы статьи:

Портола
Вячеслав Алексеевич
-докт. техн. наук, проф. каф.
аэрологии, охраны труда
и природы

Лабукин
Сергей Николаевич
-аспирант каф. аэрологии,
охраны труда и природы

Шеломенцев
Алексей Юрьевич
-горный инженер
(шахта «Владимирская»)

УДК 502.22

Л. С. Хорошилова, А. В. Тараканов

ПРОБЛЕМЫ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КУЗБАССЕ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

С развитием добывающей промышленности очень остро встает проблема нарушенных земель. Кроме прямого экономического ущерба, связанного с изъятием продуктивных угодий, нарушенные земли причиняют окружающей природной среде серьезный экологический ущерб. Их негативное воздействие на природу проявляется в загрязне-

нии почвы, воды и атмосферы продуктами эрозии и дефляции; иссушении или подтоплении территории; снижении биологической продуктивности прилегающих угодий и др. В настоящее время только в Кемеровской области к нарушенным относится более 100 тыс. га земли, из них рекультивировано немногим более 20 тыс. га. Рекультива-