



I ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 622.822.22

П.А. ШЛАПАКОВ

Заведующий лабораторией
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: shlapak1978@mail.ru



В.В. КОЛЫХАЛОВ

Ст. научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: x77kem@mail.ru



С.А. ХАЙМИН

Ст. научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: hsa007@mail.ru



ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Приведен анализ основных методов контроля текущей эндогенной пожароопасности выработанных пространств на пологих и наклонных пластах угля, склонного к самовозгоранию, действующих и отработанных выемочных участков. Определены основные недостатки газоаналитического метода обнаружения подземных пожаров в угольных шахтах. Сделан вывод о необходимости учета оксида углерода, высвобождающегося при разрушении угля.

Ключевые слова: САМОНАГРЕВАНИЕ УГЛЯ, СТАДИЯ САМОВОЗГОРАНИЯ УГЛЯ, ЭНДОГЕННЫЙ ПОЖАР, ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД, КОНТРОЛЬНАЯ ТОЧКА, ПРИРОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОКСИДА УГЛЕРОДА В УГЛЕ, ПРИПОВЕРХНОСТНАЯ РАДОНОВАЯ СЪЕМКА

На сегодняшний день наиболее актуальной проблемой предупреждения эндогенных пожаров остается обнаружение очагов самонагревания угля на ранних стадиях в выработанных пространствах действующих и отработанных выемочных участков, когда переход

их в стадию самовозгорания может быть предотвращен современными средствами профилактики без нарушения технологических процессов добычи угля.

При ведении подземных горных работ по добыче каменного угля в настоящее время

применяются способы и методы контроля эндогенной пожароопасности на основе анализа газового состава проб рудничной атмосферы, подпочвенной радоновой съемки, измерения температуры воздуха и воды в действующих и изолированных выемочных участках, изменения влажности внутренних утечек воздуха и геофизические методы электроразведки.

Используемый на угольных шахтах газоаналитический метод обнаружения пожаров имеет ряд существенных недостатков. Пожарные индикаторные газы – оксид углерода, водород, этилен, ацетилен – легче воздуха. При выделении данных газов в выработанном пространстве действующей лавы за пределами призабойной активно проветриваемой зоны происходит их накопление в куполах обрушения и в деформированных трещиноватых слоях вмещающих пород. При разработке мощных пологих и наклонных пластов высота зоны обрушения составляет около пяти вынимаемых мощностей. Отбор проб воздуха из этих зон возможен только через контрольные скважины, пробуренные, как правило, с земной поверхности в купол обрушения. В пределах действующего выемочного участка обычно бурят одну специальную контрольную скважину. Как известно, очаг самовозгорания угля формируется в небольшой по своим размерам зоне с оптимальными для этого аэротермодинамическими условиями. В этой зоне имеется скопление угля (2–3 т), достаточно разрыхленного для наличия развитой химически активной поверхности. Скорость воздуха довольно велика для подвода необходимого количества кислорода, но не превышает верхней границы интервала пожароопасных скоростей, при которых вынос тепла утечками воздуха преобладает над выделением его в процессе окисления угля. В связи с тем, что окись углерода и водород скапливаются в куполах обрушения и трещинах в зоне, расположенной непосредственно над формирующимся очагом, значительная часть их не выносится с утечками воздуха к контрольным точкам (контрольным скважинам), в которых отбираются пробы. Они периодически обнаруживаются при резком падении

атмосферного давления на земной поверхности, когда вследствие расширения воздуха скопившиеся в куполах обрушения CO и H₂ попадают в поток утечек воздуха. Однако зачастую в этом случае они искажают картину: высокое содержание газов может быть обусловлено, например, длительностью процесса их накопления вследствие низкотемпературного окисления потерь угля.

В случае применения комбинированных схем проветривания с управляемым с помощью вентиляторов частичным отводом газовой воздушной смеси на фланговые скважины, пробуренные с земной поверхности, наблюдается значительное разжижение пожарных индикаторных газов. При отводе на фланг более 500 – 600 м³/мин становится невозможно установить наличие микроконцентраций CO и H₂ в газовой воздушной смеси и, следовательно, обнаружить наличие очага самонагревания на ранней стадии. Как показывает практика использования комбинированных схем проветривания на шахтах Кузбасса, при отводе из выработанного пространства на фланг около 1000 м³/мин газовой воздушной смеси не удается обнаружить в ней микроконцентраций CO и H₂, даже при переходе процесса самонагревания угля в стадию самовозгорания, что приводит к тяжелым авариям – взрывам метановоздушной смеси с человеческими жертвами и разрушением механизмов и горных выработок. На шахтах Кузбасса неоднократно фиксировались случаи самовозгорания угля в выработанном пространстве действующих выемочных участков, тогда как в пробах воздуха на газоотсасывающем вентиляторе не было обнаружено даже следов оксида углерода и водорода.

Контрольными точками для отбора проб воздуха из выработанного пространства действующих и отработанных выемочных участков чаще всего служат изоляционные перемычки, ограждающие данное выработанное пространство. Вследствие изменения вентиляционных режимов, барометрического давления, температурных параметров и других факторов часть перемычек переходит в вентиляционный режим «принимают».

Это приводит к потере значительного числа контрольных точек и, следовательно, получению недостоверной информации о процессах, происходящих в выработанном пространстве. В случаях применения комбинированных схем проветривания с применением газоотсасывающих вентиляторных установок отбор проб воздуха из-за перемишек не представляется возможным.

Анализ работы действующей системы обнаружения эндогенных пожаров, возникающих в выработанном пространстве, показывает низкую эффективность особенно 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. Были случаи, когда на шахтах Кузбасса неоднократно в течение нескольких дней фиксировалось значительное превышение фонового значения концентрации оксида углерода в выработанном пространстве действующих лав, затем происходило снижение содержания индикаторного газа до естественного уровня. Такие, на первый взгляд, беспричинные всплески концентрации оксида углерода приводили к длительным остановкам очистных работ, а иногда к изоляции участка и применению различных способов подавления отсутствующих очагов самовозгорания.

В качестве примера можно привести шахту «Разрез Инской», где в результате обнаружения в пробах воздуха из выработанного пространства лавы №607 пласта Безымянного оксида углерода была остановлена работа выемочного участка. События развивались следующим образом.

Отработка лавы №607 была начата в августе 2014 г. системой длинных столбов по простиранию с полным обрушением кровли. Длина выемочного столба – 1400 м, длина лавы – 220 м. На момент обнаружения оксида углерода в атмосфере выработанного пространства подвигание очистного забоя с начала отработки составило 220 м.

Пласт Безымянный в районе лавы № 607

имеет сложное строение и состоит из одной-двух угольных пачек, разделенных прослоем алевролита мощностью от 0,5 до 5,02 м. Верхняя угольная пачка мощностью от 0,39 до 1,35 м, имеющая строение от простого до сложного, на 80% площади лавы не имеет промышленного значения. На остальной площади лавы она сливается с нижней пачкой, и тогда общая мощность угольного пласта увеличивается с 2,82 до 4,30 м. Средняя вынимаемая мощность пласта 3,45 м.

Уголь пласта относится к марке Д, содержание влаги составляет 4,6%, средняя зольность угля – 6,6%. Угол падения пласта – от 15 до 24°, более пологое падение пласта наблюдается от монтажной камеры до центральной ее части (от 15 до 18°).

Непосредственная кровля представлена мелким и крупным алевролитом мощностью от 0,5 до 4 м и крепостью по шкале профессора М.М. Протоdjяконова $f=4\div5$.

Пласт Безымянный отнесен к категории склонных к самовозгоранию, продолжительность инкубационного периода самовозгорания угля составляет 63 сут.

В соответствии с действующими Федеральными нормами и правилами от 12.09.14 [1] была проведена оценка фона индикаторных газов в шахте (таблица 1).

Плановый отбор проб воздуха в шахте был произведен 15.09.2014, по его результатам в дегазационной скважине №2 было обнаружено превышение оксида углерода над фоновыми значениями до 0,0061%. Было принято решение провести мониторинг газовой атмосферы в дегазационной скважине. Результаты мониторинга состава воздуха из дегазационной скважины приведены в таблице №2.

В связи с существенным превышением концентрации оксида углерода над фоновыми значениями по предписанию Ростехнадзора от 19.09.2014 работы в шахте были остановлены, а люди выведены на поверхность.

Для выяснения причин появления оксида углерода над выемочным участком была выполнена приповерхностная радоновая съемка. Аномалий, свидетельствующих о наличии

Таблица 1 – Оценка фона индикаторных газов

Место отбора	Индикаторный газ, %								
	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	C ₃ H ₃	
Дегазационная скважина №2	0,06	18,35	0,0052	0,0010	6,28	0,00001	0	0	
Конвейерный штрек 607 (10–20 м от очистного забоя)	0,05	20,74	0,0000	0,0000	0,01	0	0	0	
Очистной забой № 607	0,05	20,68	0,0000	0,0000	0,34	0	0	0	
Вентиляционный штрек 607 (куток)	0,04	20,63	0,0007	0,0000	0,48	0	0	0	
Вентиляционный штрек 607 (10–20 м от очистного забоя)	0,04	20,72	0,0001	0,0000	0,11	0,00001	0	0	

Таблица 2 – Результаты мониторинга состава воздуха из дегазационной скважины

Дата	Состав воздуха, %								
	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	C ₂ C ₄	C ₂ H ₂	C ₃ H ₃	
16.09.2014	0,13	13,08	0,0044	0,0014	19,92	0,00002	0	0	
17.09.2014	0,14	12,81	0,0044	0,0014	19,56	0,00001	0	0	
18.09.2014	0,15	12,31	0,0076	0,0006	19,47	0,00001	0	0	
19.09.2014	0,30	15,09	0,0103	0,0007	7,49	0,00002	0	0	

Таблица 3 – Результаты лабораторных испытаний проб угля пласта Безымянного

Номер пробы	Время сорбции, ч	Условия проведения эксперимента		Газовая фаза, %			Удельное газовыделение, мл/г·ч	
		давление, кПа	температура, °С	O ₂	CO	H ₂	CO	H ₂
Проба 1								
1	23,3	98,6	19,0	22,0	0,0276	0,00123	5,69·10 ⁻⁵	0,25·10 ⁻⁵
2	62,9	98,2	19,0	16,0	0,0437	0,00185	5,29·10 ⁻⁵	0,22·10 ⁻⁵
3	55,4	99,1	18,0	11,0	0,0532	0,00203	4,61·10 ⁻⁵	0,18·10 ⁻⁵
Проба 2								
1	23,3	98,6	19,0	21,0	0,0286	0,00123	5,89·10 ⁻⁵	0,25·10 ⁻⁵
2	62,9	98,2	19,0	16,0	0,0440	0,00185	5,33·10 ⁻⁵	0,22·10 ⁻⁵
3	55,4	99,1	18,0	12,0	0,0580	0,00203	5,03·10 ⁻⁵	0,18·10 ⁻⁵

очага самовозгорания в выработанном пространстве, обнаружено не было. После этого было принято решение о проведении исследований угля пласта Безымянного на природное содержание оксида углерода.

С целью установления природного содержания оксида углерода в угле пласта Безымянного в пределах выемочного участка лавы № 607 научным центром ВостНИИ были проведены специальные исследования газо-

образных продуктов, выделяющихся при низкотемпературном окислении угля.

Представленные для испытаний пробы угля 15.09.2014 были отобраны в лаве № 607. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Результаты исследований методом газового анализа продуктов низкотемпературного окисления представленных проб угля (таблица 1) показали, что среднее удельное выделение оксида углерода при комнатной температуре составляет:

$$q_{CO} = 4,82 \cdot 10^{-5} \text{ мл/(г·ч)} \approx 0,8 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/(\text{кг·мин});$$

Основываясь на полученных результатах и выполненных расчетах, был сделан вывод, что возможное появление водорода до 0,003% и оксида углерода до 0,00346% в верхнем кутке лавы №607, а также оксида углерода до 0,2698% из-за изолирующих перемычек было обусловлено как природным содержанием их в угле пласта Безымянного, так и процессами низкотемпературного окисления угля.

Работы в лаве №607 по пласту Безымянному 23.09.2014 были возобновлены. В настоящее время данная лава отработана без признаков возникновения пожара.

Аналогичные неоднократные повышения содержания оксида углерода в атмосфере выработанного пространства зафиксированы и на других шахтах Кузбасса. Так, на шахте «Колмогоровская-2» 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 итоге лава была отработана и изолирована без признаков эндогенного пожара.

Вывод

Анализ метода контроля эндогенной пожароопасности на основе определения индикаторных газов в пробах рудничной атмосферы позволил выявить существенные недостатки этого метода. Проведенные исследования также показали, что в угле различных марок присутствует оксид углерода, высвобождающийся при его разрушении. Данный фактор необходимо учитывать при применении газоаналитического метода обнаружения подземных пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по предупреждению эндогенных пожаров и безопасному ведению горных работ на склонных к самовозгоранию пластах угля»: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности – Сер. 05. – Вып. 46. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. – 22 с.

P.A. Shlapakov

Laboratory head

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: shlapak1978@mail.ru

S.A. Khaymin

Senior researcher

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: hsa007@mail.ru

V.V. Kolykhalov

Senior researcher

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: x77kem@mail.ru

GAS-ANALYTICAL METHOD OF DETERMINATION OF ENDOGENOUS FIRES IN COAL MINES

The basic methods of recent endogenous fire hazard of gob areas at flat and steep coal beds liable to spontaneous combustion in the working and worked out excavation area are given. Disadvantages of the gas-analytical method of underground fires detection are determined. The conclusion of the need to incorporate carbon monoxide released during coal destruction is given.

Key words: COAL SELF-HEATING, STAGES OF COAL COMBUSTION, ENDOGENOUS FIRE, GAS-ANALYTICAL METHOD, CHECK POINT, NATURAL CONTENT OF CARBON OXIDE IN COAL, NEAR-SURFACE RADON METHOD

REFERENCES

1. Instrukcija po preduprezhdeniju jendogennyh pozharov i bezopasnomu vedeniju gornyh rabot na sklonnyh k samovozgoraniju plastah uglja: feder. normy i pravila v obl. pro m. bezopasnosti (Instruction on the prevention of the endogenous fires and safe conducting mining operations on coal layers, inclined to self-ignition. Federal Norms and Regulations in the Field of Industrial Safety). Ser. 05. Iss. 46. Moscow: ZAO NTC PB, 2016. 22 p.