

УДК 622.822.2

С. А. Син

ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТА ДЛЯ БОРЬБЫ С САМОВОЗГОРАНИЕМ УГЛЯ В ШАХТАХ

Эндогенные пожары являются одной из наиболее опасных аварий на угольных предприятиях. Развитие самовозгорания угля приводит к интенсивному выделению токсичных газов, распространяющихся по горным выработкам и угрожающим здоровью и жизни людей. В шахтах, опасных по выделению метана, очаги самовозгорания могут вызвать взрывы скоплений горючего газа и угольной пыли. Эндогенные пожары наносят шахтам и огромный экономический ущерб [1], приводя к потере угледобывающей технике, горных выработок и запасов угля. Так эндогенный пожар, возникший на ш. «Сибиргинская» с 2011 г и спящий в категорию потушенных в 2014 г, нанес экономический ущерб в сумме 285,7 млн. рублей.

Для повышения безопасности горных работ и снижения экономического ущерба от эндогенных пожаров необходимо совершенствовать борьбу с самовозгоранием угля по направлениям: предупреждение, обнаружение, локация очагов самовозгорания, а также тушения развивающихся эндогенных пожаров. Однако предупреждение процессов самовозгорания затруднено из-за недостаточной изученности процесса от многочисленных внешних и внутренних факторов. Согласно проведенным исследованиям [2], многие факторы неоднозначно влияют на процесс самовозгорания угля. Так, существует оптимальная скорость фильтрации воздуха через угольное скопление, вызывающая наибольшую скорость повышения температуры. Неоднозначно влияние влаги на химическую

активность угля [3,4].

Разработка способов предупреждения самовозгорания позволила в последние десятилетия существенно сократить количество эндогенных пожаров на шахтах Кузбасса [1]. Для снижения химической активности угля, теряемого в выработанном пространстве, широко применяются распыляемые в потоке воздуха аэрозоли антипирогена, пена [5,7]. Для предупреждения самовозгорания предложено изолировать выработанное пространство [7], подавать глинистую пульпу [8] снижать температуру угля [9,10], что существенно уменьшает его химическую активность. Предотвратить процессы окисления и самовозгорания угля в шахтах возможно и путем создания метановой газовой среды [11,12].

Однако, несмотря на многообразие профилактических мер, эндогенные пожары продолжают возникать на угольных предприятиях. Поэтому необходимо дальнейшее совершенствование, как способов предупреждения самовозгорания, так и тушения возникших очагов. Для тушения очагов в выработанном пространстве необходимо применение методов обнаружения и локации возникших очагов самовозгорания. Для обнаружения процесса самовозгорания в основном применяется газоаналитический метод и оценка влагосодержания рудничного воздуха. В последнее время для раннего обнаружения самонагревания предложено измерять содержание в рудничном воздухе жидких аэрозолей [13,14], образующихся при конденсации испарившейся влаги.

Таблица 1. Работы, выполняемые для борьбы с самовозгоранием угля в шахтах Кузбасса

Показатель	Год				
	2007	2008	2009	2010	2011
Количество шахт	76	77	75	73	72
Число эндогенных пожаров: действующих/возникших	16/7	14/7	11/7	7/6	14/5
Число склонных к самовозгоранию пластов	118	106	103	103	101
Выполнено ВГСЧ:					
Возведено изолирующих перемычек	1199	1128	1018	1204	893
Взрывоустойчивых	769	754	756	815	585
из гипса	345	298	245	188	85
из «Текбленда»	424	456	511	627	500
Не взрывоустойчивых	430	374	262	389	308
из шлакоблоков	299	324	179	301	273
из кирпича	1	1	2	8	1
из дерева	130	49	81	80	34
Пробурено скважин: для тушения, м	9409	18695	9660	36303	34461
для профилактики, м	26637	24407	35813	16654	24822

Для тушения пожаров, возникающих в выработанном пространстве шахт, широко используются глинистая пульпа и пена. Основным компонентом этих составов является вода, обладающая хорошим хладагентным действием. Однако в условиях отсутствия достоверных сведений о местонахождении очага самовозгорания в выработанном пространстве вероятность попадания этих составов в очаг пожара очень мала. Поэтому все более широко для борьбы с подземными пожарами применяются инертные газы [15,16]. На шах-

лении местонахождения очагов пожара в выработанном пространстве шахт можно использовать поверхностную съемку пожарных газов и радона [17,18].

Благодаря объемному распространению подаваемого газа, воздействию азота подвергаются скопления как прогретого в процессе самовозгорания угля, так и угля, имеющего естественную температуру окружающей среды. Поэтому необходимо оценить, как изменяется химическая активность угля после воздействия азотом. Для ис-

Таблица 2. Материалы, используемые для борьбы с эндогенными пожарами в шахтах

Материал	Год				
	2007	2008	2009	2010	2011
-глинистая пульпа, м ³	11766	48898	14246	1691	24719
-пенообразователь, т	542,4	458,5	674,6	1702,1	2617,5
-смачиватель, т	122,6	178,4	157,2	182,9	180,6
-огнегасящий порошок, т	6,1	4,2	0,1	0	0
-глина (сухая), т	1830	757	2150	180	8634
-летучая зола, т	1400	4231	610	6106	18467
-песок, т	101,8	137,7	135,2	119,3	104,5
-антипироген (мочевина и др.), т	1002,9	1572,8	901,6	1015,4	741,8
-инертная пыль, т	4263,3	4001,6	3993,5	3714,6	3287,5
-жидкий азот, т	3208,5	3459,1	2009,0	3359,3	2374,3
-газообразный азот, тысяч м ³	19335	15501	20213	38245	289474

тах использовались продукты сгорания, углекислый газ, азот. В последние годы основным газом для ликвидации подземных пожаров стал азот.

Работы, выполненные шахтами и ВГСЧ по профилактике и тушению эндогенных пожаров на шахтах Кузбасса в последние годы, приведены в табл. 1. Количество материалов, затраченных на профилактику и тушение этих эндогенных пожаров, приведено в табл. 2.

Приведенные данные показывают, что в последние годы для борьбы с эндогенными пожарами в шахтах Кузбасса все больше применяется азот. Для получения азота используются криогенные установки, позволяющие подать азот в сжиженном состоянии с температурой -196° С, а также мембранные воздухоразделительные установки. В Кузбассе такие установки с производительностью 1000 м³/ч азота используются для борьбы с пожарами в шахтах с 2006 г.

Поступая в выработанное пространство, азот снижает концентрацию кислорода в рудничной атмосфере. Поэтому его использование позволяет не только прекращать окисление угля и, соответственно, выделение тепла, но и предотвращать возможные взрывы горючих газов и угольной пыли. Одновременно инертный газ охлаждает разогретое угольное скопление. Наибольший эффект охлаждения наблюдается при подаче газа непосредственно в очаг самовозгорания. Для опреде-

следования использовалась известная методика [19,20], предусматривающая измерение концентрации кислорода в герметично закрытой емкости, содержащей пробу угля. За показатель химической активности угля принималась удельная скорость сорбции кислорода, определяемая по уравнению

$$U = -\frac{V(B - P)}{M\tau 760} \ln \frac{C_A(1 - C_0)}{C_0(1 - C_A)},$$

где B – барометрическое давление перед началом сорбции, мм рт. ст.; P – упругость паров воды при температуре проведения эксперимента, мм рт. ст; M – масса пробы угля в сосуде, кг; τ – время контакта воздуха с углем, ч; C_A – концентрация кислорода в пробе отобранного воздуха, доли ед.; V – объем воздуха в сорбционном сосуде с пробой угля, м³; C_0 – начальная концентрация кислорода в атмосфере сорбционного сосуда, доли ед.

Эксперименты проводились с пробами свежеотобранного угля и предварительно прогретого до температуры 613 К. Исследования выполнены с углем марки КЖ влажностью 7,9 %, зольностью 5,8 %. В опытах использовались навески угля размером 1-3 мм. Разогретый уголь охлаждался в течение 30 мин, после чего проба помещалась в сорбционный сосуд. Для сравнения параллельно

Таблица 3. Изменение сорбционной активности угля

Время от начала сорбции, ч	Вид обработки					
	необработанный		азотом		Дистиллированной водой	
	Без нагрева, см ³ /(г·ч)	Разогрет, см ³ /(г·ч)	Без нагрева, см ³ /(г·ч)	Разогрет, см ³ /(г·ч)	Без нагрева, см ³ /(г·ч)	Разогрет, см ³ /(г·ч)
24	0,0522	0,0867	0,0621	0,0704	0,0181	0,0680
72	0,0339	0,0285	0,0363	0,0227	0,0134	0,0373
145	0,0288	0,212	0,0288	0,0167	0,0116	0,0291
241	0,0223	0,0140	0,0230	0,0121	0,0107	0,0237
356	0,0146	0,0090	0,0137	0,0066	0,0067	0,0163
501	0,0137	0,0079	0,0128	0,0062	0,0075	0,0161
570	0,0125	0,0086	0,0121	0,0061	0,0066	0,0148
860	0,0096	0,0068	0,0088	0,0043	0,0058	0,0120
1100	0,0064	0,0046	0,0064	0,0033	0,0051	0,0092
1412	0,0038	0,0027	0,0039	0,0016	0,0039	0,0067

ставили пробы необработанного угля, обработанного азотом и дистиллированной водой. Обрабатываемая водой проба заливалась водой и выдерживалась в течение 60 мин. Потом уголь помещалась на сито, затем на фильтровальную бумагу для удаления воды. Для обработки азотом пробы угля в течение 60 мин продувались газом. Отбор проб воздуха из сосудов осуществлялся через каждые 24 ч. Затем пробы угля продувались атмосферным воздухом и вновь герметизировались на следующие 24 ч.

Результаты исследования влияния азота и воды на сорбционную активность свежеотобранного и предварительно нагревшегося угля приведены в табл. 3.

Анализ полученных результатов показывает, что обработка свежеотобранного угля азотом увеличивает его химическую активность по сравнению с контрольной пробой только в начальный момент. Уже через 72 часа от начала сорбции активность обработанного азотом угля становится меньше, чем у контрольного. Обработка угля ди-

стилизированной водой существенно уменьшает сорбционную активность свежеотобранного угля по отношению к кислороду. Однако к концу эксперимента сорбционная активность всех проб угля выровнялась.

Эксперименты с предварительно разогретым углем показали, что обработка азотом снижает химическую активность угля по отношению к кислороду по сравнению с остывшим углем на воздухе. Обработка дистиллированной водой оказалась эффективной только в начале эксперимента. С увеличением длительности выдержки наибольшее снижение химической активности наблюдается у проб угля, обработанных азотом. Вода в данной серии экспериментов проявила активирующую действие.

Таким образом, проведенные исследования показали, что охлаждение разогретых скоплений угля азотом приводит к снижению химической активности угля и уменьшению опасности рецидивов пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Портола В.А., Галсанов Н.Л., Шевченко М.В., Луговцова Н.Ю. Эндогенная пожароопасность шахт Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 2. – С. 44-47.
2. Портола В.А. Оценка влияния некоторых факторов на процесс самовозгорания угля // ФТПРПИ. – 1996. – № 3. – С. 61-68.
3. Чернов О. И. Скорость поглощения кислорода сухим и увлажненным углем // Уголь. – 1968. – № 5. – С. 66–67.
4. Портола В.А. Влияние профилактического увлажнения на процесс самовозгорания угля // ФТПРПИ. – 1984. – № 3. – С. 108–110.
5. Разработка и внедрение новых способов профилактики, локации и локализации очагов самовозгорания угля в действующих выемочных полях шахт Кузбасса / В.Г. Игишев, Л.П. Белавенцев, В.А. Портола и др. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2006. – 98 с.
6. Игишев В.Г., Портола В.А. Кратность пен, используемых при локализации и тушении эндогенных пожаров // Безопасность труда в промышленности. – 1983. – № 7. – С. 32.
7. Скочинский А.А., Огневский В.М. Рудничные пожары. – М.: Углетехиздат, 1954. – 387 с.
8. Линденау Н.И., Маевская В.М., Крылов В.Ф. Происхождение, профилактика и тушение эндогенных пожаров. – М.: Недра, 1977. – 319 с.

9. Портола В.А., Галсанов Н.Л., Луговцова Н.Ю. Развитие процесса самовозгорания в скоплении предварительно охлажденного угля // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 1. – С. 49-52.
- 170 10. Луговцова Н.Ю., Портола В.А. Влияние предварительно охлажденного угля на развитие процесса самовозгорания // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-10985> (дата обращения: 04.12.2013).
11. Портола В.А. О возможности отработки высокогазоносных угольных пластов во взрывобезопасной газовой среде // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 12. – С. 53-57.
12. Portola V.A. The methane use prospective to prevent combustions and explosions in the mines. Advances in geotechnical FND structural engineering - Proceedings of the Fifth China-Russia Symposium on Underground and Building Engineering of City and Mint. 2008, Qindao, China. – p. 400-403.
13. Портола В.А., Лабукин С.Н. Обнаружение очагов самовозгорания угля на ранней стадии развития // Безопасность труда в промышленности. – 2009. – № 4. – С. 34-37.
14. Портола В.А., Лабукин С.Н. Способ и устройство идентификации самонагревания угля в шахтах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2009 г. – № 6. – С. 42-45.
15. Привалов Н. И. Совершенствование газогенераторной техники для тушения подземных пожаров / Н. И. Привалов, А. А. Купко, Б. С. Любарский // Уголь Украины. – 1991. – № 2. – С. 26–27.
16. Осипов С.Н. Применение инертных газов при ликвидации подземных пожаров. – Киев: Техника. – 1973. – 51 с.
17. Портола В.А. Контроль подземных эндогенных пожаров по выделению радона с земной поверхности // Безопасность труда в промышленности.- 2004.- № 2.- С. 5-7.
18. Портола В.А. Локация очагов подземных пожаров с поверхности: Монография / Под ред. В.А. Колмакова; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2001. – 176 с.
19. Физические основы самовозгорания угля и руд / В.С. Веселовский, Л.Н. Виноградова, Г.Н. Орланская и др. – М.: Наука, 1972. – 148 с.
20. Прогноз и профилактика эндогенных пожаров / В.С. Веселовский, Л.Н. Виноградова, Г.Н. Орланская и др. – М.: Наука, 1975. – 159 с.

Автор статьи:

Син Сергей Александрович
ген. директор ООО «Азот Сервис» (г.Кемерово), аспирант каф. аэробиологии, охраны труда и природы
КузГТУ. .E-mail: azotservice@mail.ru

Поступило в редакцию 30.11.2014