

УДК 622.013

О.И. Казанин, А.А. Сидоренко, В.А. Тюрнин

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭНДОГЕННУЮ ПОЖАРООПАСНОСТЬ ПРИ ОТРАБОТКЕ СБЛИЖЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Проведен анализ нормативных документов, регламентирующих отработку свит пологих угольных пластов, склонных к самовозгоранию. На примере шахты «Алардинская» выполнена оценка возможности формирования аэродинамической связи между выработанными пространствами обрабатываемых пластов и опасности возникновения очагов самовозгорания.

Ключевые слова: сближенные пласты, выработанное пространство, самовозгорание угля, эндогенный пожар, аэродинамическая связь.

В настоящее время в государственном реестре объектов повышенной опасности (ОПО) зарегистрирована 121 угольная шахта, из которых добычу осуществляют 85. Большая часть шахт РФ ведет одновременную разработку свит пластов или планирует в перспективе разработку нижележащих пластов.

Более 75 % от общего объема подземной угледобычи поступает из шахт 3-ей категории по метану или сверхкатегорийных, при этом доля угольных пластов, склонных к самовозгоранию, составляет 61 %. За последние 10 лет в угольной промышленности произошло 217 аварий, в результате которых смертельно травмированы 465 человек, в том числе 52 аварии, связанных с взрывами и вспышками метана, в которых погибло 394 человека. Очаги самовозгорания угля неоднократно становились источниками воспламенения и взрыва метана. Более 75 % подобных аварий приходится на шахты Кузнецкого бассейна. При этом в течение длительного времени наибольшее число пожаров (до 80 %) происходило при отработке

мошных крутонаклонных и крутых пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения. Однако в последние годы наблюдается тенденция роста доли эндогенных пожаров при отработке пологих пластов в общем количестве пожаров, что обусловлено не столько повышением числа пожаров при отработке таких пластов, сколько снижением доли крутонаклонных пластов и общего числа пожаров в результате закрытия целого ряда шахт в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса. Несмотря на устойчивую тенденцию снижения частоты возникновения подобных аварий, следует отметить рост степени тяжести аварий и смертельного травматизма [1].

Определение объема общетехнических и специальных мер профилактики эндогенных пожаров выполняется только после определения склонности шахтопласта к самовозгоранию.

В соответствии с действующими нормативными документами [2] склонность пласта к самовозгоранию определяется его химической актив-

ностью, углом падения, мощностью пласта, наличием геологических нарушений и наличием пропластков угля суммарной мощностью более 0,2 м во вмещающих породах

Вместе с тем, следует отметить, что очаг самовозгорания может сформироваться и при отработке пластов, ранее отнесенных к не склонным к самовозгоранию. Так, эндогенный пожар на шахте «Полысаевская» возник 19.09.2001 в лаве №18—21 пласта Толмачевского [1], который не был отнесен к категории склонных к самовозгоранию. За всю историю его отработки на шахте не было ни одного самовозгорания угля. Средняя скорость подвигания лавы составляла 190 м/мес. Фактическая запыленность лавы равнялась 325 мг/м^3 , при этом масса угольной пыли, выносимая утечками воздуха в течение суток, достигала 31,6 кг. Общая масса пыли, отложившейся на их пути в течение года, составила около 11 т.

Следует отметить, что в отдельных лавах шахт РФ при производительности газоотсасывающих установок до $400 \text{ м}^3/\text{мин}$ и более суточные отложения угольной пыли на пути движения метановоздушной смеси достигают 100 кг. В данном случае пыль будет способствовать самовозгоранию угля, что подтверждается данными о влиянии крупности угля в скоплении на продолжительность инкубационного периода при самовозгорании (табл. 2).

Как видно из табл. 2, минимальные инкубационные периоды характерны для фракций угля менее 5 см, а именно: 1 см и 1 мм. Таким образом, в зависимости от крупности угля в скоплении продолжительность инкубационного периода

для одного и того же пласта может различаться в сотни раз.

Критическая для самовозгорания масса угля, найденная аналитическим способом, составляет 5,2 т. Наблюдения показывают, что для самовозгорания достаточно 2-3 т угля. В тоже время на шахтах Кузбасса известны случаи самовозгорания скоплений угля массой 1-2 т [4].

В руководстве [5] указаны 16 факторов, определяющих эндогенную пожароопасность действующих выемочных полей шахт:

- мощность пласта;
- наличие пожаров в граничных полях;
- глубины работ;
- химическая активность угля;
- тип пород кровли;
- наличие наносов глины на поверхности;
- наличие горелых пород на выходах пласта;
- наличие сближенных пластов в кровле отработываемого;
- угол падения пласта;
- газообильность поля;
- способ управления кровлей;
- размер поля по падению;
- скорость отработки по простиранию;
- потери угля;
- потери депрессии;
- количество воздуха.

В то же время, общего критерия, позволяющего комплексно учитывать совокупное влияние факторов и количественно оценивать вероятность самовозгорания угля в действующем руководстве [5] не представлено. Также не указано, каким образом следует учитывать сближенность пластов и как она влияет на эндогенную пожароопасность.

Таблица 1

Классификация природных факторов по степени влияния на эндогенную пожароопасность [2]

Факторы	Степень опасности		
	мало опасно	опасно	весьма опасно
Химическая активность угля, куб. см/г ч	Менее 0,025	0,025 – 0,050	Более 0,055
Угол падения пласта, град.	Менее 35	35 – 55	Более 55
Мощность пласта, м.	Менее 1,3	1,3 – 3,5	Более 3,5
Геологические нарушения	Нет	Пликативные	Дизъюнктивные
Пропластки суммарной мощностью более 0,2 м. во вмещающих породах	Нет	В почве в пределах одной мощности рабочего пласта	В кровле в пределах трех мощностей рабочего пласта

Таблица 2

Расчетные значения инкубационного периода [3]

Содержание кислорода (С _к), %	Инкубационный период (сутки) в зависимости от размера фракций угля, м				
	0,5	0,1	0,05	0,01	0,001
5	6734	1550	650	110	8
20	1490	261	109	18	2

Основным нормативным документом, регламентирующим безопасную и эффективную отработку свит угольных пластов, является Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам [6]. В Инструкции [6] указано, что при разработке свиты пластов в первую очередь следует производить выемку неопасного защитного пласта. Если все пласты свиты угрожаемые или опасные, то разработку надо начинать с пласта менее опасного и обеспечивающего наибольшую эффективность защитного действия в соответствии с требованиями «Перспективных схем» [7].

Защитный пласт следует разрабатывать без оставления целиков. В исключительных случаях, если оставления целиков не избежать, например, в зоне геологических нарушений, составляют специальный паспорт ведения горных работ, включающий дополнительные меры безопасности. Горные работы на угрожаемом и опасном следует вести в пределах защищенной зоны. Также Инструкцией [6] запрещается применение камерной и камерно-столбовой систем разработки.

При отработке мощных пологих газоносных удароопасных пластов, склонных к самовозгоранию угля, рекомендуется восходящий порядок отработки ярусов в пределах панели. В

то же время, в действующей Инструкции [6], как и в Руководстве [5], взаимовлияние сближенных пластов с точки зрения эндогенной пожароопасности не рассматривается и количественно не оценивается.

Вместе с тем возможность перетока газовой смеси между выработанными пространствами обрабатываемых пластов может послужить причиной возникновения эндогенного пожара в выработанном пространстве.

30.07.2010 и 25.02.2011 на шахте «Алардинская» ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» произошли взрывы метановоздушной смеси в выработанных пространствах угольных пластов 1 и 3-За. На шахте велась совместная отработка свиты пологих угольных пластов, склонных к самовозгоранию. По пласту 6, нижнему в свите, отработка велась в два слоя с оставлением межлавных и межслоевых целиков. По пласту 3-За отработка велась в один слой с оставлением межлавных целиков. Наиболее вероятным источником воспламенения метановоздушной смеси явились очаги самовозгорания угля, возникшие в выработанных пространствах пластов 1 и 3-За.

Вывод о наличии взаимного аэродинамического влияния выработанных пространств пластов 1 и 3-За, 6 и возможных перетоков газовой смеси под влиянием депрессии, развиваемой газоотсасывающими вентиляторами, был сделан на основе расчета границ зоны трещин в соответствии с Приложением 4 «Правил охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях» [8].

В соответствии с [8], высота зоны водопроводящих трещин зависит от

вынимаемой мощности пласта, литологического состава и структуры подрабатываемой толщи, физико-механических свойств, слагающих её горных пород. Высоту зоны определяют специальными методами в конкретных условиях, а при отсутствии фактических данных принимают равной безопасной глубине разработки H_6 угольного пласта под водным объектом.

Расчеты по методике [8] показали, что безопасная глубина разработки двух пластов составляет 113,59 метров, что превышает величину междупластья пластов 1, 3-За и 6. Данный расчет указывает на наличие аэродинамической связи между выработанными пространствами обрабатываемых пластов, но не позволяет количественно оценить увеличение проницаемости массива и пространственно позиционировать места расположения трещин.

Для решения данных вопросов проведены исследования напряженно-деформированного состояния углелесородного массива и его изменений в процессе отработки выемочных участков по пластам 1, 3-За, 6 методом конечных элементов (МКЭ). Было выполнено моделирование последовательной нисходящей отработки пластов 1, 3-За, 6 на аварийном участке. Результаты моделирования представлены на рис. 1 и 2.

Рис. 1 характеризует картину распределения деформаций на стадии доработки пласта 6 на рассматриваемом участке. Как видно из рисунка область предельных деформаций охватывает междупластье пластов 3-За и 6 в районе лавы 6-1-14. Кроме того зона предельного состояния формируется в почве пласта указанной лавы. Таким образом, формирование аэродинамической связи между выработанными про-

странствами пластов 6 и 3-3а наиболее вероятно над выработанным пространством лавы 6-1-14.

Сделанные выводы о возможности формирования областей предельного состояния пород и аэродинамической связи выработанных пространств подтверждаются так же картиной распределения растягивающих напряжений, представленной на рис. 2. Как видно из рис. 2, над отработанным лавой 6-1-10 участком формируется зона предельных растягивающих напряжений, охватывающая все междупластье пластов 6 и 3-3а, что свидетельствует о формировании зоны предельного состояния горных пород и создании условий для формирования устойчивой аэродинамической связи выработанных пластов 6 и 3-3а. Кроме того, рис. 2 позволяет также выделить еще две зоны предельного состояния, характеризующиеся высокой вероятностью формирования аэродинамической связи.

Указанные зоны охватывают междупластье пластов 3-3а и 6 на незначительных участках, расположенных в окрестности межлавного целика лав 6-1-10 и 6-1-14 в непосредственной близости к вентиляционному штреку лавы 3-1-27. Следствием этого является высокая вероятность формирования аэродинамической связи выработанных пространств лав 6-1-10, 6-1-14 и 3-1-26 и возможные перетоки газовой смеси под влиянием депрессии, развиваемой газоотсасывающими вентиляторами.

Таким образом, предложенная методика, основанная на методе конечных элементов, не только позволяет говорить о возможности наличия аэродинамической связи сближенных пластов, но и местах её возможного формирования.

В условиях современных угольных шахт формирование очагов самовозгорания угля в выработанных пространствах отработываемых пластов происходит в результате комплексного влияния различных горно-геологических и горнотехнических факторов, среди которых, как было показано выше, следует выделить взаимовлияние сближенных пластов.

Кроме того, экзотермический характер протекания окислительной реакции угля, а также существенное влияние его крупности на скорость протекания реакции, позволяют сделать вывод о том, что в определенных горнотехнических условиях существует высокая вероятность возникновения эндогенного пожара в шахтах, пласты которых не склонны к самовозгоранию, по принятым в отрасли критериям. Так же следует отметить, что вероятность формирования очагов самовозгорания в выработанном пространстве при отработке свит пологих угольных пластов зависит от возможности формирования аэродинамической связи выработанного пространства верхнего пласта с поверхностью и может быть существенно снижена при выборе рациональной очередности отработки пластов в свите.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игишев В.Г., Син С.А. Современное состояние проблемы борьбы с эндогенными пожарами в шахтах Кузбасса. Журнал Уголь. 2012. №7. С.36-38.

2. Игишев В.Г., Портола В.А. и др. Методика оценки склонности шахтопластов угля к самовозгоранию. Кемерово. – РосНИИГД. – 1997 — 12 стр.

3. Баймухаметов С.К., Бобнев Ю.Н., Емелин П.В. К вопросу определения инкубационного периода самовозгорания углей при разработке мощных пожароопасных пластов высокопроизводительными лавами. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2004. №8. – С. 201-203.

4. Портола В.А. Обоснование и разработка способов обнаружения, локации и контроля за ходом тушения очагов самовозгорания угля в шахтах. Диссертация на соискание ученой степени доктора наук. Кемерово, 2001.

5. НПАОП 10.0-7.05-90. Руководство по борьбе с эндогенными пожарами на шахтах Минуглепрома СССР.

6. РД 05-328-99. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам.

7. Перспективные геомеханические схемы регионального управления выбросо- и удароопасным состоянием массива при разработке свит угольных пластов. Л.ВНИМИ. – 1989. – 25 стр.

8. ПБ 07-269-98. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Казанин Олег Иванович — доктор технических наук, профессор, декан, kazanin@spmi.ru,
Сидоренко Андрей Александрович — кандидат технических наук, доцент, и.о. декана,
sidorenkoaa@mail.ru

Тюрнин Владимир Алексеевич — аспирант, kaiser@mail.ru,
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».



**РУКОПИСИ,
ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТРАБОТКИ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

(№ 955/04-13 от 04.02.13, 09 с.)

Морозов Владислав Николаевич — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, v.morozov@gcras.ru,

Татаринов Виктор Николаевич — доктор технических наук, главный научный сотрудник,
Колесников И.Ю. — доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник,

Каган Александр Иосифович — аспирант, научный сотрудник,

Татаринова Татьяна Александровна — старший научный сотрудник,
Геофизический центр РАН.

PERFECTION OF METHODS OF DESIGNING OF URANIUM DEPOSITS WORKING

Morozov Vladislav Nikolaevich, Tatarinov Victor Nikolayevich, Kolesnikov I.Yu., Kagan Alexander Iosofovich, Tatarinova Tatyana Alexandrovna