

**ОЦЕНКА ГАЗОВОГО ФАКТОРА ВЫБРОСООПАСНОСТИ**

Розглянуто засоби прогнозу викиднебезпеки засновані на контролі газового фактора викиднебезпеки. Запропоновано застосування сорбційних показників вугілля для дослідження аномальних зон.

**EVALUATION OF GAS FACTOR OF OUTBURST**

Outburst forecast methods based on outburst gas factor are presented. Coal description parameters are offered to be used for investigating abnormal zones.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на проявление выбросоопасности, является содержание метана в призабойной части пласта. Поэтому разработка надежного способа оценки газового фактора является актуальной задачей.

В настоящее время на шахтах Донбасса применяется способ прогноза выбросоопасности по начальной скорости газовыделения в шпур [1]. Текущий прогноз выбросоопасности базируется на непрерывном по мере продвижения забоя измерении одного из показателей, характеризующих степень нарушенности пласта. Для измерения начальной скорости газовыделения из забоя по направлению продвижения выработки в угольный пласт бурят поинтервально шпур диаметром 42-43 мм на необходимую глубину, который на каждом интервале бурения герметизируют при помощи затвора ПГШ-1 или затвора ЗГ-1 с таким расчетом, чтобы между резиновым уплотнителем и забоем шпура оставалась измерительная камера. Измерение начальной скорости газовыделения производят через каждые 0,7 м по длине контрольного шпура. Бурение контрольного шпура при его достижении глубины 1 м, а затем через каждые 0,7 м приостанавливают, буровую штангу извлекают, в контрольный шпур вводят гидрозатвор и герметизируют измерительную камеру длиной 0,5 м. Перед досылкой затвора в шпур необходимо очистить внутреннюю трубку затвора от мелочи и штыба. Затвор пригоден к работе, если воздух подаваемый через штуцер затвора свободно проходит по его внутренней трубе. Герметизация скважины осуществляется сразу же после окончания бурения. На чистку шпура с момента окончания его бурения и подготовку затвора до начала измерения должно расходоваться не более 2 мин. После окончания процесса герметизации к штуцеру затвора с помощью резиновой трубочки подключается прибор ПГ-2 м и измеряется скорость газовыделения из герметизированной камеры шпура. При этом начальную скорость газовыделения измеряют в следующем порядке. По фактическому расходу газа подбирают необходимый капилляр, для чего снимают колпачок с наибольшим диаметром отверстия и навинчивают на штуцер проверки до полного его перекрытия. Если стрелка прибора при отклонении не достигает минимальной отметки шкалы или вообще не отклоняется, следует принять колпачок капилляра с меньшим диаметром и перекрыть им капилляр с большим диаметром и т.д. Необходимо следить за тем, чтобы при переключении капилляров не возникало одновременно перекрытия капиллярного

устройства и штуцера проверки, так как при большем напоре измерительного устройство УС-450 может выйти из строя.

После определения начальной скорости газовыделения, которая принимается за начальную, прибор ПГ-2МА отключают и газозатвор извлекают из шпура. После подсоединения прибора ПГ-2МА к газовому затвору и подбору капилляра начинают следить за положением стрелки прибора. Если величина начальной скорости газовыделения возрастает, то измерения производят до максимального значения скорости газовыделения. Ее рост свидетельствует о том, что измерение начали проводить до наступления максимума скорости газовыделения. Измеренное максимальное значение скорости газовыделения принимается в качестве начальной скорости газовыделения. Согласно требований «Инструкции ... [1]» бурение контрольного шпура и измерение начальной скорости газовыделения прекращается на интервале, на котором ее величина снизилась по сравнению с величиной начальной скорости газовыделения, измеренной на предыдущем интервале, не менее чем на 15 % (интервал снижения начальной скорости газовыделения).

Однако, как показано в [2], этот способ надежно выявляет переходную зону, т.е. фиксирует вход в потенциально опасную по выбросам зону. При движении по выбросоопасной зоне значения начальной скорости газовыделения могут колебаться от 0 до 25 л/мин и эти замеры не отражают содержание метана в угольном пласте. На такие значения начальной скорости газовыделения в опасной зоне, помимо прочих причин, могут оказывать влияние и технические - ненадежная герметизация измерительной камеры. Также ввиду сложности интерпретации малых значений начальной скорости газовыделения в невыбросоопасной зоне, они объясняются либо весьма слабой нарушенностью угля, либо его дегазацией. В выбросоопасной зоне малые значения скорости газовыделения объясняются проявлением кажущегося эффекта, возникающего из-за недостаточной герметизации скважины и быстрой десорбции газа в процессе бурения. В связи с этим невозможно создание метода текущего прогноза с использованием только замеров начальной скорости газовыделения. На основании этого, для надежного способа прогноза выбросоопасности, начальную скорость газовыделения было принято использовать в совокупности с определением крепости угля и измерением общей мощности пласта.

Одним из методов прогноза выбросоопасности, который не нашел широкого применения на шахтах Украины, является способ оценки выбросоопасности по десорбционным свойствам пласта. Изучения движения газа в угольных пластах в связи с газовыделением в выработанное пространство и проветриванием горных выработок длительное время ограничивалось экспериментальными наблюдениями. Первая весьма существенная попытка использовать теорию фильтрации для решения задач о движении газа в угольном пласте была сделана в [3, 4]. При этом в [3] впервые обращено внимание на необходимость учитывать в уравнениях фильтрации сорбированный углем газ.

На основе экспериментальных данных [5, 6] была сделана попытка рассмотреть процесс десорбции метана из угля с позиций теории диффузии. В основу

расчета скорости десорбции было положено уравнение Викке Е [7], полученное для случая сорбции при низких давлениях. Ранее этот вопрос рассматривался с позиций теории фильтрации [8]. Более общий подход к исследованию десорбции как диффузионного процесса сделан в [9], что позволило решить ряд задач о движении газа в призабойной зоне угольного пласта и о газовыделении в выработке с учетом кинетики десорбции.

Как видно из выше сказанного, процессы десорбции газа исследовались в сфере интересов связанных с газовыделением и проветриванием. В дальнейшем сорбционными свойствам угля было уделено большое внимание в связи с проблемой внезапных выбросов угля и газа.

Сорбционные свойства угля на микроуровне, в аспекте реализации внезапного выброса угля и газа, изучали: Айруни А.Т., Алексеев А.Д., Саранчук В.И., Эттингер И.Л., Бобин А.В., Минеев С.П и другие. Однако, несмотря на столь многочисленные теоретические и экспериментальные исследования, промышленные испытания некоторых методов, способ прогноза выбросоопасности по сорбционным свойствам угольного пласта не получил широкого применения в угольной промышленности. При этом, одним из возможных вариантов оценки сорбционных показателей служит способ измерения выбросоопасных зон шахтным десорбтометром ДШ, разработанный в МакНИИ [10].

В основу способа положены выявленные исследованиями [11] закономерности изменения сорбционных показателей угля в пределах безопасной части угольного пласта и в выбросоопасных зонах. В последних возрастает скорость газоотдачи и в пробах угля содержится значительное количество метана. Измерение сорбционных показателей производится десорбтометром, который включает в себя пробозаборник, который после помещения в него пробы угля герметизируется и к нему подключается манометр, способный измерять давление до 350 мм.рт.ст.

Исследования показали, что для оценки содержания газа в пласте пробы угля необходимо отбирать из буровой мелочи при бурении шпуров на интервалах 2м и 3м. Измерение давления осуществлять спустя одну минуту после извлечения буровой мелочи через 10, 20, 30 сек. после герметизации. Применение такого метода замера десорбции позволяют оценивать склонность исследуемого угля к быстрому газовыделению, свойственному выбросоопасным зонам. Это подтверждают результаты шахтных исследований демонстрирующих возможность применения сорбционных свойств угля для текущего прогноза выбросоопасности.

На шахте им. В.М. Бажанова ГХК «Макееуголь» в нижней нише в очистном забое выбросоопасного пласта  $m_3$  (глубина разработки 1200 м, природная газоносность 17,5 м<sup>3</sup>/т) значения сорбционных показателей в шпурах на глубинах 2 и 3 м для 30 сек. равны, соответственно 51 и 82 мм.рт.ст.

На шахте «Комсомолец Донбасса» наиболее изучен выбросоопасный пласт  $l_3$  (природная газоносность >30 м<sup>3</sup>/т, глубина разработки 600-700 м). Вне зон ПГД и опасных по выбросам сорбционный показатель по пробам угля с глубины шпура 2 и 3 м соответственно 123 и 105 мм.рт.ст., в пределах зоны ПГД –

308 и 301 мм. рт.ст. В очистном забое 4-й южной лавы вне зоны ПГД среднее значение показателя 40 мм.рт.ст., а в пределах зоны ПГД – 108 мм.рт.ст.

На шахте «Красноармейская-Западная» исследования выполнены в выработках пласта  $d_4$  (глубина разработки 740 м, природная газоносность  $>25 \text{ м}^3/\text{т}$ ) вблизи границы между выбросоопасной и угрожаемой частями. В подготовительном забое средние значения сорбционного показателя равны 103 и 101 мм.рт.ст., а в очистном забое – 63 и 65 мм.рт.ст.

Шахта «Холодная Балка» разрабатывает угрожаемый угольный пласт  $h_{10}^6$  (глубина 710 м, природная газоносность  $>20 \text{ м}^3/\text{т}$ ). В нижней («глухой») нише очистного забоя сорбционный показатель равен 125 и 161 мм.рт.ст., а в комбайновой части – 56 и 66 мм.рт.ст.

Выполненные исследования позволяют сделать вывод о зависимости сорбционного показателя от свойств угольного пласта, но в большей мере – от системы нагружения, от места отбора проб (подготовительный забой, «глухая» ниша очистного забоя, комбайновая часть лавы), от результата отработки защитных пластов. Поэтому для каждого шахтопласта и вида выработки необходимо определять свой критический уровень, превышение которого может свидетельствовать о наличии выбросоопасности. Для определения критического уровня необходимо на достаточном объеме измерений вне опасной зоны вычислить среднее значение давления газа и среднеквадратичное отклонение (СКО). Среднее значение, увеличенное на удвоенное значение СКО, охватывает 97 % безаномальных значений, превышение этого уровня можно относить к выбросоопасным зонам. Сорбционные показатели достигают критического уровня при входе забоя в выбросоопасную зону и сохраняют их в пределах всей зоны, в то время как начальная скорость газовой выделенности может колебаться в значительных пределах.

В условиях шахты «Ясиновская-Глубокая» пласт  $m_3$  с глубины 450 м является угрожаемым по выбросам угля и газа. В пределах шахтного поля пласт имеет простое строение, мощность 1,18-1,42 м, угол падения 16-18°. Средняя газоносность достигает  $26,0 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ , среднее значение весового выхода летучих веществ составляет 19,6 %, комплексный показатель степени метаморфизма угля равен 18,3 у.е., марка угля – ОС, коэффициент крепости – 1,5. На участке проведения подготовительной выработки прогнозировалась встреча тектонического нарушения в виде надвига с амплитудой 5-15 м, углом падения сместителя около 30°. Оценка выбросоопасности пласта в забое штрека производилась по начальной скорости газовой выделенности из шпуров. На 265-м проведении выработки (ПК 26+5 м) текущим прогнозом установлена аномальная зона, характеризующаяся увеличением начальной скорости газовой выделенности из шпуров ( $g_{\text{н}}^{\text{мак}}$ ) до 5,35 л/мин (критическая величина  $g_{\text{н}} = 4,0 \text{ л/мин}$ ) и наличием признаков выбросоопасности в виде зажатия штанг, интенсивного разбуривания шпуров, выносом штыба в процессе бурения шпуров для прогноза. Проведенные дополнительные исследования (выполнено семь циклов измерений) аномальной зоны позволили выявить, что средние сорбционные показатели изме-

ренные на интервалах 2м и 3м на 30 сек составили 205 мм.рт.ст. и 213 мм.рт.ст. при СКО 31 и 30 соответственно. Начальная скорость газовыделения на этих интервалах составила в среднем 1,93 л/мин и 1,13 л/мин при СКО 3,2 и 1,9 соответственно, при этом абсолютные значения колебались от 0 л/мин до 9, 11 л/мин.

Таким образом, для оценки выбросоопасности по газовому фактору измерение сорбционных показателей угля является предпочтительней. По этому показателю возможно не только прогнозировать вход забоя в выбросоопасную зону, но и контролировать его движение по данной зоне и затем также и выход из неё. На основании этого следует считать, что установлена принципиальная возможность эффективного использования сорбционного показателя при комплексной оценке выявления аномальных зон при ведении горных работ в сложных горно-геологических условиях современных угольных шахт.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа.-М.: ИГД им.А.А.Скочинского, 1989.-150с.
2. Ольховиченко А.Е. Прогноз выбросоопасности угольных пластов. М., Недра, 1982. 278 с.
3. Кричевский Р.М. О природе внезапных выделений газа с выбросом // Бюл. МакНИИ, 1948.- № 18.- С. 8-13.
4. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика.М.: Госгортехнадзор, 1963.-396с.
5. Кривицкая Р.М., Струовская Т.В., Латышева Т.Г. Методические указания по определению сорбционной газоемкости углей Донецкого бассейна при давлении 100 атм с учетом содержания высоких углеводородов и природной влажности. Донбасс-Макеевка: МакНИИ, 1972.- 21 с.
6. Черский Н.В. Исследование и прогнозирование условий накопления ресурсов газа в газогидратных залежах. М.: Наука, 1983.- 427 с.
7. Wicke Empirischeit und tbeoretische Untersuchungen den sorptiosgesch-windichkeit von Gasen on porosen Stoffen //Kolloid-Ztschr. 1939/ Bd/ 86., S. 861-874.
8. Липаев Ю.А. Исследование скорости газовыделения из кусков угля сферической формы //Гр. Ин-та горн. дела АН СССР.- 1958. -С.100-106.
9. Кузнецов С.В., Ковалев Ю.М. Газовыделение из отбитого угля в забое. //Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело, 1975.- № 8.- С. 7-10.
10. Бойко Я.Н., Сирота О.Ц. Некоторые результаты выделения выбросоопасных зон шахтным десорбометром ДШ //Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Сб. научн. трудов МакНИИ, 1995.- С. 26-31.
11. Эттингер И.Л. Внезапные выбросы угля и газа и структура угля. М.:Недра, 1969. - 160 с.