

УДК 662.831

БАЙКЕНЖИНА А.Ж.

## К теории образования выбросоопасных зон угольных пластов

При разработке методик прогноза выбросоопасности угольных пластов многие исследователи основываются на гипотезах, предложенных А.А. Скочинским, В.В. Ходотом, А.Э. Петросяном, Б.М. Ивановым и другими учеными. Общим является положение о том, что на выбросоопасность угольных пластов влияет их напряженно-деформированное состояние, технологические и природные факторы, высокая начальная скорость газоотдачи угля, давление газа, петрографический состав и др.

Большинство внезапных выбросов угля и газа происходит при внедрении горной выработки в зону тектонических нарушений, где отмечаются повышенная трещиноватость угля, низкие прочность и газопроницаемость. Поэтому прогноз выбросоопасности угольных пластов строится на выявлении, прежде всего, зон геологической нарушенности пластов. К таким зонам можно отнести:

- дизъюнктивные (типа сдвигов, сбросов, взбросов) и пликативные нарушения с высокой степенью препарации угольных пластов с изменением мощности и элементов залегания угольных пластов;
- геологические нарушения, выраженные нарушенностью угольных пластов или пачек до IV-V степени (таблица 1), особенно с изменением их мощности;
- геологические нарушения, выраженные нарушенностью угольных пачек небольшой мощности, до IV-V степени, без ощутимого изменения мощности пачек;
- препарация угольного пласта или отдельных пачек менее III степени нарушенности [1].

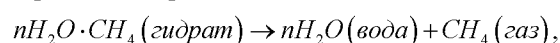
Для прогноза выбросоопасности угольных пластов и расчета мероприятий по предупреждению внезапных выбросов угля и газа необходимо знать запасы метана в пласте и особенно скорость реализации его энергии. Важными величинами в этом вопросе являются сорбционная метаноемкость угля, т.е. то количество газа, которое может быть поглощено единицей объема угля, и скорость протекания процесса метано-выделения, которые учитываются в зависимости от нарушенности угля, его трещиноватости и распределения объемов макро- и микропор.

Премыслер Ю.С. и Фейт Г.Н., исследуя пробы угля, пришли к выводу, что в результате тектонических воздействий на угольный пласт в наиболее нарушенных пачках резко изменяются свойства, связанные с трещинной системой: при неизменной сорбционной емкости, уменьшается прочность, увеличиваются пористость и удельная длина трещин за счет развития экзогенных трещин малого раскрытия, зачастую заполненных угольной пылью, которые нарушают фильтрующую систему эндотрещин, что приводит к снижению газопроницаемости угля (таблица 1) [2].

При сравнении физико-механических свойств пачек разной степени нарушенности из одного пласта наблюдается разница в величинах удельной трещиноватости, прочности, пористости, проницаемости при практически неизменной сорбционной емкости, при этом объем макропор при нарушении структуры от I до V типа возрастает более чем в 16 раз, что играет важную роль при расчетах объемов газа, содержащихся в выбросоопасных зонах.

Метан, как и другие природные газы, образует скопления различной формы и объема в зависимости от фаз, в которых он существует, коллекторных свойств вмещающих пород и давления газа.

Существуют предположения о нахождении метана в угольных пластах в виде газовых гидратов, распающихся с образованием свободного метана и его выбросом при падении внешнего давления, повышении температуры при техногенном воздействии. Формула распада гидрата метана имеет вид:



где  $n$  – число молекул воды, приходящихся на одну молекулу метана в твердом гидратном состоянии [3].

Согласно этим гипотезам, при разрушении массива, благодаря термическим, механоэмиссионным и другим процессам, возникают условия для фазового перехода метана в газовое состояние, что создает выбросоопасную ситуацию в шахте [4].

Образованию газовых гидратов способствует широко распространенное субквальное микробальное генерирование метана в придонных отложениях и связывание его в гидрат в местах концентрации. Для

Таблица 1 – Сравнение показателей трещиноватости, газопроницаемости и прочности углей разных типов нарушенности

Показатель	Значения показателей для типа нарушенности угля				
	I	II	III	IV	V
Удельная длина трещин, мм <sup>-1</sup>	0,5	1,05	1,66	2,18	3,6
Среднее расстояние между трещинами, мм	2	0,95	0,66	0,44	0,28
Среднее зияние трещин, мм	0,027	0,015	0,01	0,006	0,00
Трещинная емкость	0,014	0,015	0,017	0,01	0,01
Расчетная проницаемость, мД	868	277	45	21	18
Условная прочность	83	76	53	34	34

Сопротивление сдвигу, кгс/см <sup>2</sup>	16,9	6,2	5,8	2,3	-
---	------	-----	-----	-----	---

Примечание. Условная прочность определялась по глубине вдавливания прочностномером П-1. того чтобы образующийся газ не уходил из отложений в результате диффузий, необходимы достаточная скорость его генерации и достаточное количество органического вещества, захороненного в осадках, и условия для образования газовых гидратов: подходящие термобарические условия, наличие гидратообразующего вещества (в нашем случае метан) и вода [3].

В таблице 2 приведены значения давления и температуры, при которых происходит образование кристаллической решетки гидратов метана. Эти экспериментальные данные Дж. Кэрролл [5] рекомендует использовать при инженерных расчетах.

Таблица 2 – Условия гидратообразования для метана

Температура, °С	Давление, МПа	Молярные доли, мол. %		
		Жидкая водная фаза	Паровая фаза	Гидратная фаза
1	2	3	4	5
0,0	2,60	0,10	0,027	14,1
2,5	3,31	0,12	0,026	14,2
5,0	4,26	0,14	0,026	14,3
7,5	5,53	0,16	0,025	14,4
10,0	7,25	0,18	0,024	14,4
12,5	9,59	0,21	0,024	14,5
15,0	12,79	0,24	0,025	14,5
17,5	17,22	0,27	0,025	14,5
20,0	23,4	0,30	0,027	14,6
22,5	32,0	0,34	0,028	14,6
25,0	44,1	0,37	0,029	14,7
27,5	61,3	0,41	0,029	14,7
30,0	85,9	0,45	0,029	14,7

Следует отметить, что гидрат метана может образоваться при температуре выше 30°C и давлениях, максимально возможных в лабораторных условиях.

Учитывая термобарические условия Карагандинского угольного бассейна, можно предполагать, что в период формирования угольных свит, имелись условия для возникновения метаногидратов в горном массиве.

Сложность горно-геологических условий не позволяет бурение максимального количества скважин, необходимого для исследований, так как большинство существующих методов прогноза выбросоопасных зон основываются на результатах визуальных и лабораторных исследований

исследований керна и буровой мелочи. В последние годы, помимо геолого-геофизических (электроразведка, межскважинное просвечивание), применяют ультразвуковые и акустические методы исследования, которые позволяют определять петрофизические свойства горных пород на образцах и в массиве и повысить эффективность выявления потенциально опасных зон, таких как малоамплитудные тектонические нарушения угольных пластов на стадии геологической разведки. Поэтому для их прогноза применяют шахтные сейсмоакустические методы исследования, позволяющие получать и анализировать информацию о процессах, происходящих непосредственно в массиве впереди забоя выработки. Метод основан на наблюдениях за изменением шумности угольного пласта и вмещающих пород. Под шумностью подразумевается количество импульсов акустической эмиссии, регистрируемых в пласте в единицу времени. Установлено, что внезапные выбросы угля и газа происходят в зонах пластов с повышенной шумностью [6].

Большую роль в подготовке и развитии выброса играет рост трещин под совместным воздействием горного и газового давления в плоскости, перпендикулярной направлению наименьшего сжимающего усилия, т.е. в плоскости наибольшего сжатия. При увеличении длины трещин значение критического показателя выбросоопасности уменьшается, значит, при дальнейшем ведении работ в таком угольном пласте возрастает риск развития выброса. Особенно это касается менее прочного угольного пласта. При увеличении давления газа внутри трещин происходит уменьшение значения критического показателя выбросоопасности и увеличивается вероятность развития выброса. Изучение условий их роста имеет большое значение для прогноза выбросов и разработки мер борьбы с ними.

Напряженное состояние горного массива можно контролировать спектрально-акустическим методом, в котором показатель напряженного состояния массива  $K$  оценивается отношением амплитуд акустических шумов от работающего горного оборудования, замеренных на высоких и низких частотах, концентрации метана в атмосфере выработки аппаратурой АКМ [7].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Б.И., Фейт Г.Н., Яновская М.Ф. Механические и физико-химические свойства выбросоопасных угольных пластов. М.: Наука. 1979. 195 с.
2. Премыслер Ю.С. Структура угля пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа. В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 223-232.
3. Воробьев А.Е., Малоков В.П. Газовые гидраты. Технологии воздействия на нетрадиционные углеводороды: Учебное пособие. М.: РУДН, 2007. 273 с.
4. Грицко Г. Внезапные выбросы метана в шахтах // Ежегодн газ. Сибир.отд. РАН «Наука в Сибири». № 32-33 (2617-2618) от 23.08.2007 г.
5. Кэрролл Д. Гидраты природного газа / Пер. с англ. М.: ЗАО «Премииум Ижиниринг», 2007. 316 с.
6. Кенжин Б.М. Научные основы адаптивного метода воздействия на углепородный массив при сейсмоакустических исследованиях: Дис... докт. техн. наук. Караганда, 2009.
7. Шадрин А.В., Смирнов К.Г. Прогноз выбросоопасности на начальной стадии развития выброса угля и газа // Инновационные недра Кузбасса: Сб. науч. тр.; Под общ. ред. К.Е.Афанасьева. Кемерово: ИНТ, 2007. С.66-70.