

2. Коул, Р. Подводные взрывы [Текст] / Р. Коул, – М.: Изд. иностр. лит. 1950. – 368 с.
3. Юткин, Л.В. Электро-гидравлический эффект [Текст] / Л.В. Юткин – М.: Машгиз : 1955. – 128 с.
4. Ханукаев, А.Н. О влиянии радиальных зазоров и воздушных промежутков на параметры волны напряжений в процессе разрушения [Текст] / А.Н. Ханукаев, – сб. науч. тр. “Взрывное дело” №54/11 : – М.: Недра. – С. 38-43.
5. А.с. №1240120 СССР, МКИ E21C 37/00, F42D 3/00 [Текст] / Косенко В.И. Способ создания скважинного заряда для отбойки горных пород. - Заяв. 23.06. 84; заявка № 6728357/22-3; опубл.23.05.86, Бюл. №23.
6. А.с. №1334876 СССР, МКИ E21C 37/00, F42 D 3/4. Способ взрывного дробления пород уступа [Текст] /. Косенко В.И – Заяв. 19.10.83; заявка № 7364372/22-3; опубл. 28.08.85, Бюл. №32.
7. Пат. №21696 А Украина. Кумулятивный цилиндрический заряд [Текст] / Косенко В.И.; заяв. 10.07.95, заявка № 95103235; опуб. 10.12.98, Бюл. №2.

УДК 622.411.33:533.17

Д.т.н., проф. С.П.Минеев
(ИГТМ НАН Украины)
канд. техн. наук А.А. Рубинский,
инж. Л.М. Левченко, инж. Т.Ф. Росторгуева
(МакНИИ)

ОБ ОЦЕНКЕ СОРБЦИОННОЙ МЕТАНОЕМКОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Розглянуті основні методики визначення сорбційної метаноемності вугільних пластів та дані рекомендації з їх модернізації

ABOUT AN ESTIMATION OF SORPTION CAPACITIES OF METANE IN COAL LAYERS

The basic techniques of definition of sorbtion capacities of metane in coal layers are considered and recommendations on their modernization are given

При обработке газоносных и выбросоопасных угольных пластов в современных шахтах на больших глубинах возникает большое количество аварийных ситуаций, связанных в той или иной степени с шахтным газом. Это – различные газодинамические явления, загазование забоев, взрывы, пожары и др. В то же время современные тенденции развития угледобычи обусловлены в том числе и необходимостью учета различных взаимосвязанных факторов, многофазностью и неоднородностью угольных пластов, содержащих газ в свободном и сорбированном состоянии. Причем сорбированная газовая фаза, по данным многочисленных исследований, составляет основной резервуар запасов газа в угле и тем самым является определяющим фактором в развязывании газодинамических проявлений горного давления при нарушении равновесного состояния углепородного массива [1-6]. Тем не менее, в настоящее время отсутствует единая теория анализа состояния газа в угольном массиве. Этот вопрос является сложным, поскольку отсутствуют прямые экспериментальные подтверждения, касающиеся состояния метана в угольных пластах, а также единой и простой методологии оценки состояния газа, в первую очередь сорбированного. В связи с этим, в данной работе проанализированы основные из существующих

методик оценки сорбционной емкости углей и уточнена общая методология оценки газового состояния в массиве при ведении горных работ.

К настоящему времени различными исследовательскими организациями разработано большое количество различных методик по определению сорбционной метаноемкости угля [1, 3, 7, 8]. Эти, в основном, экспериментальные методики достаточно полно изложены в монографии И.Л. Этингера [2], а также ряде других работ [7, 8]. В существующих методиках определение газоносности угольных пластов было рекомендовано производить либо прямым методом, т.е. отбором угольных проб из пласта с сохранением всего природного газа, либо косвенным методом, на основе лабораторного изучения газоносности угля в условиях, наиболее приближенных к природным условиям залегания угля. Естественно каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Так, в прямом методе наиболее сложной задачей является сохранение газа в пробе угля при изъятии ее из пласта. В косвенном же методе сложно при исследовании образца корректно моделировать природные условия залегания угольного пласта: температуру, влажность, газовое давление и т.д.

Для определения сорбционной метаноемкости угля в основном применяются следующие методы: а) объемные, б) весовой и в) несколько расчетных методов.

К объемному методу относят методики для малых давлений с фиксацией по постоянству давления, для малых давлений с фиксацией равновесия по постоянству объема, для высоких давлений с применением жидкого метана, для высоких давлений с применением сжатого метана.

В объемном методе определение сорбционной метаноемкости базируется на эксперименте, в котором объем газа выпускается из газовой бюретки в сорбционный сосуд, где сорбент находится при заданной температуре. Причем достижение равновесия в системе "газ-сорбент" фиксируется одним из 2-х методов: по прекращению в системе изменения давления при постоянном объеме газа и по прекращению в системе изменения объема при постоянном давлении газа. После того, как равновесие установилось, вычисляется количество газа, оставшееся в свободном пространстве при давлении и температуре, соответствующим равновесному состоянию системы. А объем свободного пространства определяется одним из 2-х методов:

а) вычитанием объема, занимаемого твердым сорбентом, из общего объема предварительно откалиброванного сорбционного сосуда. Для вычисления объема сорбента требуется знание веса сорбента и его истинного удельного веса;

б) впуском несорбирующегося газа (гелия) из газовой бюретки в сорбционный сосуд, в котором находится сорбент.

Несмотря на то, что объемный метод определения сорбционной метаноемкости дает достаточную точность при малых равновесных давлениях, при больших давлениях точность этого метода уменьшается по мере возрастания давления.

К весовому относят метод в котором, для определения сорбционной метаноемкости, обычно применяются точные весы с чашечкой, загруженной сорбен-

том. Его преимуществом являются быстрота измерений, простота конструкции и монтажа и возможность работы при высоких давлениях и температурах.

Для определения сорбционной метаноемкости ископаемых углей В.В. Ходотом, И.Л. Этингером, Г.Д. Лидиным, С.И. Смоляковой, Я.И. Фертельместером, Р.М. Кривицкой и другими исследователями предложено ряд эмпирических зависимостей, составляющих расчетные способы [2,8].

Эти способы можно разделяются на:

а) способы, которые базируются на техническом анализе углей– основой этих расчетных, способов является то, что между выходом летучих веществ ($V_{г}$, %) и сорбционной метаноемкостью имеется определенная зависимость;

б) способ расчета сорбционной метаноемкости для высоких давлений, который базируется на экспериментальном определении сорбции метана при нескольких температурах при атмосферном давлении; основой этого расчетного метода является эмпирически установленная зависимость между изобарой и изотермой сорбции метана для исследуемого угля.

В основном эти методики были разработаны на базе теории объемного заполнения микропор (ТОЗМ), которая была в то время основополагающей. А наиболее широко используемыми являлись методики определения сорбционной метаноемкости углей объемным методом с применением промежуточных емкостей для сжатого газа (ИГД им. А.А. Скочинского) и определения сорбционной метаноемкости углей объемным методом с применением сжатого метана (МакНИИ) [2,8].

Теорией объемного заполнения микропор введено понятие о величине E – характеристической свободной энергии адсорбции, которая равна дифференциальной мольной работе адсорбции для степени заполнения $\theta=1/e=0,368$ (e - основание натурального логарифма). В качестве основного уравнения использовалось термическое уравнение сорбции, которое в общем виде выглядит $\theta = f\left(\frac{A}{E}; n\right)$, а с помощью распределения Вейбула его выражают в следующей форме:

$$\theta = \left(\ln \frac{1}{\theta}\right)^{\frac{1}{n}} \quad \text{или} \quad \ln a = \ln a_0 - \frac{0,434}{E^n} A^n \quad (1)$$

Пользуясь сорбционной изотермой и применив уравнение (1), определяется предельная величина сорбции a_0 , зависящая от температуры T . Причем такая температурная зависимость определяется термическим коэффициентом сорбции (α_T) с использованием выражения [2,8]:

$$\lg a_0^{ii} = \lg a_0^i - 0,434 \alpha_T (T^{ii} - T^i), \quad (2)$$

где: a_0^{ii} – величина предельной сорбции при температуре T^{ii} ; a_0^i – величина предельной сорбции при температуре T^i . Величина α_T рассчитывается

по плотностям метана в его критической точке ($\rho_{кр.}$) и при температуре кипения ($\rho_{кип.}$) по уравнению:

$$\alpha_T = \frac{\lg(\rho_{кип.}/\rho_{кр.})}{0,434 \cdot (T_{кр.} - T_{кип.})}, \quad (3)$$

$\rho_{кип.}$ – принимается по справочнику;

$$\rho_{кр.} = \frac{M}{1000b}, \quad (4)$$

где: b – постоянная Ван-дер-Ваальса, равная $1/8 R T_{кр.}/P_{кр.}$; M - молекулярный вес угля.

Используя основные положения ТОЗМ были выведены зависимости, позволяющие определять предельные величины сорбции метана для заданной температуры. Предельная величина сорбции рассчитываются по экспериментальной изотерме сорбции в следующей последовательности [8].

1) Максимальное значение сорбции (при $P=50$ атм) принимается как приближенное значение a_0 .

2) Определяется величина сорбции в характеристической точке $a_x = 0,368a_0$,

3) По сорбционной изотерме определяется величина давления P_x в характеристической точке P_x , соответствующая a_x .

4) Находим значение характеристической энергии E , зная давление P_x и учитывая, что величины значений f_s для разных температур табулированы, по уравнению:

$$E = A_x = 4,574 \cdot T \cdot \lg f_s / f_x, \quad (5)$$

5) Рассчитывается величина работы A в точке, удаленной от характеристической (для более надежного определения n), по уравнению:

$$A = 4,574 \cdot T \cdot \lg f_s / f, \quad (6)$$

где f - величина летучести, которая определяется по давлению P , соответствующему экспериментальной величине сорбции, составляющей $(0,7 \div 0,8)a_0$.

6) Находится параметр n по уравнению, полученному после повторного логарифмирования уравнения (1):

$$n = \frac{\lg(2,3 \cdot \lg a_0/a)}{\lg A/E}, \quad (7)$$

где a – величина сорбции, составляющая $(0,7 \div 0,8)a_0$.

7) С помощью изотермы сорбции составляется таблица значений lga и соответствующих им величин A^n в интервале давлений от 10 до 50 атм через каждые 5 атм. Значения A^n для разных температур табулированы.

8) Строится график $lga=f(A^n)$. На оси ординат откладывается величина lga , а на оси абсцисс – величины A^n .

9) Тангенс угла наклона прямой дает уточненное значение величины характеристической энергии E . Продолжение прямой линии, на которой при правильном подсчете должны располагаться точки графика, до пересечения с осью ординат дает значение lga_0^0 , по которому находится значение предельной сорбции a_0^0 при данной температуре в нулевом приближении.

Для наглядности экспериментального метода с использованием описанной выше методики рассмотрим на примере определение метаноносности угля для пласта l_3 шахты «Красноармейская-Капитальная» ПО «Красноармейскуголь» при $t=30^0\text{C}$, выходе летучих $V^r=36\%$ и влажности угля, 1,8%. Расчёт предельных величин сорбции производим согласно методики следующим образом:

1) По экспериментальной изотерме сорбции метана естественно-влажным углём при $P=50$ атм приближённое значение определяем предельную величину сорбции $a_0=9,3$ см³/г б.м. (беззольной массы).

2) Величина сорбции в характеристической точке будет равна:

$$a_x = 0,368 \cdot 9,3 = 3,4 \text{ см}^3/\text{г б.м.}$$

3) По изотерме величине сорбции 3,4 см³/г б.м. соответствует давление 4,7 атм, коэффициент сжимаемости при этом будет равен 1,1033. Отсюда определим летучесть:

$$f_x = 4,7 \cdot 1,1033 = 5,2 \text{ атм.}$$

4) Определим характеристическую энергию E :

$$E = 4,574 \cdot T \cdot \lg f_s / f_x = 4,574 \cdot (273,2 + 30,0) \lg \frac{375,5}{5,2} = 2,577 \cdot 10^3,$$

где f_s взято из таблицы [8].

5) Величина сорбции, составляющая 0,7-0,8 от предельной величины сорбции, будет равна:

$0,7 \cdot 9,3 = 6,5$; $0,8 \cdot 9,3 = 7,4$ или в среднем 7,0 мл/г б.м., что соответствует по изотерме сорбции давлению 20 атм, т.е. летучести $f_{20} = 20 \cdot 1,0758 = 21,5$ атм.

6) Работа в точке, удалённой от характеристической точки (давление 20 атм), согласно (6) равняется:

$$A_{20} = 4,574 \cdot \lg f_s / f_{20} = 4,574 \cdot (273,2 + 30,0) \cdot \lg 375,5 / 21,5 = 1,722 \cdot 10^3.$$

7) Параметр распределения «n» определяется по выражению (7):

$$n = \frac{\lg[2.3 \lg a_0 / a]}{\lg \frac{A}{E}} = \frac{\lg[2.3 \lg 9.3 / 7.0]}{\lg \frac{1.722 \cdot 10^3}{2.577 \cdot 10^3}} = 3.1 \approx 3$$

8) Составляется таблица со значениями давлений от 10 до 50 атм через каждые 5 атм.

Для каждого давления по экспериментальной изотерме находится соответствующее значение величины сорбции a и затем его логарифм (табл. 1). В графу четвёртую табл. 1 вносятся величины работы, взятые из [8] или рассчитанные для каждого давления (согласно п. 6) и возведённые в степень n , в нашем случае $n=3$.

Таблица 1 – Результаты расчета величины сорбции угля

P	a	$\lg a$	$A^3 \cdot 10^{-9}$
1	2	3	4
10	5,3	0,7243	9,67
15	6,3	0,7993	6,75
20	6,9	0,8388	5,09
25	7,5	0,8751	4,02
30	8,0	0,9031	3,31
35	8,4	0,9243	2,74
40	8,7	0,9395	2,30
45	9,0	0,9542	2,00
50	9,3	0,9685	1,73

9) Строится график зависимости $\lg a$ от A^3 , представляющий собой прямую линию. Точка пересечения прямой с осью ординат даёт значение $\lg a_0^0$, по которому находится значение предельной величины сорбции a_0^0 при данной температуре в нулевом приближении, в нашем случае:

$$\lg a_0^0 = 1,03, \quad \text{тогда} \quad a_0^0 = 10,7 \text{ см}^3/\text{г б.м.}$$

Для значительного упрощения экспериментального метода МакНИИ был разработана полурасчётная методика экспресс-определения метаноёмкости угольных пластов, учитывающий влажность, состав газа и температуру угля в пласте. В основу этого метода было положено наличие экспериментальной изотермы сорбции, полученной, например, для сухого угля при температуре 20-30⁰С и давления до 50 атм.

Согласно этого метода сорбционная метаноёмкость сухого угля при температуре t (a_t) в интервале от 0 до 100⁰С рассчитывалась с погрешностью до 15% по следующей эмпирической формуле:

$$a_t = a a e^{\delta t}, \quad (8)$$

где a – экспериментально определённое количество метана, сорбированного сухим углём при 20 или 30⁰С, приведенное к номинальным условиям, см³/г б.м. сухого угля; α , δ – постоянные коэффициенты, причем при 20⁰С $\alpha=1,19$, $\delta=-0,011$; при 30⁰С – соответственно $\alpha=1,46$ и $\delta=-0,012$; e – основание натурального логарифма.

Изотерма сорбции, полученная до 50 атм, может быть экстраполирована в сторону высоких давлений, исходя из того, что в интервале 50-100 атм имеет место незначительный прирост сорбции метана, составляющей порядка 3-7% [8].

Сорбционная метаноёмкость угля с пластовой влажностью, например 5%, рассчитывается с погрешностью до 10% по эмпирической формуле:

$$a_{вл} = a_c \frac{P}{1,23P + 0,23}, \quad (9)$$

где a_c – экспериментально определённое количество метана, сорбированного сухим углём при давлении P и температуре 30⁰С, приведённое к нормальным условиям, см³/г б.м. сухого угля; P – давление сорбционного равновесия, атм.

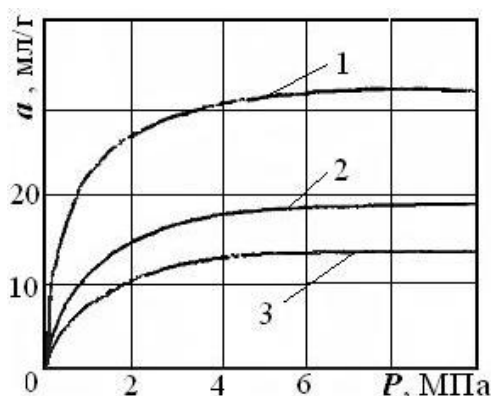
Сорбционная газоёмкость угля, в случае смеси ($a_{см}$) метана с высшими углеводородами (25-30%), рассчитывается с погрешностью до 15% по такой эмпирической формуле:

$$a_{см} = a_{CH_4} \cdot \frac{P}{0,9P - 0,1}, \quad (10)$$

где a_{CH_4} – экспериментально определённое количество метана, сорбированного сухим или влажным углём при давлении P и температуре 30⁰С, приведённое к нормальным условиям, см³/г б.м. угля.

Предложенный расчетный метод хотя и имеет значительные погрешности при определении параметров сорбции все же позволяет учитывать особенности в структуре исследуемых углей, что делает его применимым не только при решении инженерных задач, но и при изучении коллекторских свойств углей.

Используя разработанные методики ранее МакНИИ с привлечением соисполнителей был проведен достаточно большой объем определений сорбционных свойств углей с учетом степени их метаморфизма, зольности, влажности, температуры и других параметров [2,6,8]. Была изучена сорбционная метаноёмкость углей для многих пластов, по которым построены изотермы сорбции, наиболее характерная из них приведена ниже (см. рис. 1), например, из работы [7].



1 – пласт h_8 шахты № 17-17 бис ($V^r=4\%$), 2 – пласт k_3 шахты «Красный Профинтерн» ($V^r=15,5\%$), 3 – пласт m_3 шахты «Чайкино-Глубокая» ($V^r=30,5\%$) [7]

Рис. 1 -Изотермы сорбции метана углями различных стадий метаморфизма при давлениях до 10 МПа:

На основании полученных данных и с учетом результатов других исследований МакНИИ был составлен «Каталог коллекторских свойств каменных углей ...» [11] в который включены данные по 778 шахтопластам 228 шахт Донецкого и Львовско-Волинского бассейнов, в основном пластов, опасных по газу и внезапным выбросам. Ниже в таблице 2 приведены основные данные о свойствах угля, приведенных в Каталоге, и определяемых по описанным методикам для углей шахт ПО «Красноармейскуголь».

Рассмотренный методический подход, как уже отмечалось, был разработан на базе ТОЗМ. Однако использование этой теории адсорбции не позволяет в достаточной степени корректно в современных условиях оценивать сорбционное состояние угольного массива. С позиций теории ТОЗМ невозможно рассмотреть неравновесные процессы, поскольку учет структуры угля и взаимодействие молекул метана с углем определяются структурными и геометрическими параметрами, входящими в основное уравнение этого подхода.

Вместе с этим, в последнее время, возник ряд новых более современных представлений о сорбционно-десорбционных процессах, происходящих в угольном массиве [1-5, 10]. Поэтому, в настоящее время, для корректного изучения сорбционных процессов необходимо базироваться, как минимум, на знаниях общих классических теорий адсорбции (Ленгмюра, БЭТ, Поляни, ТОЗМ, стехнометрической и осмотической), а также обязательно учитывать положения последних наиболее серьезных результатов исследований в данной области, таких как: парамагнитные центры (НПИ, НГУ, ИГТМ и др.), квантово-статистический подход (ИГТМ, НГУ), твердотельная диффузия (ДонФТИ, ИП-КОН), механоактивация (НГУ) и другие [5]. Поэтому, по нашему мнению, планируемая корректировка современных методик оценки параметров сорбции угля в массиве должна проходить с обязательным учетом следующих моментов.

Таблица 2 - Основные данные о сорбционных свойствах угля

Наименование шахты, шахтоуправления (по каталогу)	Наименование пласта	Глубина изучения, м	Выбросоопасность пласта	Выход летучих, V_{daf} , %	Пластовая влажность угля, %	Пластовая зола угля %	Температура угля, t_p , °C	Действ. плотность угля- дв, $\rho_{см}^3$ с.б.м.	Общий объем пор		Сорбционная метаноемкость a , $см^3/г$ б.м., при давлении P , МПа					
									$см^3/г$ б.м.	%	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0
1	2	3	4	5	8	9	10	11	15	16	17	18	19	20	21	23
“Родинская”	l_8	327	неопасн.	36	5,4	19	19,6	1,32	0,060	7,4	1,5	5,4	8,2	11,5	13,8	17,4
	l_7	406	неопасн.	36	5,0	24	21,9	1,32	0,067	8,1	2,2	6,9	9,7	13,	15,1	17,5
“Краснолиманская”	l_7	550	неопасн.	35	4,6	26	26,1	1,32	0,060	7,4	1,7	6,0	9,0	12,7	14,6	17,0
	l_3	525	прогноз	35	4,1	32	25,4	1,32	0,056	6,9	2,1	6,4	8,9	12,2	12,9	14,7
им. Стаханова	k_5	545	неопасн.	36	2,2	-	25,9	1,32	0,060	7,4	1,3	4,9	7,6	10,6	12,5	15,4
	l_7	1015	неоп. с прогноз	33	3,2	4	39,7	1,32	0,069	8,3	2,1	5,1	9,6	13,5	16,0	19,0
	l_3	966	неопасн.	36	1,4	10	38,2	1,29	0,038	4,7	1,3	4,0	5,8	8,0	9,3	11,0
	l_1	1030	неопасн.	34	1,7	5	40,0	1,29	0,047	5,8	1,6	5,3	7,9	10,4	12,3	14,1
	k_3^e	827	неоп. с прогноз	39	1,8	-	34,2	1,30	0,058	7,1	1,4	4,3	6,6	8,9	10,3	12,7
“Центральная“	l_7	811	неоп. с прогноз	37	2,8	30	33,7	1,32	0,067	8,1	1,9	6,3	9,5	13,2	15,3	16,8
	l_3	802	неопасн	37	2,4	15	33,4	1,31	0,066	8,0	1,4	4,2	6,3	8,9	10,3	11,8
им. Дмитрова	l_1	765	неопасн	36	4,0	21	32,4	1,32	0,060	7,4	2,2	5,4	7,9	10,7	12,4	14,8
	l_7	830	неоп. с прогноз	34	5,0	6	34,3	1,32	0,062	7,5	2,5	7,5	10,8	14,2	16,4	19,0
	l_1	815	неопасн	37	2,8	12	33,8	1,32	0,067	8,1	1,0	4,4	6,9	9,6	11,0	12,8
	k_3^e	680	неопасн	42	2,5	13	29,9	1,31	0,070	8,4	1,3	4,4	6,8	9,2	10,6	12,2
им. Шевченко	f_1	343	неопасн	35	2,2	12	20,0	1,29	0,047	5,7	1,9	5,5	8,0	10,8	12,3	14,0

С одной стороны измерение сорбционных параметров угольного массива существенно зависит от размеров измельчения угля, даже вернее неоднородности его разрушения. Подтверждением этого являются результаты математического анализа, выполненного в НИИ и включающего в себя обработку несколько сотен экспериментальных изотерм сорбции. Этот анализ показал, экспериментальные изотермы сорбции в диапазоне давлений 15-50 атм описываются, что известно, гиперболической зависимостью, однако на начальных участках имеет место характерное отклонение – значения сорбции находятся выше гиперболы из-за неоднородности разрушения угля.

С другой стороны, как, установлено, характер десорбции газа из угля значительно зависит от размеров исследуемого образца [4,5,10,12]

Рассматривая процесс десорбции следует учитывать, что каждая гранула угля в массиве состоит из более мелких образований, объем между которыми есть объем трещин и открытых пор. Такие образования-глобулы - это условно выделенная часть угля без трещин и открытых пор, а площадь поверхности всех этих образований в грануле угля равна поверхности всех пор и трещин. То есть, глобулы можно рассматривать как бы результат «иссечения однородного» тела угля этими каналами. В этой модели диффузия угля происходит из малых частиц, средний размер которых не зависит от размера гранулы угля. Так как глобулы очень малы, их большая суммарная поверхность может обеспечить диффузионный газовый поток достаточной интенсивности. То есть, следствием этой модели должно быть отсутствие какой либо корреляции между размером гранул угля и скоростью выхода газа, если пренебрегаем процессом фильтрации в порах. Такая модель достаточно корректна, если сорбционный газ после диффузии поступает в широкие открытые поры.

Подтверждением необходимости учета характера разрушенного до минимальных размеров угля являются результаты, полученные в ИПКОН РАН, которые показывают, что размеры неразрушенных фрагментов угля для пластов опасных и неопасных по выбросам отличаются примерно в 7-10 раз. Так, по данным работы [12], например для пласта k^B_3 размер ненарушенных частиц угля для неопасных пластов составляет $31,1 \cdot 10^{-4}$ см, а выбросоопасных – $3,7 \cdot 10^{-4}$ см. Соответственно коэффициент диффузии, по данным ИПКОН РАН для неопасных пластов и выбросоопасных зон отличается на 1-2 порядка. Таким образом, с учетом результатов последних исследований показавших, что параметры диспергированности угля в значительной степени отражают масштабы десорбционного выделения из угля. Опыт проведения экспериментов по определению скорости десорбции из угля при его разрушении, проведенные на десорбометре, показали, что с увеличением работы разрушения угля существенно возрастает газовыделение в первые секунды и минуты после разрушения и быстрее происходит истощение угля. Выделение больших количеств газа в меньшие образцы времени означает возможное увеличение мощности работы газа в функции степени разрушения угля, т.е., этим подтверждается правильность изложенного выше подхода.

В конечном счете определение сорбционных параметров угольного массива является лишь необходимым элементом рекомендаций для разработки десорбционного критерия безопасности при ведении горных работ по выбросоопасным угольным пластам, который с учетом состояния забоя, применяемой технологии и других свойств массива позволит выдать прогностическую оценку состояния массива «опасно» или «неопасно».

Таким образом, методику определения сорбционной емкости угольных пластов необходимо корректировать с учетом современных воззрений на сорбционные эффекты. Для разработки достаточно корректного шахтного экспресс-метода, необходимо, кроме фиксирования кинетики десорбции из угля, также учитывать прочностные показатели и энергию разрушения угля, минимальные размеры угольного штыба и буровой мелочи в исследуемой зоне, время до начала до начала измерения десорбции после нарушения сорбционного равновесия, а также релаксационные параметры глобул и ненарушенных частиц угля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Малышев Ю.Н., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментально прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов.- М.: АГН, 2000.-519 с.
2. Эттингер И. Л. Газоёмкость ископаемых углей. – М.: Недра, 1966. – 223 с.
3. Бобин В.А. Сорбционные процессы в природном угле и его структура. – М: ИПКОН АН СССР, 1987. – 136 с.
4. Алексеев А.Д., Сургай Н.С. Прогноз и управление состоянием горного массива.– Киев: Наукова думка, 1994. – 200 с.
5. Минеев С.П., Прусова А.А., Корнилов М.Г. Активация десорбции метана в угольных пластах.- Донецк: Норд-Пресс, 2007.- 220 с.
6. Исследование процессов возникновения внезапных выбросов угля и газа.– М.: Наука, 1978, –112 с.
7. Исследование сорбционной метаноёмкости ископаемых углей Донбасса в интервале давлений от 50 до 100 атм/ Р.М. Кривицкая, Т.В. Струковская, Е.Н. Михайлюта и др. // Вопросы безопасности в угольных шахтах: Труды МакНИИ. Том XX.- М.: Недра, 1969. –С. 298- 308.
8. Методические указания по определению содержания сорбированного и свободного метана в ископаемых углях.- Макеевка: Донбасс, 1977. -72 с.
9. Бобин В.А. Сорбционные процессы в природном угле и его структура.- М.: ИПКОН АН СССР,1987.- 135 с.
- 10 Алексеев А.Д., Васильковский В.А., Калугина Н.А. Фазовые состояния и кинетика десорбции метана из угля// Геотехнічна механіка: Між від. Зб. Наук. праць/ Ін-т Геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України.- Дніпропетровськ, 2006.- Вип..67. - С.32-38.
11. Каталог коллекторских свойств каменных углей и антрацитов Донецкого и Львовско-Волинского бассейнов. - Макеевка: МакНИИ, 1985.- 48 с.
12. Ковалева И.Б., Соловьева Е.А. О возможности использования физико-механических характеристик угля для оценки способности угольных пластов к метаноотдаче // Seminar1. chai.ru - М: ИПКОН РАН, 2001. - 6 с.