УДК 622.831:537.86

В.В. ЗАВРАЖИН (канд. техн. наук, с.н.с. ИФГП НАН Украины)

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ УГЛЯ НА ПАРАМЕТРЫ МАССОПРЕНОСА МЕТАНА ПРИ ДЕСОРБЦИИ В ЗАМКНУТЫЙ ОБЪЕМ

В результате выполненной работы проведена оценка влияния влажности угля на кинетику изменения давления метана в замкнутом объеме и на изменения значения эффективного коэффициента массопереноса.

Ключевые слова: уголь, влажность, метан, десорбция, коэффициент массопереноса.

Исследования сорбционных характеристик ископаемых углей, в совокупности с информацией о диффузионных и фильтрационных процессах в них, в конечном счете, позволяет обосновывать физические модели газодинамической активности угольных пластов.

Ввиду важности исследования сорбционных свойств, особое значение приобретает вопрос о точности определения параметров массопереноса в исследуемых образцах, путем достоверной интерпретации полученных результатов.

При проведении испытаний способа оценки количества и давления метана в месте отбора проб по пласту h'_6 «Смоляниновский» шахты им. А.А. Скочинского [1] определяли содержание естественной влажности по мере подвигания забоя. Естественная влажность пласта изменяется в пределах от 0,9 до 1,9%. Поэтому целью настоящих исследований является установление закономерности влияния влажности на параметры массопереноса метана из угля.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Исследование влияние влагонасыщенности угля на кинетические параметры массопереноса метана
2. Исследование влияния влагонасыщеноcти угля на критерий оценки газодинамической активности угольных пластов

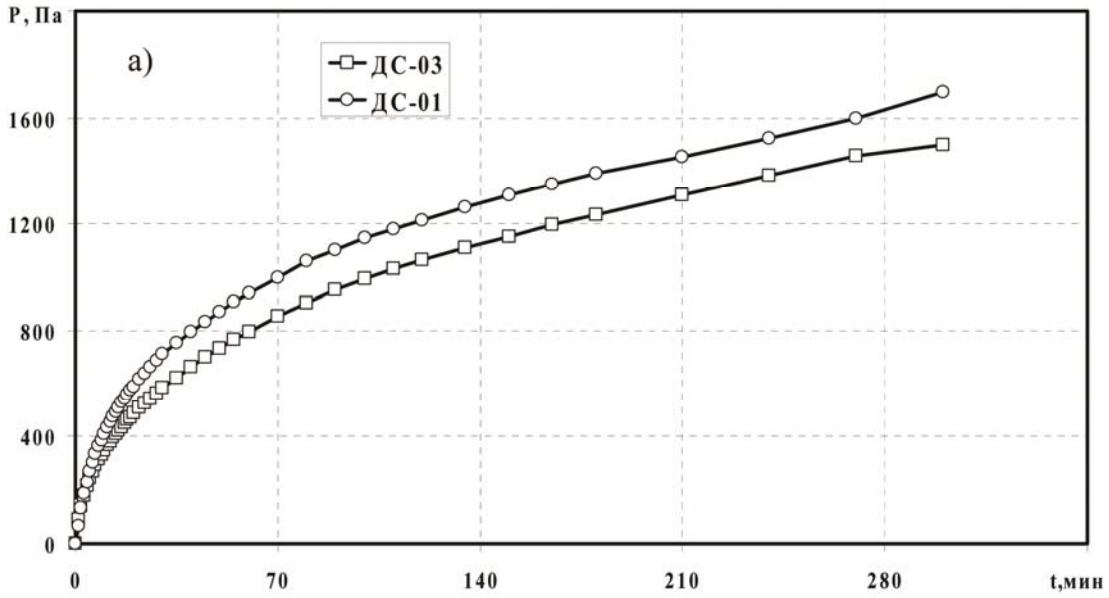
Для проведения исследований использовался уголь, отобранный из выбросоопасного участка пласта h'_6 «Смоляниновский» шахты им. А.А. Скочинского.

Для определения влияния влажности угля на кинетику выхода метана отбирались пробы двух фракций 0,4-0,5 мм и 2,0-2,5 мм. Затем образцы высушивались при температуре 105 °С в течении 1 часа. Контроль эффективности высушивания проводился по спектрам ЯМР до полного исчезновения лоренцевой линии спектра поглощения [2]. Полученные образцы насыщались в эксикаторе до необходимой влажности. Насыщения их метаном проводилось при давлении 10 МПа в течении 10 суток.

Кинетика выхода метана из угля фиксировалась на термовесах (контрольный образец) и десорбометрах ДС-01 (с объемом кюветы $V_к$ = 400 см^3) и ДС-03 (с объемом кюветы $V_к$ = 525 см^3).

На рис. 1 представлены графики зависимости изменения давления метана при десорбции из угля от времени для фракции угля 2,0-2,5 мм, при влажности образца W = 0% и 1,81%.

© Завражин В.В., 2014



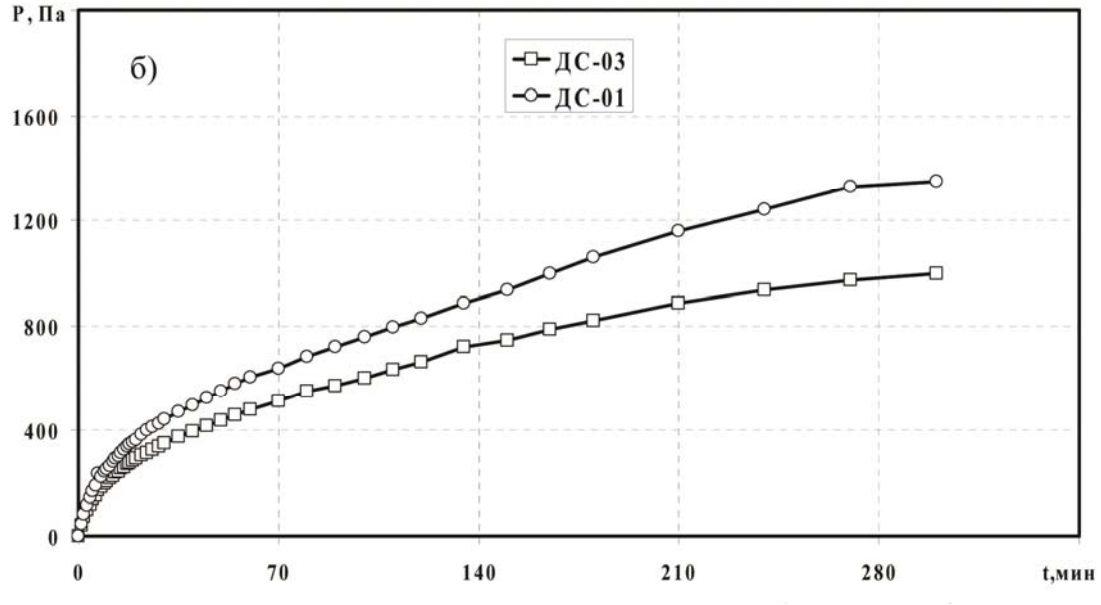


Рис. 1. Кинетика изменения давления метана при десорбции из угля фракции 2,0-2,5 мм при разных значениях влажности: а) W = 0% и б) W = 1,81 %.

Из представленных результатов видно, что при одинаковом давлении насыщения метаном (10 МПа) кинетика изменения давления в накопительных кюветах разного объема и разной влажности угля отличается в пределах 10-20%.

Кинетика газовыделения исследовалась из двух фракций угля при влажности W – 0, 0,68, 1,04, 1,34, 1,81 %.

Для определения эффективного коэффициента массопереноса метана ($D_{эф}$) использовались две фракции угля размерами 0,4-0,5 мм и 2,0-2,5 мм. Расчет коэффициента производится по формуле:

$$D_{эф} = \frac{R_1^2 * \ln\left(1 - \frac{P_{2T}}{P_{2\max}}\right) - R_2^2 * \ln\left(1 - \frac{P_{1T}}{P_{1\max}}\right)}{6t \ln\left(\frac{1 - \frac{P_{2T}}{P_{2\max}}}{1 - \frac{P_{1T}}{P_{1\max}}}\right)}$$

где R_1, R_2 – размер фракций угля, мм;

P_{1T}, P_{2T} – текущее значение давления метана в кювете (для двух фракций);

P_{1max} , P_{2max} – максимальное значение давления метана в кювете десорбометра.

t – время десорбции, с.

Расчет проводился для двух кювет объемом 400 и 525 см^3.

На рис. 2 и 3 представлены кривые изменения коэффициента массопереноса метана во времени десорбции при разных значениях влажности.

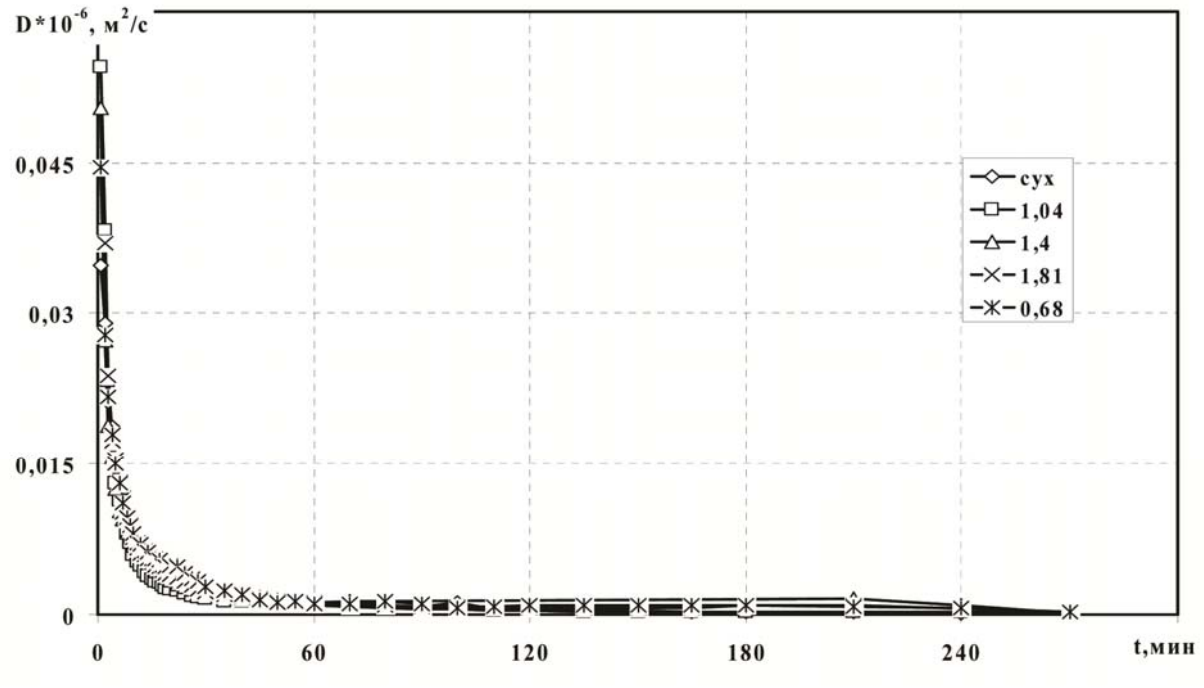


Рис. 2. Изменение коэффициента массопереноса метана от времени при разных значениях влажности образца (ДС-01)

Исходя из блоковой структуры угля, кинетику десорбции метана из каменных углей нельзя объяснить наличием только одного механизма выхода метана [3, 4]. Она является следствием суперпозиции двух механизмов: газ путем диффузии из закрытых пор поступает в, частично уже свободные, открытые поры и трещины, в которых он, двигаясь далее к поверхности угля испытывает эффект фильтрации. Поскольку при вязком течении коэффициент фильтрации уменьшается в ходе десорбции, то существует момент времени, когда устанавливается баланс диффузионного и фильтрационного потоков. Таким образом, весь процесс десорбции можно условно разделить на две основные фазы: первая – это фаза процессов, предшествующая установлению баланса потоков, вторая – завершающая фаза, когда источником выделяемого углем газа есть только его диффузия. Очевидно, что кинетика выхода газа в этих фазах должна быть различной.

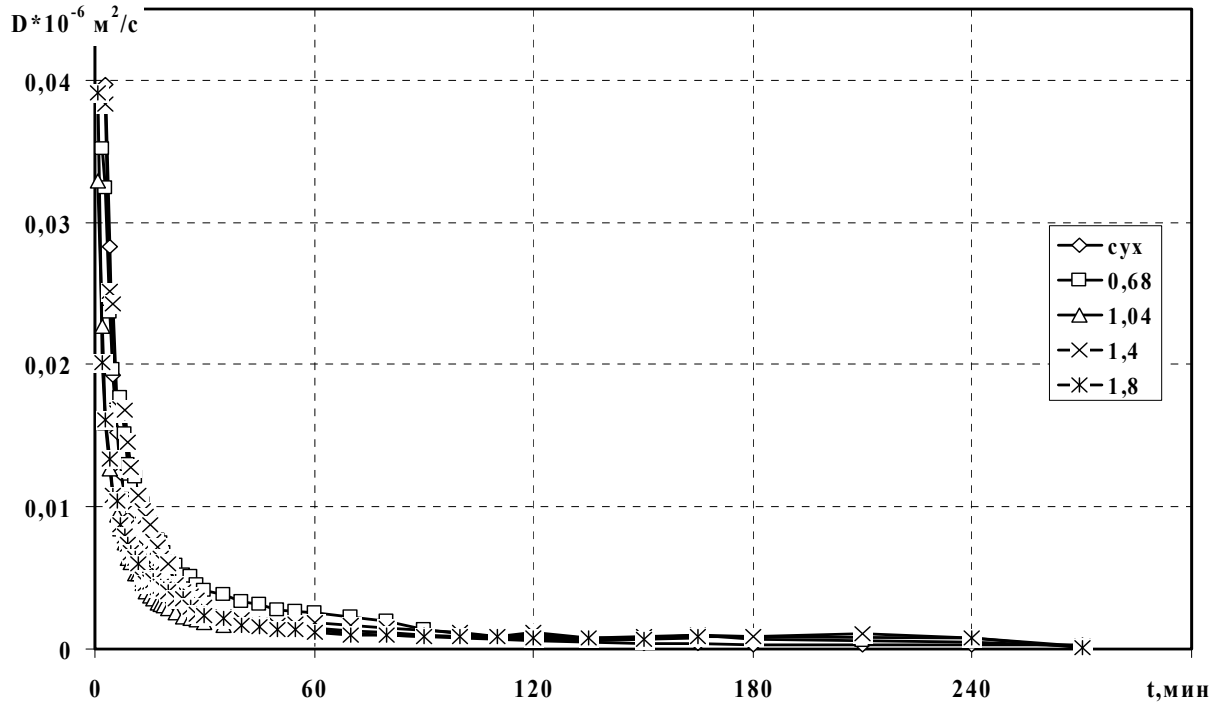


Рис. 3. Изменение коэффициента массопереноса метана от времени при разных значениях влажности образца (ДС-03)

Зависимость $D_{эф}=f(t)$ аппроксимируют двумя экспонентами ответственными за фильтрационную и диффузионную составляющие.

$$D_{эф}(t)= D_f + D_d$$

Критерием определения газодинамической активности участка угольного пласта может выступать отношение фильтрационной и диффузионной составляющей

$$B = \frac{D_f}{D_d}$$

При значениях $B \leq 5$ участок угольного пласта выбросоопасный, при $B > 5$ – невыбросоопасный [6].

По результатам разложения экспериментальных зависимостей кинетики эффективного коэффициента массопереноса метана из углей [5] установлено, что время отсчета фильтрационной и диффузионной составляющих должно составлять $t \leq 400$ с и $t \geq 1000$ с.

Потенциальная метаноемкость, а также фильтрационная и диффузионная составляющие выхода метана из угля и виде интегральных значений для разной влажности приведены в таблице 1.

Таблица 1

W, %	*Q*, м^3/т	ДС-03		*B*	ДС-01		*B*
		D_f, *10^{-8} м^2/с	D_d, *10^{-8} м^2/с		D_f, *10^{-8} м^2/с	D_d, *10^{-8} м^2/с	
0	23,6	1,82	0,29	6,2	1,49	0,27	5,5
0,68	21,8	1,97	0,31	6,3	1,24	0,21	5,9
1,04	18,8	1,19	0,19	6,2	1,53	0,21	7,2
1,34	17,1	1,38	0,23	6,0	1,54	0,23	6,7
1,81	16,3	2,43	0,29	8,2	1,30	0,16	8,1

В результате анализа полученных результатов установлено:

– с увеличение объема накопительной кюветы (400 и 524 см^3) кинетика изменения давления метана в замкнутом объеме при десорбции из угля отличается в пределах 10-20%;

– при увеличении влажности угля до 2 % потенциальная метаноемкость уменьшается на 25-30 %, а количество выделившегося метана (за время проведения эксперимента) увеличивается на 37-43 %.

– с увеличением влажности метанонасыщенных образцов угля критерий оценки газодинамической активности, по отношению фильтрационной и диффузионной составляющих процесса десорбции, увеличивается и характеризует состояние как «неопасное».

Список использованной литературы

1. Шажко Я.В. Экспресс-метод определения давления и количества метана в угольных пластах / Шажко Я.В. // Физико - технические проблемы горного производства. – Донецк: ИФГП НАНУ, 2011. - №. 14.- С. 60-67.
2. Стариков Г.П. Расчет диффузионных параметров системы уголь-метан / Г.П. Стариков, В.В. Завражин, Т.А. Василенко, И.Н. Смоланов, А.Д. Меляков // Геотехническая механика. – Днепропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2002.-Вып. 34.- с.136 – 141.
3. Алексеев А.Д. Кинетика и механизмы десорбции метана из угля / А.Д. Алексеев, В.А. Васильковский, Н.А. Калугина // Физико - технические проблемы горного производства. – Донецк: ИФГП НАНУ, 2005. - №. 8.- С. 59-71.
4. Алексеев А.Д. Фазовые состояния и кинетика десорбции метана из угля / А.Д. Алексеев, В.А. Васильковский, Н.А. Калугина // Геотехнічна механіка. – Дніпропетровськ:, 2006. - Вип. 67.- С. 32- 37.
5. Завражин В.В. Массоперенос метана из угля разной степени газодинамической активности. / Завражин В.В. // Горноспасательное дело. – Донецк: 2011.- Вып. 48.- С. 53-63.
6. Патент на винахід №104370 UA, МПК (2013.01) E21 F5/00. Спосіб визначення ступеня викидонебезпечності ділянки вугільного пласта. / Гріньов В.Г., Стариков Г.П., Завражин В.В., Кольчик И.Е., Шажко Я.В., Мамлеев Ш.В., Дегтяр С.Є., Прокоф'єва Л.М. - Власник Інститут фізики гірничих процесів НАН України. – Заявл. 25.03.2013. – Опубл. 27.01.2014. – Бюл. №2.

Надійшла до редакції 29.04.2014

В.В. Завражин

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ВУГІЛЛЯ НА ПАРАМЕТРИ МАССОПРЕНОСА МЕТАНУ ПРИ ДЕСОРБЦІЇ В ЗАМКНУТИЙ ОБ'ЄМ

В результаті виконаної роботи проведена оцінка впливу вологості вугілля на кінетику зміни тиску метану в замкнутому об'ємі і на зміни значення ефективного коефіцієнта масопереносу.

Ключові слова: вугілля, вологість, метан, десорбція, коефіцієнт масопереносу.

V.V. Zavrazhin

INFLUENCE OF HUMIDITY ON THE PARAMETERS OF COAL METHANE MASS TRANSFER DURING DESORPTION IN A CONFINED SPACE

As a result of work performed evaluated the influence of humidity on the kinetics of coal methane pressure changes in a closed volume and changes in the effective mass transfer coefficient.

Keywords: coal, moisture, methane, desorption, mass transfer coefficient.