

ОБ ОЦЕНКЕ СКОРОСТИ ДЕСОРБЦИИ ГАЗА ИЗ УГЛЕЙ

На підставі математичної обробки графіка перехідного процесу в системі "вугілля-газ" після зміни в ній баричних умов запропоновано новий показник, що дозволяє кількісно оцінити швидкість десорбування газу з вугільного пласта.

ABOUT THE APRAISE OF RATE DESORPTION GAS FROM COAL

The new index offers on the foundation of mathematical cultivation of graph transitory process in the system coal-gas after the change the pressure in it. It permits to appraise the rate desorptions the gas from the coal-bed.

Кинетические параметры процесса сорбционного взаимодействия каменного угля и метана являются важнейшими при оценке возможности извлечения попутного газа в угольных шахтах.

В ИГТМ НАН Украины для исследования системы «уголь-газ» активно применяется метод ЭПР спектроскопии [1, 2]. Эксперимент по изучению парамагнитной системы «уголь-газ» в статическом состоянии до и после возмущающего воздействия давлением подробно описан ранее [3]. На основе этого эксперимента был создан способ оценки предельной сорбционной газоёмкости каменных углей. Создание комплекса ЭПР-РС и применение компьютерных технологий при проведении исследований с изменением давления в системе в процессе эксперимента позволило перейти к изучению кинетических параметров сорбционного взаимодействия угля и газа. Для аппроксимации переходного процесса, каким является процесс стабилизации парамагнитной системы «уголь-газ» после возмущающего воздействия давлением, было применено экспоненциальное уравнение типа:

$$I = I_{ucx} - K_{nac} (1 - e^{-t/T}), \quad (1)$$

где: I - интегральная интенсивность спектра ЭПР угольного образца;

I_{ucx} - интегральная интенсивность исходного спектра ЭПР угольного образца;

K_{nac} - коэффициент пассивации, отражающий процентное содержание в угле парамагнитных центров способных к взаимодействию с газом, %;

t - время переходного процесса, сек;

T - постоянная времени, сек.

Данное уравнение широко применяется в механике и автоматике для описания затухающих процессов после одноразового возмущающего воздействия [4]. Постоянная времени, в таком случае, определяется как время, за которое система достигла бы стабильного состояния, если бы процесс развивался со скоростью равной начальной. Таким образом, коэффициент уравнения $1 - «T»$ характеризует условия, в которых начинается процесс сорбционного взаимодействия

угля и газа. При этом, промежуток времени между началом переходного процесса и 99,7 % от конечных условий равняется $3T$ [4].

Время переходного процесса в замкнутой системе после одноразового возмущающего воздействия равно $3T$ [4, 5]. Таким образом, показатель « T » может быть использован для оценки длительности процесса сорбционного или десорбционного взаимодействия после изменения давления в системе «уголь-газ».

В таблице 1 приведены значения показателя « T » полученные в результате аппроксимации графика переходного процесса с помощью уравнения 1, а также значения среднеквадратичного отклонения σ , характеризующего точность аппроксимации процесса предложенным уравнением. В таблице 1 приведены также результаты расчета скорости сорбирования углем газа.

Таблица 1 - Результаты определения постоянной времени процесса и скорости сорбирования углем газа для углей разной степени углефикации

№ пробы	Выход летучих веществ, V_{daf} , %	Постоянная времени T , сек.	Средне квадратичное отклонение, σ	Предельная сорбционная способность, α , мл/г	Скорость сорбционного процесса $U_{сорб}$, мл/г сек
420	38,4	54,9	1,98	5,7	6,2
421	38,4	75,0	1,45	5,3	4,2
456	37,3	91,8	0,47	8,9	5,8
483	37,3	57,0	1,56	6,5	6,8
484	37,4	45,6	1,58	7,3	9,6
443	23,4	83,2	1,07	24,4	17,6
444	24,1	72,5	1,44	26,6	22,0
450	22,8	101,3	1,52	21,2	30,8
431	25,4	51,3	2,27	17,3	20,2
509	22,3	57,1	2,41	22,5	23,7
469	29,0	55,4	1,97	12,7	13,7
440	13,1	80,5	2,58	32,1	23,9
452	15,3	62,4	2,34	29,8	28,6
453	16,6	47,6	1,89	33,5	42,2
455	14,8	62,6	2,04	32,6	31,2
503	18,3	18,8	0,12	5,3	16,9

Из анализа таблицы видно, что предложенное для аппроксимации графика стабилизации системы «уголь-газ» при изменении в ней барических условий уравнение достаточно точно отображает процесс сорбционного взаимодействия угля и газа в системе. Коэффициент « T » может быть использован для оценки времени протекания процесса. В пределах углей одной марки коэффициент « T » изменяется в 2-3 раза, что говорит о его достаточно высокой чувствительности и информативности.

На практике важным показателем для оценки параметров взаимодействия газа и угольного пласта является скорость сорбции или десорбции $U_{сорб}$. Этот показатель может быть получен расчетным путём исходя из предельной сорбционной способности α исследуемого угля и продолжительности сорбционного взаимодействия в системе «уголь-газ» равной трём постоянным времени – « T ». Следовательно, $U_{сорб} = \alpha / 3 T$.

На рисунке 1 приведены результаты оценки скорости десорбции газа из каменных углей различной степени углефикации.

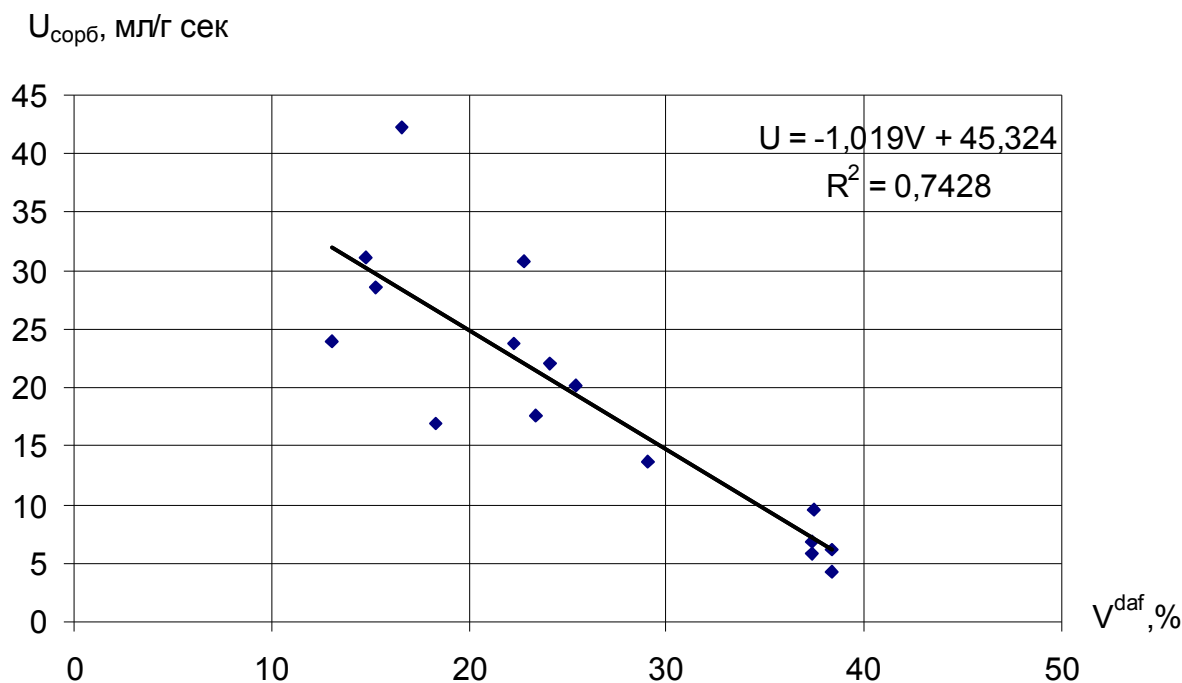


Рис. 1 - Зависимость скорости десорбции газа от степени углефикации исследуемых образцов

На рисунке 1 вынесены результаты оценки скорости десорбции газа из каменных углей различной степени углефикации, линия тренда, а также уравнение первого порядка, описывающее данную зависимость. Представленный на рисунке коэффициент корреляции позволяет оценить величину достоверности полученной информации.

В соответствии с современными представлениями о природе взаимодействия угля и газа скорость десорбции увеличивается по мере увеличения степени углефикации исследуемого образца. Это хорошо видно из приведенного рисунка и полностью согласуется с закономерным увеличением сорбционной газоёмкости каменных углей с ростом степени их углефикации. Разброс значений показателя $U_{сорб}$, в пределах углей одной марки можно объяснить различиями в фильтрационных свойствах угольного вещества, связанных с его структурой.

Коэффициент « T » (постоянная времени) из уравнения 1, зависит от состояние системы и характеризует её реакцию на изменение давления. Таким образом, показатель « T » отражает особенности структуры угольного вещества, определяющие его способность пропускать, фильтровать газ.

По мере роста степени углефикации процентное содержание сорбированного газа в угле возрастает, а процентное содержание свободного газа уменьшается. В проведенных измерительных экспериментах учитывался только газ, находящийся в сорбированном состоянии. Этим можно объяснить тенденцию постоянного роста предложенного показателя $U_{сорб}$ с уменьшением выхода летучих веществ в исследуемых углях. Тот факт, что в некоторых случаях для образцов меньшей степени углефикации скорость десорбции была выше, чем для образцов более высоких марок подчеркивает важность и необходимость оценки способности угольного вещества пропускать газ, то есть фильтрационных свойств угля, для оценки скорости десорбции газа из угольного пласта.

Таким образом, в результате проделанной работы предложено проводить аппроксимацию графика стабилизации системы уголь - газ после изменения в ней давления с помощью экспоненциального уравнения вида (1).

Коэффициент « T » отражает состояние структуры угольного вещества и может быть использован для оценки фильтрационных свойств угля.

Рассчитанный показатель - скорость десорбции согласуется с общепринятыми представлениями о процессе газовыделения из угольного пласта и может быть использован для оценки скорости десорбции газа при прогнозе технологических параметров газовых месторождений на угольных шахтах, в том числе и техногенного происхождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляшов А.С., Бурчак А.В., Михелис А.В. Экспресс-оценка предельной сорбционной газоемкости каменных углей // Разведка и охрана недр.— 1992.— № 3.
2. Лукинов В.В., Гончаренко В.А., Бурчак А.В. Перспективы определения сорбционных свойств угля методом электронного парамагнитного резонанса // Уголь Украины.— 2001.— №6.
3. Бурчак А. В. Исследование системы "уголь—газ" и разработка способов оценки метаморфизма и нарушенности углей методом ЭПР: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.15.11/ ИГТМ НАН Украины.— Днепропетровск, 1994.
4. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического управления и регулирования.- М.: Наука,1986.- 360с.
5. Иванов А.А. Теория автоматического управления и регулирования.- М.: Наука,1980.-236с.