

Периодичность всплесков динамической составляющей метанообильности из выработанного пространство синхронно с шагом сдвижения пород. Наиболее интенсивный уровень всплеска соответствует первичному шагу. Это связано с тем, что в период отхода лавы от монтажной камеры создается свод естественного обрушения, размеры которого увеличиваются по мере подвигания очитсного забоя с формированием газового коллек-

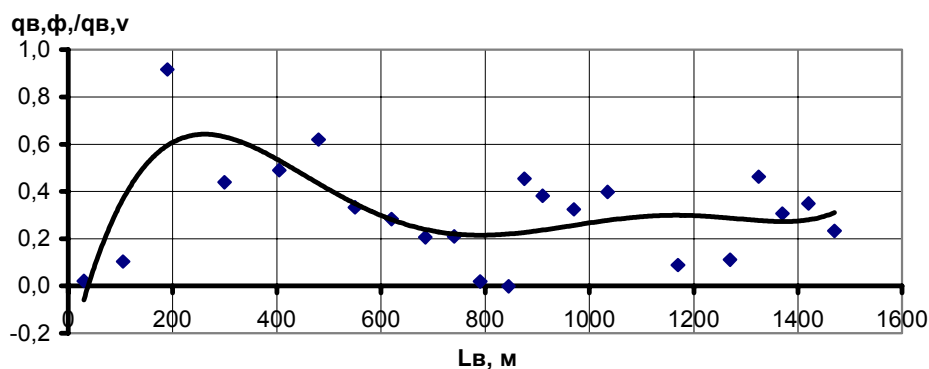


Рис. 4. Динамическая функция влияния протяженности выработанного пространства L_b на величину отношения фактической метанообильности выработанного пространства $q_{в,ф}$ к нормативному газовому потенциалу $q_{в,н}$

тора. Достигнув критического размера, свод теряет устойчивость, происходит процесс сдвижения пород, и скопившийся метан мигрирует в призабойное пространства лавы, это соответствует первому всплеску на рис.4 Дальнейшее течение процессов сдвижения идет более хаотично, так как сказывается взаимное влияние вторичных просадок пород углепородного массива. Их интенсивность ниже первичного и, следовательно, меньше и объем газового коллектора. Этим и объясняется снижение амплитуды всплесков динамической составляющей метанообильности (рис. 4).

Таким образом, учет динамической и квазистатической составляющей метанообильности выработанного пространства позволяет более точно прогнозировать параметры газокинетических процессов и системы и, рассчитывать соответственно, управления газовыделением на выемочном участке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные рекомендации по снижению газообильности выемочных участков шахт Кузбасса поверхностными газоотсасывающими вентиляторами установленными на устьях вентиляционных скважин. Кемерово, ВостНИИ, 1986.-30 с.
2. Полевщиков Г.Я., Назаров Н.Ю. Прогноз метанообильности выемочного участка с учетом сдвижений прочных вмещающих пород.// Совер-

шенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: сб.науч.тр.№17/ Научно-технич. центр «Кузбассуглетехнология».-Кемерово, 2001.- С. 103-111.

УДК 622.33.001.2:411:533.17

И.Б. Ковалева, Е.А. Соловьева,
ИПКОН РАН, г. Москва

**ДИФФУЗИОННО-КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
СИСТЕМЫ “УГОЛЬ-МЕТАН” И СПОСОБНОСТЬ
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ РАЗЛИЧНЫХ БАССЕЙНОВ
И МЕСТОРОЖДЕНИЙ К ГАЗОТДАЧЕ**

Дифузійно-кінетичні параметри відображають структурні особливості викопних вугіль, залежать від гірничо-геологічних факторів (метаморфізм, тектоніка, умови залягання), визначають характер і масштаби газовиділення з вугільного пласта.

**DIFFUSION-KINETIC PARAMETERS OF THE “COAL-METHANE”
SYSTEM AND ABILITY OF THE COAL SEAMS OF VARIOUS
BASSINS AND BEDS FOR GASSING**

Diffusion-kinetic parameters reflect the special structural features of the extracted coals, depend on the mining-geological factors (metamorphism, tectonics, conditions of deposition), define the character and volume of gas emission from the coal seams.

К главным критериям перспективности самостоятельной промышленной добычи метана относятся газоносность, угленосность, масштабы ресурсов метана на участке, плотность ресурсов метана, метаморфизм угля, определяющий его трещиноватость и газопроницаемость, возможность ее техногенного увеличения и стимулирования газоотдачи.

Актуальность и новизна настоящей работы обусловлены малой изученностью влияния микроструктуры угольного вещества на кинетику процессов сорбции и десорбции метана в системе уголь-метан. Изучение критериев, характеризующих массоперенос, позволит тестировать угольные пласты на способность их к газоотдаче и выбрать метод техногенного воздействия на пласт с целью ее повышения.

В мировой практике (в России и за рубежом) для характеристики метанопереноса используется комплексный диффузионный параметр, в который входят неизвестные величины коэффициента диффузии и размера нерасчлененной макропорами и трещинами угольной частицы. Разработанный в ИПКОН РАН метод отдельного определения размера ненарушен-

ного фрагмента угля и коэффициента диффузии флюидов по угольному веществу позволит получить диффузионно-кинетические параметры, которые дают достаточно полное представление о микро- и макроструктуре системы уголь-газ и процессах массопереноса в ней.

Работы предыдущих лет показали, что метаноперенос в ископаемом угле зависит от двух факторов — диффузии и фильтрации. Перенос газа осуществляется за счет фильтрации по трещинам и порам, пронизывающим образец угля, и диффузии по ненарушенному веществу угля. Для того чтобы иметь полную информацию о метанопереносе в образце ископаемого угля, нужно иметь данные о размерах ненарушенного фрагмента образца (мере нарушенности), о расстоянии между ненарушенными фрагментами (зиянии трещин) и о структуре ненарушенного фрагмента и характере газопереноса в нем. Скорость переноса газообразного вещества в твердом теле обычно оценивается коэффициентом диффузии, который тесно связан с его структурой. Поэтому в нашей работе была поставлена задача: разработать новые критерии оценки масштаба и характера газовыделения, учитывающих особенности микро- и макроструктуры угля, их зависимости от различных горно-геологических факторов и характера связи метана с углем в угольных пластах.

Знание структуры, диффузионно-кинетических параметров углей различной стадии метаморфизма, а также взаимосвязи диффузионно-кинетических параметров углей и тектонической нарушенности угля позволит правильно понять эти процессы. Эта информация может быть использована для поиска зон угольных пластов с повышенной газоотдачей с целью промысловой добычи метана.

Возможность определить размер микропористых частиц образца, не нарушенных крупными порами и трещинами, появляется при использовании экспериментальных данных по определению удельной поверхности образца методом Брунауэра-Эметта-Теллера по низкотемпературной (77,5 К) сорбции паров азота (метод БЭТ). В этих условиях микропоры становятся недоступными для молекул азота. Экспериментальные исследования показали, что минимальные размеры пор, пустот, трещин, которые могут участвовать в образовании поверхности, оцениваемой по нашей методике, составляют 4 нм. Таким образом, под ненарушенным фрагментом угля мы подразумеваем участок угольной матрицы, не содержащий пустот размером более 4 нм. Если принять допущение о том, что ненарушенные частицы образца имеют сферическую форму, то по величинам удельной поверхности частиц и плотности образца по гелию, можно оценить усредненный (эффективный) радиус таких ненарушенных фрагментов в образце угля:

$$R = 3/dS \quad (1),$$

где R - радиус ненарушенного фрагмента, см;
 S - удельная поверхность образца, $\text{см}^2/\text{г}$;
 d - плотность угля по гелию, $\text{г}/\text{см}^3$.

Рассматривая ненарушенные фрагменты образца как шарики радиусом R , мы можем оценить радиус щели, образующейся при наиболее плотной упаковке этих шариков:

$$r = 0.52 R \quad (2)$$

Экспериментально полученный размер ненарушенного фрагмента может быть использован для расчета коэффициента диффузии (D) через вещество угля, не нарушенного трещинами и порами шириной более 4 нм:

$$D = 0.087R^2/\tau \quad (3),$$

где R - радиус ненарушенного фрагмента, см;

τ - время диффузионной релаксации, сек.

Для выявления роли микроструктуры в процессе массопереноса метана в угле желательнее рассматривать образцы равно нарушенных углей, т. е. образцы, имеющие одинаковую удельную поверхность. В данной работе были исследованы образцы углей с различным выходом летучих веществ из семнадцати шахтопластов Донецкого и семи шахтопластов Кузнецкого бассейнов.

На рис. 1 и 2 приведены зависимости коэффициента диффузии метана по веществу угля и среднего эффективного радиуса ненарушенного фрагмента от выхода летучих веществ $R = f(V^T)$ и $D = f(V^T)$ для образцов углей с удельной поверхностью 0,1 - 1 м²/г. Максимальные значения коэффициента диффузии D и размера ненарушенного фрагмента R наблюдаются у углей средней стадии метаморфизма. Для этих углей характерен максимальный размер трещин, а трещины являются плоскостями ослабления угля, по которым происходит его разрушение при изменениях напряженного состояния угольного пласта и давления газа. Это согласуется с параболическими зависимостями физико-химических свойств углей от степени метаморфизма.

Нашими исследованиями установлено, что антрацитовые и полуантрацитовые пласты Восточного Донбасса имеют особенности в пористой структуре, что сказывается на значениях диффузионно-кинетических параметров. На отдельных участках они достигают величин характерных для углей средней стадии метаморфизма.

Исследования показали, что особенности структуры тектонически препарированных углей находят отражение в диффузионно-кинетических параметрах, которые значительно отличаются по своей величине для пластов и зон, различных по масштабам и характеру газовыделения. Вывод, что величины R и D углей из зон газодинамических явлений и зон геологических нарушений значительно (иногда на порядок) ниже, чем вне таких зон, сделанный по результатам исследований углей, различных по газодинамическим свойствам пластов Донецкого бассейна: m_3 (шахта Ясиновская - Глубокая), l_1 , l_3 , l_7 и k_3^B (шахта им. Стаханова), неопасных по газодинамиче-

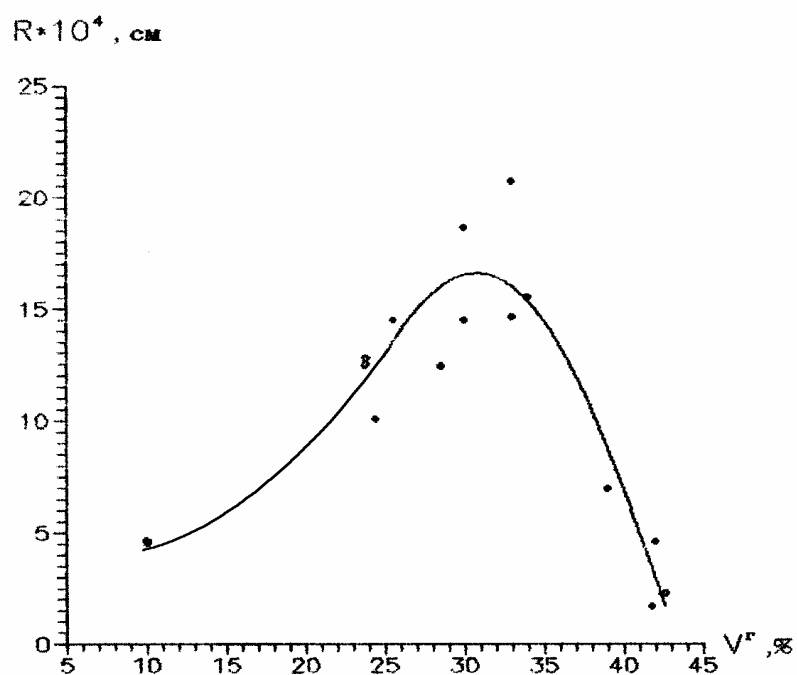


Рис. 1. Зависимость среднего эффективного радиуса ненарушенного фрагмента от выхода летучих веществ

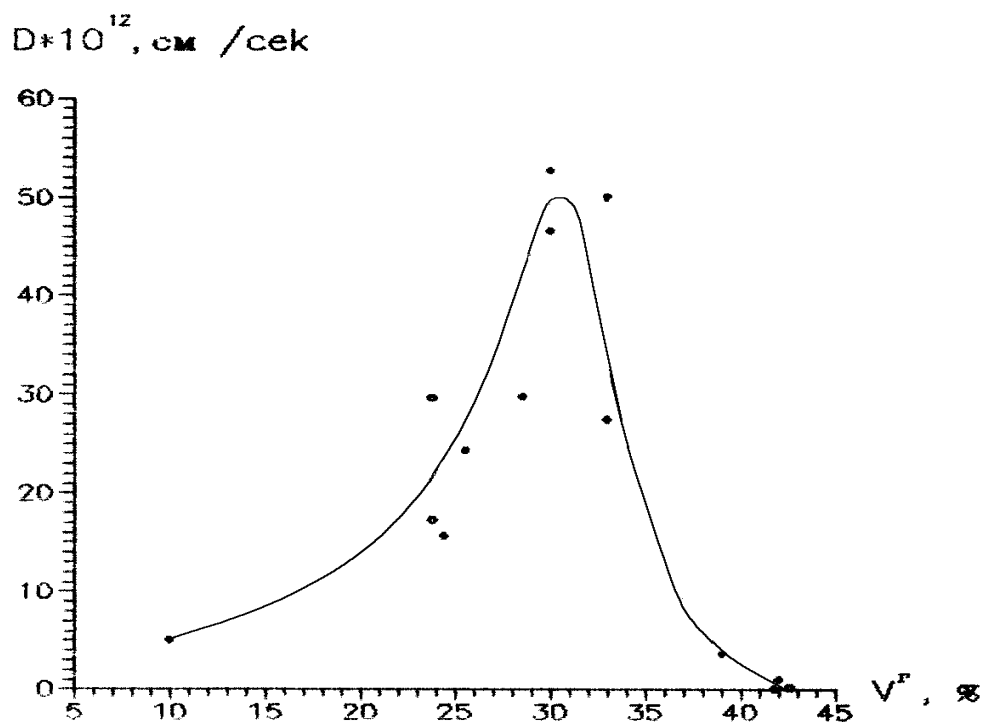


Рис. 2. Зависимость коэффициента диффузии метана по веществу угля от выхода летучих веществ

ским свойствам и углей, пластов m_3 и l_7^B (шахта им. Изотова), k_3^H и l_7^H (шахта им. Румянцева), n_1 , (шахта Новая), l_4 (шахта им. Ленина), k_3^B (шахта Перевальская), опасных по газодинамическим явлениям, подтвержден результатами исследований углей шахтопластов Кузнецкого и Печорского бассейнов. Угли выбросоопасных пластов и зон геологических нарушений имеют размеры ненарушенного фрагмента порядка 10^{-4} см и коэффициенты диффузии 10^{-12} см²/сек. Размер полуширины щели между ненарушенными фрагментами угля в зонах газодинамических явлений и зонах геологических нарушений также на порядок меньше, чем вне их. Для пластов, сложенных подобными углями (например, k_3^B), характерны высокие начальные дебиты газовыделения из пробуренных скважин с высоким темпом снижения во времени и незначительное уменьшение газоносности в результате предварительной дегазации

Выполненный комплекс экспериментальных и теоретических исследований углей Донбасса, Восточного Донбасса, Кузбасса и Печорского бассейна позволяет сделать следующие выводы.

Характер и интенсивность газовыделения зависят от структурно-кинетических параметров угля — коэффициента диффузии и размера ненарушенного фрагмента. Для выявления участков угольных пластов, обладающих повышенной способностью к газоотдаче, необходимо учитывать структурно-кинетические факторы. Наиболее перспективными для извлечения метана представляются пласты, сложенные углями средней стадии метаморфизма с максимальными диффузионно-кинетическими параметрами порядка $R > 20 \cdot 10^{-4}$ см, $D > 45 \cdot 10^{-12}$ см²/сек. На пласте высокометаморфизованного угля Восточного Донбасса (марка ПА-А) установлено наличие зон с диффузионно-кинетическими параметрами угля, близкими по величине к параметрам углей средней стадии метаморфизма. Такие зоны пласта представляются перспективными для промышленной добычи метана. Пласты и зоны, угли которых имеют размеры ненарушенного фрагмента $R \sim 10^{-4}$ см и коэффициента диффузии $D \sim 10^{-12}$ см²/сек, на наш взгляд, для добычи метана мало перспективны. Для пластов малометаморфизованных углей, в силу особенностей их пористой структуры, по величинам диффузионно-кинетических параметров нельзя сделать однозначный вывод о перспективности этих пластов для добычи метана. Необходимо изучение пористой структуры этих углей, так как среди них могут оказаться мезопористые угли, и удельная поверхность будет определяться поверхностью этих пор, а не нарушением.