

З наведених даних підрахунку ресурсів метану випливає, що вугленосні відклади Донецького басейну містять в собі значні запаси метану і можуть слугувати об'єктами його видобутку. Вони повинні розглядатись як комплексні газовугільні родовища.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Временные методические требования к геолого-экономической оценке и подсчету запасов метана в угольных пластах // ГКЗ СССР. - М., 1987. - 14 с.
2. Государственный баланс запасов угля СССР. - 1991. - 3.
3. Инструкция по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геолого-разведочных работах. - М.: Недра, 1977. - 96 с.
4. Методическое руководство по оценке ресурсов углеводородных газов угольных месторождений как попутного полезного ископаемого. - М.: Мингео СССР, 1988.
5. Пудак В. В., Конарев В. В., Алексеев О. Д. и др. Исследование, разработка технологии и промышленное использование метана углегазовых месторождений Донбасса // Уголь Украины (478-479) октябрь-ноябрь, 1996. - С. 68-71.

УДК 622 411: 530.1

В.В. Репка

(ИГТМ НАН Украины)

#### ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ КАК КРИТЕРИЙ СОСТОЯНИЯ МЕТАНА В ИСКОПАЕМЫХ УГЛЯХ

*В роботі розглянуто стан метану у вихопному вугіллі з топологічних позицій. Показано, що фрактальний розмір може бути критерієм стану метану. Доказано, що метан у вихопному вугіллі здебільшого має стан твердого розчину, а також частково адсорбований на поверхні тріщин. Проаналізовано механізм адсорбції метану.*

В работе [1] высказаны представления о фрактальной природе углепородных массивов. Настоящее сообщение содержит в себе попытку рассмотрения состояния метана в ископаемых углях с топологических позиций.

#### Фрактальный характер пустотности: качественные модели.

Рассмотрим характер пустотности ископаемых углей, в основном основываясь на работах [2-5].

Качественно пустоты в углях представляют собой округлые стереопоры либо трещины. Выделяющиеся в процессе метаморфизма газы образуют в углях закрытую пористость. Необходимо отметить, что при всем коренном характере различий между трещиной и стереопорой, нередко встречаются переходные структуры.

Такие слившиеся пузырьки газа образуют промежуточную структуру -- уже не классическую стереопору, но еще не классическую трещину.

Самоподобный на различных масштабных уровнях характер носит система соединения мелких и крупных пустот.

В результате обстоятельных исследований углей методами сорбции, денситометрии и теплоты смачивания предложена следующая система соединения пустот на уровне молекулярных и фольмеровских пор. Система этих пор состоит из полостей упрощенной формы с шириной в 2-3 раза больше длинны. Величина пор по ширине бимодально распределяется около интервалов 1,0-2,0 нм и 1,3-3,0 нм. Эти достаточно крупные полости соединены лабиринтом весьма тонких капилляров, размеры которых также бимодально распределены около значений 0,5 нм и 0,8 нм.

Иногда структура сорбента представляется в виде макропор и трещин (размеры  $10^2$  нм и более), соединяющихся между собой. Сорбирующие молекулярные и фольмеровские поры являются ответвлениями от макропор и трещин.

По результатам анализа капиллярного равновесия в пустотах с размерами от 5 нм до 103 нм отдается предпочтение блочной модели пустотности угля.

Размер блоков в зависимости от исходного геологического материала и термодинамических параметров определяется в пределах от долей миллиметра до единиц и десятков сантиметров.

Таким образом, качественное рассмотрение структур соединения пустот в ископаемых углях на различных масштабных уровнях привело нас к иерархической блочной модели. В этой модели более мелкие блоки (~10 нм) вложены в более крупные (до  $10^2$ - $10^3$  нм), а те в свою очередь в ещё более крупные блоки, вплоть до видимых глазом.

Таким образом можно обоснованно говорить о наличии скейлинга – самоподобия на различных масштабных уровнях.

#### О состоянии метана в ископаемых углях.

В литературе рассматривались различные точки зрения на состояние метана в ископаемых углях: его в углях вообще нет, а образуется он за счёт химических деструктивных реакций при разгрузке пласта, находится в состоянии твёрдого раствора, в состоянии кристаллогидрата, объёмно заполняет микропоры, сорбирован на поверхности пор и трещин различного масштаба. Мы не рассматриваем вопросы, связанные с метаном в свободном состоянии.

О состоянии метана в ископаемых углях можно судить по данным сорбционного эксперимента [6].

Адсорбционные измерения проводились для определения поверхностной фрактальной размерности. При этом использовался метод, основанный на сопоставлении изотерм адсорбции различных веществ в области монослоя. Предполагалось, что поверхность адсорбента является идеальным фракталом, характеризуемым поверхностной фрактальной размерностью  $D$ . Тогда величина адсорбции  $N_m$  при монослойном покрытии связана с линейным размером  $a$  молекулы адсорбата соотношением:

$$N_m = N_{m,0} (a/a_0)^D, \quad (1)$$

где  $N_{m,0}$  – монослойная адсорбция молекул размером  $a_0$ .

Ранее проведённые исследования образцов коксового угля с использованием 12 различных адсорбатов: азота, метанола, этанола, ацетона, бензола, метилэтилкетона, трихлорэтилена, четырёххлористого углерода, этилацетата, нитробензола, толуола и 0-ксилола привели к величине  $D = 2,7$ . На практике к описанному выше методу, как методу определения фрактальной размерности поверхности, следует относиться критически по следующим причинам. Не существует надёжного метода определения размеров адсорбированных молекул. Монослойная адсорбция зависит не только от размера молекул, но и от их взаимодействия с подложкой. А что касательно углей, то измерение именно монослойной адсорбции при любом из использованных методов является весьма проблематичным.

Как правило удаётся исследовать адсорбцию молекул, диапазон размеров которых незначительный – в вышеприведенном случае примерно 1 нм. Поэтому вывод о пространственном самоподобии поверхности адсорбента нельзя распространять за пределы этого диапазона масштабов.

Мы попытались распространить метод молекулярных щупов для решения другой задачи – определения формы состояния метана в ископаемых углях.

Для этого по данным работы [7] определили в рамках теории объёмного заполнения микропор величины предельного числа сорбционных вакансий для метана, этана, пропана и нормального бутана при их адсорбции на антраците. Затем полученные результаты были представлены в логарифмических координатах.

Для этана, пропана и нормального бутана точки легли на одну прямую с коэффициентом корреляции близким к единице. Определённая по величине наклона прямой размерность Хаусдорфа-Безиковича оказалась равной 3,00 с точностью до второго знака. В данном случае размерность  $D$  не является фрактальной, так как не является дробной. Величина  $D = 3$ , на наш взгляд, свидетельствует не о трёхмерном характере поверхности антрацита, а о постоянном числе предельных адсорбционных вакансий (постоянном объёме микропор) [6], для адсорбции паров.

Точка характеризующая адсорбцию метана оказалась далеко отстоящей от описанной выше прямой. На наш взгляд это объясняется принципиальной разни-

цей в механизме адсорбции газа (метана) и паров (его гомологи). Метан не заполняет объёмно микропоры существенно большие его диаметра, поэтому величина предельного числа адсорбционных вакансий для метана значительно меньше, чем для этана.

Для определения фрактальной поверхности угля нами был применён другой метод – адсорбция одного газа (метана) на частицах адсорбента различного размера [8]. При этом использовались результаты классических измерений адсорбции [9] на частицах угля с размерами отличающимися более чем на порядок.

Полученная величина  $D = 2,7$ , близкая к трём, свидетельствует, что метан в ископаемых углях находится как в состоянии твердого раствора, так и в адсорбированном на поверхности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф., Лукинов В.В., Репка В.В. Фрактальная природа углепородных массивов // Уголь Украины, 1993, № 9. С. 37-39.
2. D.W. Van Krevelen «Coal», Elsevier publishing company, Amsterdam - London - New-York, 1961.
3. Bond R. Capillary Structure of Coals. – Nature, 1956, 4524, v.178, p.104.
4. Эттингер И.Л., Шульман Н.В. Распределение метана в порях ископаемых углей. - М.: Надра, 1975. - 112 с.
5. Эттингер И.Л. Пористая структура ископаемых углей // Химия твердого топлива, 1970, № 2.- С.22-29.
6. Неймарк А.В. Определение поверхностной фрактальной размерности по данным адсорбционного эксперимента // Журнал физической химии, 1990, т.64, вып.10.- С. 2593-2605.
7. Молекулярно-ситовый эффект при сорбции газов ископаемыми углями / Р.М.Кривицкая, И.Л. Эттингер, Г.Д. Лидин и др. // Химия твердого топлива, 1973, № 2. С.152-154.
8. Федер Е. Фракталы, пер. с англ. - М.: Мир, 1991. - 254 с.

9. Метан в угольных пластах / А.А. Скочинский, В.В. Ходот, В.Г. Гмошинский и др. - Углетехиздат, 1958. - 256 с.

УДК 622.531.322:550.832.4

В.А. Гончаренко  
(ИГТМ НАН Украины)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГНОЗА ВЫБРОСООПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА СТАДИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

*Розглянуті загальні положення удосконаленого геолого-геофізичного методу прогнозу викидонебезпечності вугільних пластів в умовах Донбасу.*

Прогнозирование выбросоопасности угольных пластов в Донецком бассейне основано на учете различных горно-геологических показателей, характеризующих, в основном, напряженное состояние угольного массива, физико-механические свойства угля и газоносность.

На основе экспертной оценки и отбора различных показателей выбросоопасности для условий Донбасса были разработаны нормативные инструкции [1-3], которые позволяют вести оценку выбросоопасности угольных пластов по результатам лабораторных определений на угольном керне. Для прогноза выбросоопасности используются следующие показатели:  $V^{daf}$  - выход летучих веществ, %;  $H$  - глубина залегания угольного пласта, м;  $1,3 X$  - природная газоносность угольного пласта с учетом поправочного коэффициента,  $m^3/t$  горной массы;  $m$  - мощность угольного пласта, м;  $R$  - разрушаемость угля,  $mm^{-1}$ ;  $c$  - число угольных пачек; ПМЦ - число парамагнитных центров, в условных единицах;  $K_{тс}$  - коэффициент тектонической сложности условий залегания;  $P$  - пластовое давление газа, атм.;  $g_0$  - дебит газа, л/мин.;  $P$  - показатель начальной скорости газоотдачи угля, в условных единицах;  $Ne$  - содержание гелия, %;  $v_c$  - степень восстановленности угля, в условных единицах.