

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ УГЛЯ С УЧЕТОМ
ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЕГО СТРУКТУРЫ**

На основі фрактального моделювання зроблений висновок про перспективність електронно-парамагнітного методу визначення сорбції вугілля

**THE RESEARCH OF THE COAL SORPTION TAKING INTO
ACCOUNT FRACTAL DIMENSIONALITY OF ITS STRUCTURE**

The conclusion of perspectiveness of an electronic-paramagnetic method for determining the coal sorption is made on the basis of fractal simulation.

Большая часть энергетического газа - метана в Донецком и Львовско-Волынском бассейнах содержится в угольных пластах в сорбированном состоянии. Поэтому при рассмотрении механизма сорбции углей для эффективной добычи метана необходимо учитывать факторы, которые влияют на их физико-химические свойства, определяющие поверхностные и объемные структурные характеристики. Такими факторами можно считать неровности поверхности и пористость углей. Немаловажное значение имеет и то, что мономолекулярный слой сорбированных молекул имеет свойства объемной фазы, что позволяет трактовать физическую модель сорбции угля как переходную от поверхностной к объемной [1].

Учитывая эти особенности углей и то, что в последнее время для описания внутренней поверхности пористых тел все чаще применяют методы фрактальной геометрии [2], для исследования механизма сорбции угля использовалось фрактальное моделирование. При этом определение сорбции производилось традиционным «объемным» [3] и электронно-парамагнитно-резонансным (ЭПР) [4] методами на параллельных пробах угля (64шт.), отобранных совместно с ГРГП «Донецкгеология» из 21 пласта на 13 шахтах в Красноармейском, Центральном и Донецко-Макеевском геолого-промышленных районах Донбасса.

На предварительном этапе исследований статистическими методами установлены взаимосвязи данных по сорбции, найденных с помощью электронного парамагнитного резонанса ($C_{\text{эпр}}$) и традиционного «объемного» метода (C_0), с показателем метаморфизма - выходом летучих веществ V^{daf} , характеризующим структуру угля (рис. 1). Установленные зависимости указывают на более тесную связь $C_{\text{эпр}}$ с V^{daf} по сравнению C_0 с V^{daf} (коэффициенты корреляции соответственно равны 0,84 и 0,41). При этом сле-

дует заметить, что значения сорбции на параллельных пробах по методу ЭПР в основной массе выше, чем измеряемые «объемным» методом.

Фрактальная природа структуры угля существует в пространстве [2] и во времени. Это подтверждается тем, что в процессе метаморфизма угля, протекающего в течение миллионов лет под воздействием температуры и давления, происходит изменение его структуры, отражающееся на показателе V^{daf} . Таким образом, показатель V^{daf} может служить мерой фрактальности структуры угля, изменяющейся во времени. Это обстоятельство позволяет применить фрактальное моделирование к оценке механизма сорбции, использующего в качестве результирующей функции значения сорбции, полученные двумя независимыми методами, а критерием оценки механизма сорбции – фрактальную размерность.

При расчетах фрактальных размерностей структуры угля использовалось формальное положение, основанное на том, что рассматривается множество значений C в пространстве значений V^{daf} . С учетом пробной функции $k(d) V_d^{daf}$ [2] построена мера M_d :

$$M_d = \sum k(d) \cdot V_d^{daf} = \begin{cases} 0, d > D \\ \infty, d < D \end{cases}, \quad (1)$$

где D – критическое значение размерности d , называемая размерностью Хаусдорфа-Безиковича,

k – геометрический коэффициент, зависящий от размерности пространства d и определяющий структуру фрактального пространства.

На основе данного определения меры (1), определялась фрактальная размерность, путем измерения углового коэффициента a для графика $\lg V^{daf}$.

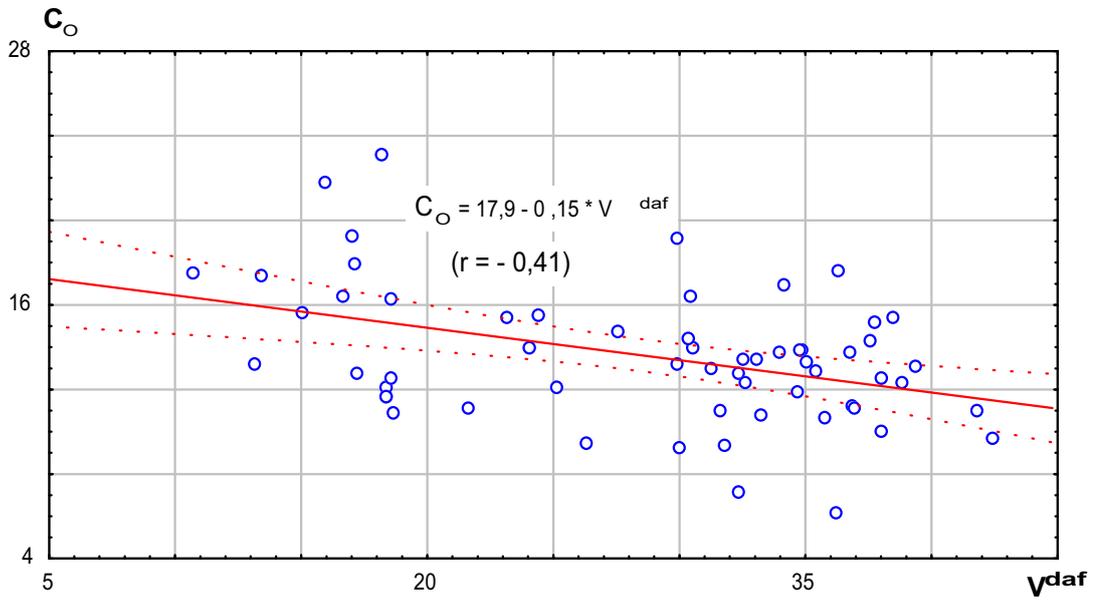
При этом значение C выражалось формулой

$$C = a (V^{daf})^{1-D}, \quad (2)$$

Значения фрактальных размерностей сорбции D для традиционного и ЭПР методов рассчитывались с помощью уравнения (2) и соответственно равны: $D_o = 1,45$ и $D_{эпр} = 2,32$ (рис. 2).

Большее значение параметра D для ЭПР метода по сравнению с традиционным методом изучения сорбции, означает, что сорбция углей определяемых методом ЭПР полнее отражает объемную фрактальность структуры угля. Физический смысл этого моделирования в том, что величина фрактальной размерности определяет геометрию пространства, в котором рассматривается данное явление - сорбция. Для так называемого «объемного» метода значение $D_o = 1,45$ заключено между 1 и 2, что характеризует поверхностную сорбцию (адсорбцию).

а)



б)

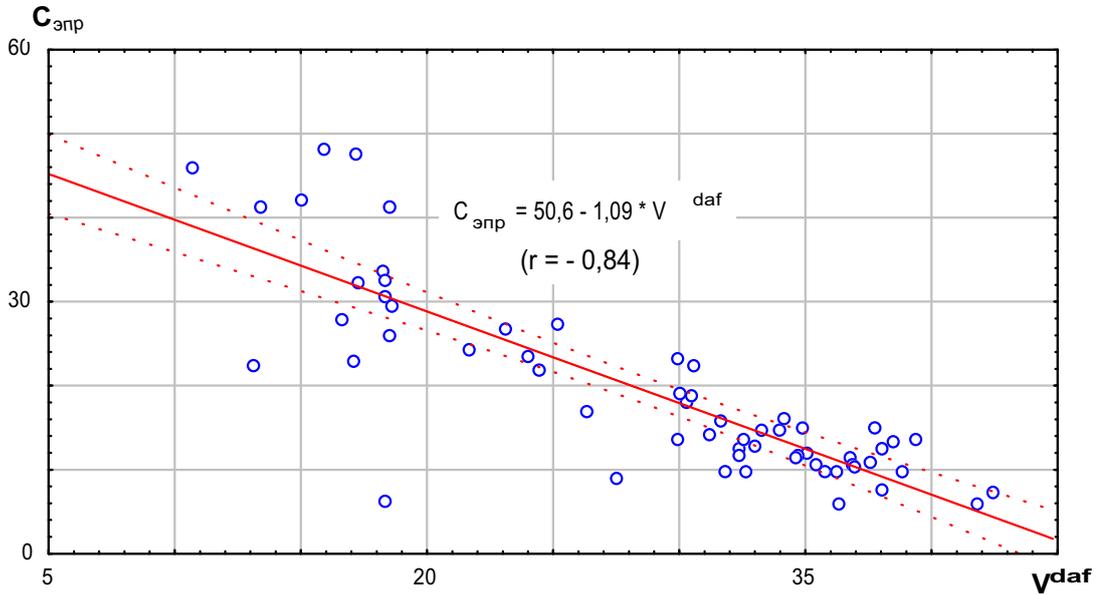


Рис. 1. Статистические взаимосвязи сорбции углей и степени их метаморфизма (V^{daf}): а – сорбция, измеренная «объёмным» методом и б – сорбция по методу ЭПР

В случае измерений сорбции ЭПР методом, значение $D_{\text{ЭПР}}=2,32$ находится между 2 и 3, что интерпретируется как переход от поверхностной к объемной сорбции, или от адсорбции к абсорбции.

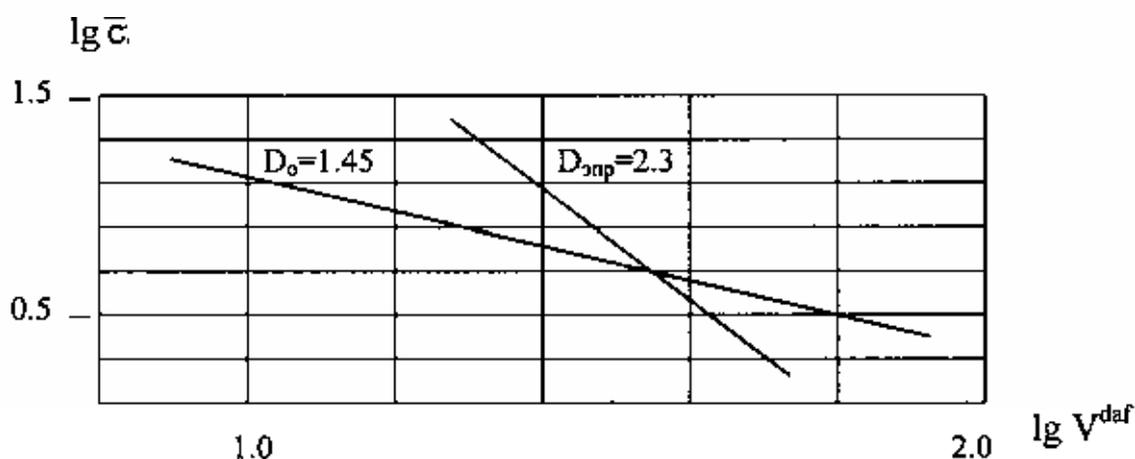


Рис. 2. Фрактальная размерность сорбции углей Донбасса (Красноармейский, Донецко-Макеевский и Центральный районы), определяемая «объемным» и ЭПР-методами

Таким образом, фрактальный подход к анализу результатов определения сорбции углей показал, что традиционным, так называемым «объемным» методом оценивается только часть поверхностной потенциальной сорбционной емкости угля $1 < D_0 < 2$. Применение метода ЭПР позволяет определить всю поверхностную часть и часть объемной потенциальной сорбционной емкости угля $2 < D_{\text{ЭПР}} < 3$, т.е. всю адсорбционную и часть абсорбционной способности угля. Более адекватное и полное отражение механизма сорбции при измерении ЭПР методом свидетельствует о том, что этот метод можно рекомендовать для эффективного использования при оценке содержания метана в угольных пластах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саранчук В.И., Айруни А.Т., Ковалев К.Е. Надмолекулярная организация, структура и свойства угля.– К.: Наук. думка, 1988.– 192с.
2. Булат А.Ф., Лукинов В.В., Репка В.В. Фрактальная природа углепородных массивов // Уголь Украины.– 1993.–№ 9.– С.37 – 39.
3. Эттингер И.Л. Свойства углей, влияющие на безопасность труда в шахтах.– М.:Госгортехиздат, 1961.– 96с.
4. Лукинов В.В., Гончаренко В.А. Бурчак А.В. Перспективы определения сорбционных свойств угля методом электронного парамагнитного резонанса // Уголь Украины.– Киев, 2001 –№ 6.– С. 44 – 46.