

**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  $V^{\text{daf}}$ , характеризующим структуру угля (рис. 1). Установленные зависимости указывают на более тесную связь  $C_{\text{эпр}}$  с  $V^{\text{daf}}$  по сравнению  $C_0$  с  $V^{\text{daf}}$  (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  $\lg V^{daf}$ .

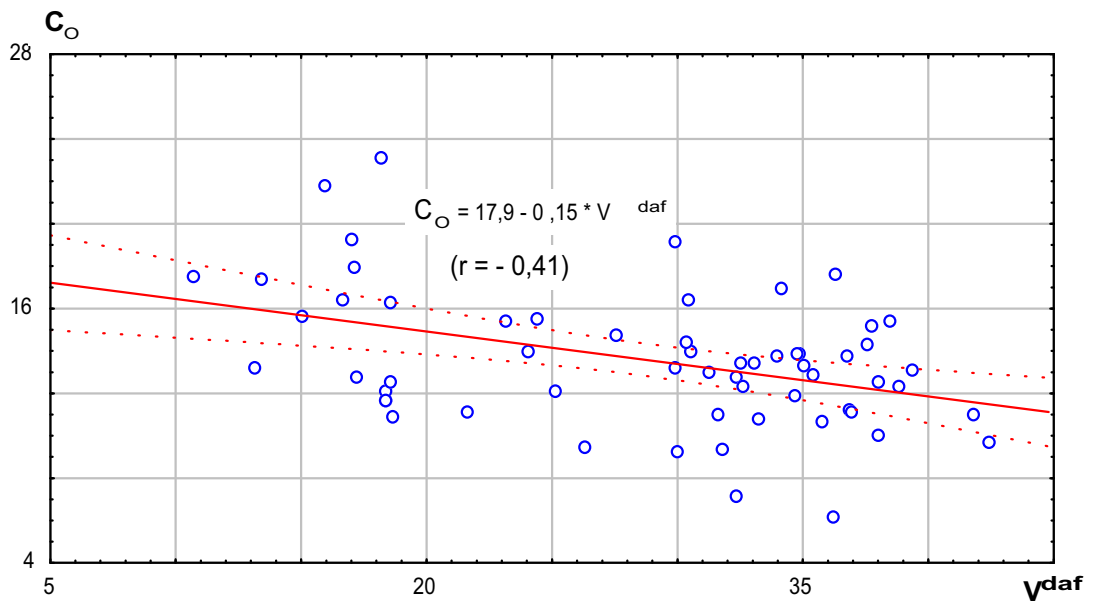
При этом значение  $C$  выражалось формулой

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

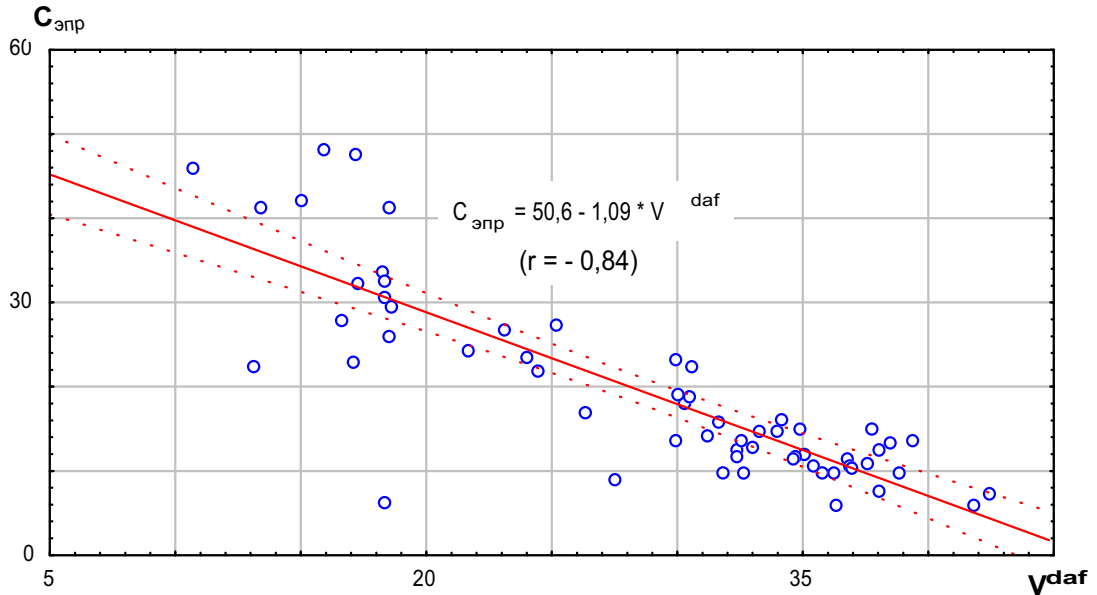
Значения фрактальных размерностей сорбции  $D$  для традиционного и ЭПР методов рассчитывались с помощью уравнения (2) и соответственно равны:  $D_{o.} = 1,45$  и  $D_{\text{эпр}} = 2,32$  (рис. 2).

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)

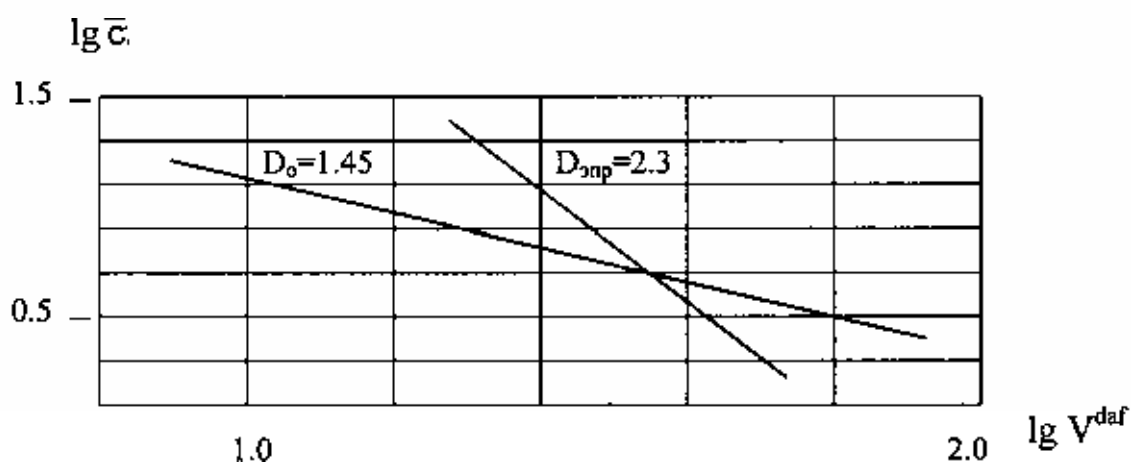


б)



**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.