УДК 547.211:553.94/96

В.Н.НОВИКОВА
Аспирантка кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых

СВЯЗЬ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ И СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ВИТРИНИТОВЫХ УГЛЕЙ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ДОНБАССА С ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

К концу XX столетия большое внимание уделялось исследованию строения и свойств высокоуглеродных минеральных образований, а также физико-химических процессов, проходящих с ними, на наноуровне 10^{-8}-10^{-9} м с целью познания природы процессов углеобразования, метаногенерации, газодинамических явлений в угольных пластах и применения выявленных закономерностей в прогнозе метаноносности и газодинамических явлений. Рассмотрены особенности надмолекулярной структуры витринита, наблюдаемые в растровом электронном микроскопе, сорбционной способности углей и проанализирована связь этих параметров с геологическими факторами.

Since the end of the XX century the great attention is attracted to investigation of structure and properties of the high-carbons mineral substances, as well as to physical-chemical processes in which they are involved, in the nano-level space – within range 10^{-8}-10^{-9} m, purposefully to studying the nature of the coal-forming process, generation of methane, gas-dynamic events in coal seams, to designing the new types of suspension fuel on the base of submolecular carbon aggregates. The paper analyzes peculiarities of the submolecular structure of vitrinite, observed in raster electron microscope, sorption capacity of coals and links of these parameters with geological factors.

В донецких клареновых углях среднего карбона гелифицированное вещество – витринит составляет 80-95 % от общего объема угольной массы, поэтому для изучения нами выбран витринит – как главный компонент.

Изучаются угли средней стадии метаморфизма и антрациты на начальных стадиях, так как эти угли наиболее склонны к газовыделению и метаногенерации, а более метаморфизованные антрациты не обладают такими свойствами. Это подтверждается исследованиями В.В.Кирюкова, А.Т.Айруни. В метаморфизованных антрацитах снижается пористость и диаметры пор становятся меньше диаметра молекулы метана (4,16 Å) [3, 5].

Методами растровой электронной микроскопии (РЭМ) наблюдались и изучались типы наноструктур витринита донецких углей, отличающихся по восстановленности и стадиям метаморфизма, и их показатели: поверхность и размеры надмолекулярных агрегатов; тип и параметры порового, межслоевого и трещинного полостного пространства.

Наблюдения с помощью РЭМ раскрывают объективную наноструктуру углей (надмолекулярную и полостную) как генератора и коллектора метана и дают возможность прослеживать развитие и виды последствий микрогазодинамических явлений, определять их морфометрические, структурные и энергетические параметры [2, 4].

Выявлены типы надмолекулярных образований, встречающихся в витринизированном веществе каменных углей практически всех стадий метаморфизма.

К нанокомпонентам относятся: гомогенный (однородный) и регулярно-таблитчатый нановитринит из невосстановленных углей (тип *а*); нановитринит овоидно-гроздьевидной структуры из восстановленных углей (тип *в*) (рис.1), изменяющиеся в ряду метаморфизма каменных углей и преобразующиеся в ламели и фиб-

риллы в более организованных кристаллитах антрацитов. Для нанокомпонентов витринита характерно разнообразие их проявления в ряду метаморфизма в зависимости от типа и интенсивности процесса углеобразования.

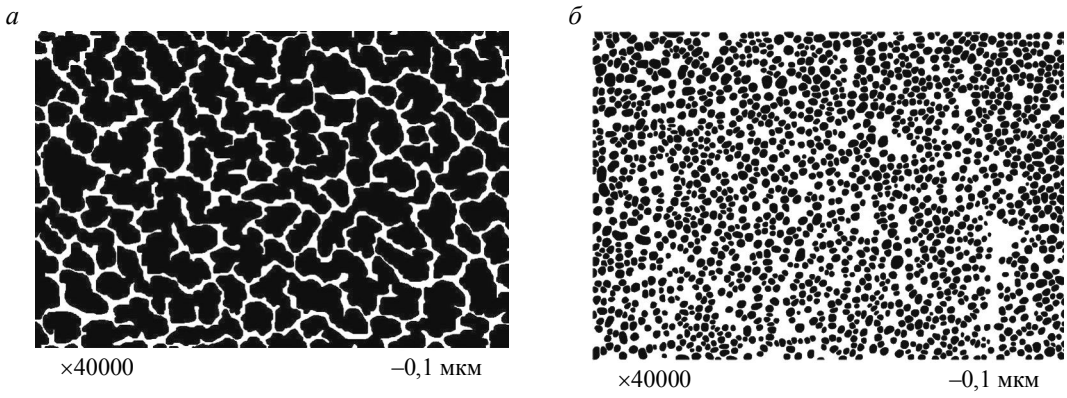


Рис.1. Модель наноструктуры витринита донецких углей: *а* – регулярно-таблитчатая (тип *а*); *б* – овоидная (тип *в*)

Изучено полостное пространство (поровое и трещинное) и метаноносность углей. Свободный метан находится в полостях пор и трещин в однородном витрините основной массы угля, линз и полос витринита, размещается в межслоевых и межфрагментарных первичных и вторичных полостях, возникших за счет разгрузки и при других тектонических процессах. Сорбированный метан менее характерен для углей с перечисленными типами полостного пространства, но больше связан с надмолекулярными емкостями: межагрегатной, внутриагрегатной. Сорбированный метан делится на: адсорбированный – физически связанный с поверхностями агрегатов молекул и межагрегатный, абсорбированный – внутриагрегатный. Они составляют преобладающую долю метана в углях. Химически не связанный – клатратный и молекулярно связанный угольный метан характерны для молекулярной и внутримолекулярной форм емкостей, эти формы метана еще недостаточно изучены [1, 3, 4].

Формы миграции метановых газов представлены собственно молекулярной диффузией и надмолекулярным диффузным, свободным движением фольмеровского, кнудсеновского и пуазейлевского типов (рис.2).

В.И.Ермаковым, Г.Д.Лидиным, И.Л.Эттингером и др. было доказано, что преобладающая часть метана в углях находится в сорбированной форме. В последнее время А.Т.Айруни, А.Д.Алексеев и др. предположили, что большая часть метана находится в виде твердых растворов в угле. Однако, более вероятно участие метана в составе метастабильно изменяющегося угля в виде сорбированной и молекулярно-связанной форм [3, 4, 5].

Метаноносность витринитовых углей активизируется на средних стадиях метаморфизма (4Ж-5К-6ОС) с резким увеличением трещинной миграции. Тип процесса газообразования с этого этапа резко изменяется. Преобразование сферообразных пор витринита газовой стадии (3Г) в веретенообразные коксовой стадии (5К) и последующая их перегруппировка и расчленение с образованием крупных сложных пор на начальных стадиях антрацитов (9А-10А) являются следствием резкого изменения макромолекулярной структуры угля при агрегировании угольных макромолекул в надмолекулярные домены с обрамлением их углеродной матрицы (конденсированного ядра) периферийной более сложной молекулярной бахромой.

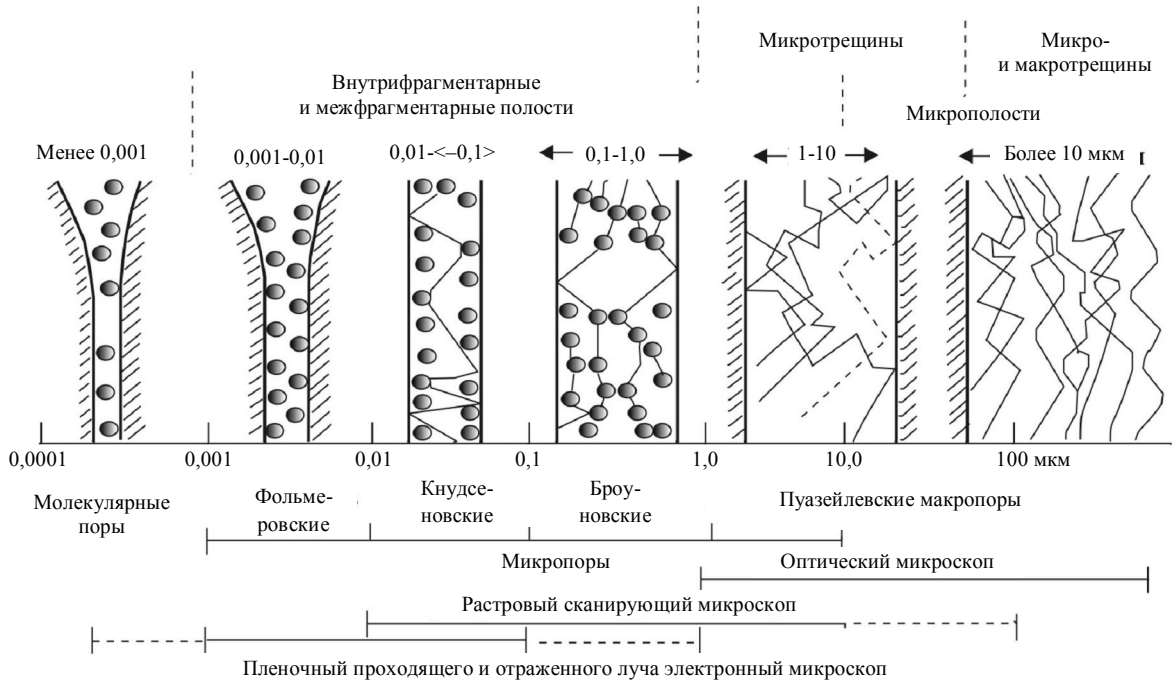


Рис.2. Методы оценки проницаемости и видов миграции метана в ископаемых углях (по В.В.Кирюкову, И.Л.Этингеру)

Прогноз газоносности проводится с учетом особенностей угля как метастабильной системы, надмолекулярное строение которой изменяется в процессе метаморфизма углей с попутным газообразованием и сорбирования образовавшегося метана угольным веществом.

Макронаблюдения газодинамических явлений в горных выработках дополняются естественными микромоделями, изучаемыми в растровом электронном микроскопе [3, 4, 5]. Признаки склонности углей к внезапным выбросам, наблюдаемые в РЭМ: рыхлые (расслоенные) микрослои со сложным контуром индивидуализации; разрушение блоков микро- и нановитринита с проявлением плоскостной фрагментарности и дифференцированности; сложная микропористая «оспенная» структура; поры с уплотненными оболочками, с явлениями выворачивания по бортам; зазубренный остроугловатый излом внутренней образующей поры; графический рисунок (штриховатость) по внутренним поверхностям поры; следы микровзрывов в виде воронок, обратных конусов, грибовидных конусообразных форм отдельных обломков угля, «бешеной муки» из зоны выброса или из тектонически деформированной угольной массы (рис.3).

а *б* *в*

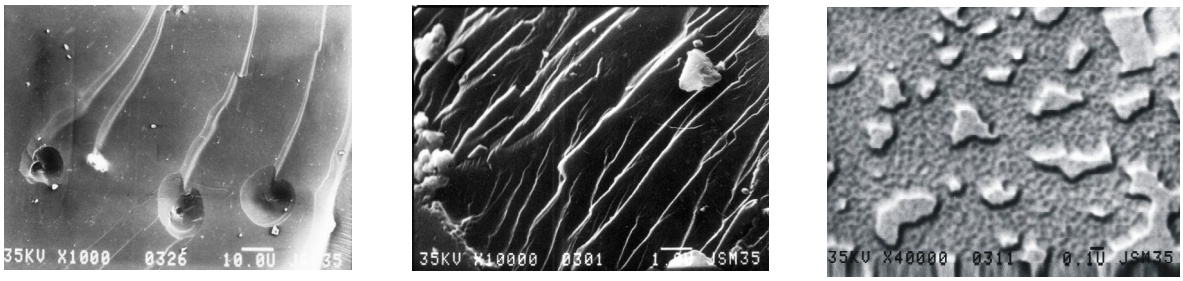


Рис.3. Особенности наноструктуры донецких углей средней стадии метаморфизма, склонных к метановыделению и газодинамическим явлениям: *а* – поры проницаемые, трещины; *б* – трещины; *в* – «оспенная» структура

Выводы

1. В ряду метаморфизма установлены особенности перехода некристаллического вещества в кристаллическое – отдельные элементы организованной структуры углей появляются на средней стадии метаморфизма (4Ж-5К-6Т).

2. Установлена смена видов симметрии в ряду метаморфизма угля: от шарового тела до эллипсоидного некристаллического на стадии каменных углей и до пластинчатого кристаллического на стадии антрацитов.

3. Исследование структуры создает научную основу для оценки метаноносности, подсчета ресурсов, прогноза и предотвращения газодинамических явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобин В.А.* Сорбционные процессы в природном угле и его структура / ИПКОН АН СССР. М., 1987. 135 с.

2. *Ковалева О.В.* Структурная эволюция твердых углеводородов в условиях термального воздействия / УрО РАН. Екатеринбург, 2006. 133 с.

3. *Кирюков В.В.* Молекулярная и надмолекулярная структура углей и метаногенерация / В.В.Кирюков, О.А.Кущ; Геология угольных месторождений. Вып.12. УГГГА. Екатеринбург, 1999. С.257-267.

4. *Кирюков В.В.* Электронно-микроскопические исследования витринита донецких углей с целью прогноза внезапных выбросов угля и газа / В.В.Кирюков, А.М.Брижанев, Н.П.Очкур // Уголь. 1994. № 5. С.44-47.

5. *Малышев Ю.Н.* Фундаментально-прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов / Ю.Н.Малышев, К.Н.Трубецкой, А.Т.Айруни; АГН. М., 2000. 519 с.

Научный руководитель д-р г.-м. н. проф. *В.В.Кирюков*