

УДК [552.574+552.513]:539.217.002.23

Антипович Я.В., магистр
(ИГТМ НАН Украины)**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ АБСОЛЮТНОЙ ПОРИСТОСТИ
УГЛЯ И ПЕСЧАНИКОВ ДОНБАССА****Антипович Я.В.**, магістр
(ІГТМ НАН України)**ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІН ЗАГАЛЬНОЇ ПОРИСТОСТІ ВУГІЛЛЯ ТА
ПІСКОВИКІВ ДОНБАСУ****Antipovich Ya.V.**, M.S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)**REGULARITIES OF COAL AND SANDSTONE ABSOLUTE POROSITY
CHANGES IN DONETSK COAL BASIN**

Аннотация. В статье приведены результаты исследования абсолютной пористости угля и вмещающих пород-песчаников. Исследование основывается на показателях абсолютной пористости угля и песчаников десяти основных геолого-промышленных районов Донбасса. Данные районы включают в себя уголь всех марок и значительно отличаются по тектонической обстановке, что позволяет установить основные закономерности изменения абсолютной пористости пород в зависимости от постдиагенетических и тектонических преобразований. В результате исследования установлено, что для угля характерно уменьшение показателей абсолютной пористости от марки Д до марки Ж. Марки Ж, К и ОС характеризуются стабильно низкими значениями абсолютной пористости угля. Начиная с марки ОС происходит увеличение показателей абсолютной пористости, достигающей 14 % в районе марки А. Исследование абсолютной пористости угля марки Ж в разных тектонически нарушенных районах, показало стабильные значения, что позволяет предположить, что тектоника в меньшей степени влияет на поровое пространство угля. Дополнительно проведен сравнительный анализ изменений абсолютной пористости песчаников и угля. Для песчаников характерно уменьшение абсолютной пористости с увеличением степени катагенеза и тектонических напряжений. Полученные результаты могут быть использованы при дополнительных исследованиях коллекторских свойств основных газосодержащих пород Донбасса.

Ключевые слова: уголь, песчаник, катагенез, абсолютная пористость.

Значительные запасы газа в Донецком бассейне позволяют, по мнению ученых, рассматривать его в качестве газоугольного месторождения. Все чаще речь идет о комплексной разработке месторождения и добычи угольного метана как попутного энергетического сырья [1, 2]. Однако по своим горно-геологическим особенностям Донецкий бассейн значительно отличается от классических газовых месторождений. Несмотря на значительные объемы метана основные газосодержащие породы бассейна обладают повышенной плотностью и небольшими значениями пористости и проницаемости. В связи с этим добыча газа сопряжена с рядом трудностей. Для того чтобы оценить возможность разработки бассейна как комплексного газоугольного месторождения необходимы дополнительные исследования основных параметров газосодержа-

© Я.В. Антипович, 2017

щих пород, которыми для Донецкого бассейна являются уголь и песчаник. Уголь по своей природе может не только вмещать метан, но и генерировать его, в то время как песчаник является основным коллектором газа. Указанные породы значительно отличаются по своим физико-механическим свойствам и соответственно, изменение этих свойств в определенных условиях протекает по-разному.

Коллекторские свойства включают в себя ряд параметров, основными из которых являются пористость, проницаемость, плотность и насыщенность пор флюидами. Совокупность этих параметров определяет качество породы-коллектора. Одним из необходимых параметров при исследовании потенциальных коллекторов является пористость газосодержащих пород.

Под пористостью понимается объем всех сингенетических (первичных) и эпигенетических (вторичных) пустот. Различают абсолютную пористость (суммарный объем всех пустот независимо от их формы, величины и взаимного расположения), открытую пористость (совокупность сообщающихся между собой пор и пустот; объем той пористости, в пределах которой возможно движение жидкости и газов при определенном давлении и температуре), закрытую пористость (совокупность замкнутых, не имеющих между собой сообщения, пор).

Поскольку интересным является вопрос изменения общего объема порового пространства песчаников и угля под действием различных горно-геологических процессов была сформулирована задача, которая заключается в установлении новых закономерностей изменения абсолютной пористости песчаников и угля под влиянием постдиагенетических преобразований и тектонических напряжений, а также в их сравнительном анализе.

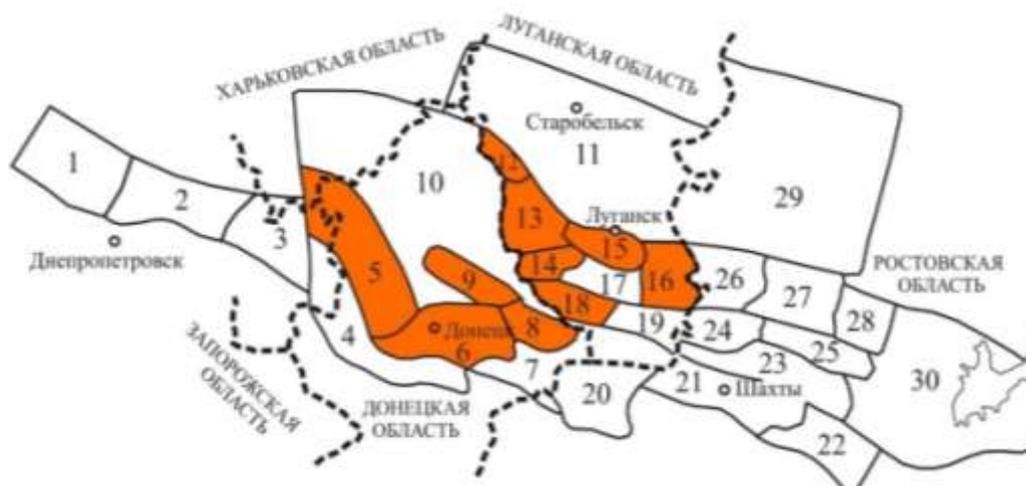
Необходимо отметить, что под постдиагенетическими преобразованиями угля, так же, как и для вмещающих песчаников подразумевается процесс катагенеза. Согласно Справочнику по литологии (под ред. Н.Б. Вассоевича, 1983) для обозначения постдиагенетических изменений органического вещества уместнее использовать термин «катагенез». Стадия катагенеза условно определяется по маркам угля.

На протяжении нескольких десятков лет в ИГТМ НАН Украины учеными проводились комплексные исследования песчаников и угля, результаты которых были направлены на решения проблем выбросоопасности. Были установлены основные закономерности влияния различных факторов на протекание данного процесса. Полученные результаты являются фундаментальными и ложатся в основу дальнейших исследований в области добычи метана как попутного энергетического сырья [3, 4].

В основу данного исследования легли показатели абсолютной пористости, угля и песчаников 10 основных геолого-промышленных районов Донецкого бассейна. Данные районы претерпели разные тектонические напряжения и включают в себя каменный уголь всех марок, от длиннопламенных до антраци-

тов (рис. 1).

На рисунке 2 представлен график отображающий влияние степени катагенеза на изменение абсолютной пористости песчаников и угля. Для песчаников характерно закономерное уменьшение абсолютной пористости с увеличением степени катагенеза пород.



- 1 – Петриковско-Царичанский; 2 – Новомосковский; 3 – Павлоградско-Петропавловский;
 4 – Южно-Донбасский; 5 – Красноармейский; 6 – Донецко-Макеевский; 7 – Амвросиевский;
 8 – Чистяково-Снежнянский; 9 – Центральный; 10 – северо-западные окраины Донбасса;
 11 – Старобельская площадь; 12 – Лисичанский; 13 – Алмазно-Марьевский;
 14 – Селезневский; 15 – Ворошиловградский; 16 – Краснодонский; 17 – Ореховский;
 18 – Боково-Хрустальский; 19 – Должанско-Ровенецкий; 20 – Миусский; 21 – Шахтинско-Несветаевский; 22 – Задонский; 23 – Сулино-Садкинский; 24 – Гуково-Зверевский;
 25 – Краснодонецкий; 26 – Каменско-Гундоровский; 27 – Белокалитвенский; 28 – Тацинский;
 29 – Миллеровский; 30 – Цимлянский.

Рисунок 1 - Схема расположения угленосных районов Донецкого бассейна
(И.А. Кузнецов, 1963)

В условиях раннего катагенеза значения абсолютной пористости песчаников составляет около 18 %. С увеличением глубины и давления пористость значительно уменьшается и для песчаников, вмещающих уголь марки А (поздний катагенез) составляет примерно 2 %. Это обусловлено тем, что с увеличением палеоглубины степень преобразования породы растет, что приводит к уплотнению и соответственно, уменьшению объема порового пространства породы (В.Е. Забигаило и др., 1983).

Для угля характерно значительное уменьшение абсолютной пористости в условиях раннего катагенеза. Значения пористости на данной стадии преобразования изменяются от 15 % до 7 %. Наибольший интерес вызывает средняя подстадия катагенеза, которая характеризуется стабильно низкими значениями абсолютной пористости, колеблющимися в пределах 6 % и дальнейший рост указанных значений с увеличением стадии преобразования. На поздней подстадии катагенеза значения абсолютной пористости достигают 11 % для угля марки А.

Подобная зависимость изменения абсолютной пористости угля с увеличени-

ем степени их преобразования описывается в работе [5]. В данной работе указано, что абсолютная пористость угля уменьшается от марки Б до марки Ж, а затем с увеличением степени преобразования повышается, достигая максимума в угле марки А.

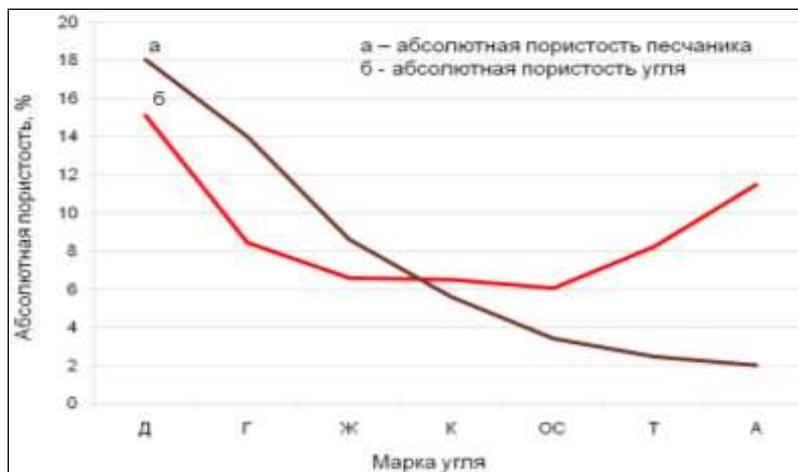


Рисунок 2 - Влияние катагенеза на преобразование абсолютной пористости песчаников и угля Донбасса

Однако, не ясным остается вопрос относительно угля марок Ж, К и ОС для которых, исходя из графика, представленного на рис.2, характерны стабильные значения абсолютной пористости.

На данный момент проводятся дополнительные исследования причин увеличения абсолютной пористости угля на поздней подстадии катагенеза, однако на данном этапе можно предположить, что это связано со структурными преобразованиями, которые влекут за собой увеличение порового пространства. В работе [6] указано, что увеличение порового пространства угольного вещества на поздних стадиях преобразования связано с молекулярными изменениями. Однако, относительно Донецкого бассейна, данный вопрос требует дальнейшего изучения.

На рисунке 3 представлен график отображающий влияние тектонических напряжений на изменение абсолютной пористости песчаников и угля. Для того чтобы исключить влияние катагенетических преобразований был рассмотрен уголь только одной марки Ж (средняя подстадия катагенеза) и вмещающие его песчаники, залегающие в разных, относительно тектоники районах Донбасса.

Для песчаника характерно закономерное уменьшение абсолютной пористости от прибортовых, менее дислоцированных районов бассейна, к центральным, тектонически более дислоцированным. Наименьшие значения абсолютной пористости песчаников характерны для Центрального района бассейна, и составляют примерно 3 %. Для угля такая закономерность не прослеживается, и мы можем видеть стабильные значения пористости, которые колеблются в пределах 6 %, для разных, относительно тектоники, районов.

Анализ графиков на рисунках 2 и 3 подтверждает установленный ранее ученными факт, что на преобразование свойств песчаников главным образом влияет давление, в то время как преобразование угля в большей степени проис-

ходит под влиянием температуры. Таким образом, исследования показали, что тектонические и постдиагенетические процессы по-разному влияют на поровое пространство песчаника и угля.

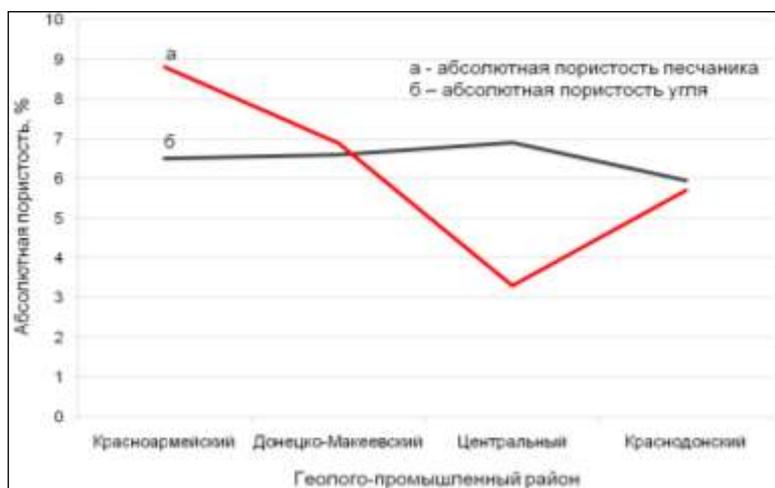


Рисунок 3 - Влияние тектоники на преобразование абсолютной пористости угля марки Ж и вмещающих пород-песчаников

В отличие от песчаника, для которого характерно закономерное уменьшение показателей абсолютной пористости с увеличением степени преобразования пород и тектонической нагрузки, поровое пространство угля в большей степени реагирует на температуру катагенетических изменений и в меньшей степени на тектонику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жикаляк, М.В. Метан вугільних родовищ у локальній енергетиці Донбасу / М.В. Жикаляк // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2002. – № 32. – С. 74-76.
2. Antipovich, Y.V. The perspectives of coalbed methane extraction in the Donets basin / Y.V. Antipovich // Сборник тезисов X междунар. форума студентов и молодых ученых, 23-24 квітня 2015 р. / ДВНЗ «НГУ» – Днепропетровск, 2015. – V. 2. – P. 9.
3. Баранов, В.А. Метод комплексного прогноза выбросоопасности горных пород Донбасса / В.А. Баранов, В.В. Лукинов // Сборник научных трудов НГАУ, 1999. – № 6, Т.1. – С. 102-104.
4. Лукинов, В.В. Тектоника метанноугольных месторождений Донбасса / В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко. – Киев: Наук.Думка, 2008. – 352 с.
5. Пористость и надмолекулярное пространство углей Донбасса и их изменение в связи с проблемами классификации углей и прогноза метаноносности / В.В. Кирюков, Н.В. Жикаляк, О.А. Куш, [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – № 87. – С. 230-235.
6. Rodrigues, C.F. The measurement of coal porosity with different gases / C.F. Rodrigues, M.J. Lemos de Sousa // International Journal of Coal Geology. – 2002. – V. 48. – P. 245–251.

REFERENCES

1. Zhikalyak, M.V. (2002), “Coalbed methane in the local energy of the Donbas”, *Geo-Technical Mechanics*, no.32, p. 74-76.
2. Antipovich, Y.V. (2015), “The perspectives of coalbed methane extraction in the Donets basin”, *Sbornik tezisev X mezhdunarodnogo foruma studentov i molodykh uchenykh* [The 10th International Forum for students and young researchers], NMU, Dnepropetrovsk, Ukraine, vol.2, p.9.
3. Baranov, V.A. and Lukinov, V.V. (1999), “Method of complexe outburst forecast of Donbass rock”, *Collection of scientific papers NGAU*, no.6, vol. 1, p. 102-104.

4. Lukinov, V.V. and Pimonenko, L.I. (2008), *Tektonika metanougolnykh mestorozhdeniy Donbassa* [Tectonics of Donbass methan-coal deposits], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.

5. Kiruykov, V.V., Zhikalyak, M.V., Kysch, O.A., Novgorodceva, L.A. and Novikova, V.N. (2010), "Porosity and supramolecular Donbass coal space and their changes in connection with problems of coal classification and methane forecast", *Geo-Technical Mechanics*, no.87, p. 230-235.

6. Rodrigues, C.F. and Lemos de Sousa, M.J. (2002), "The measurement of coal porosity with different gases", *International Journal of Coal Geology*, vol. 48, p. 245–251.

Об авторе

Антипович Яна Валентиновна, магистр, инженер в отделе геологии угольных месторождений на больших глубинах, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, Yana_Antipovich@ukr.net

About the author

Antipovich Yana Valentinovna, Master of Science (M.Sc.), engineer in Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics name by N. Polyakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, Yana_Antipovich@ukr.net.

Анотація. У статті наведено результати дослідження абсолютної пористості вугілля та пісковиків. Дослідження ґрунтується на показниках абсолютної пористості вугілля та пісковиків десяти основних геолого-промислових районів Донбасу. Ці райони значно відрізняються за тектонікою і містять вугілля всіх марок, що дозволяє встановити основні закономірності зміни абсолютної пористості порід в залежності від постдіагенетичних та тектонічних перетворень. За результатами дослідження встановлено, що для вугілля характерне зменшення показників абсолютної пористості від марки Д до марки Ж. Марки Ж, К і ПС характеризуються стабільно низькими значеннями абсолютної пористості вугілля. Починаючи з марки ПС відбувається збільшення показників абсолютної пористості, що досягає 14 % в районі марки А. Дослідження абсолютної пористості вугілля марки Ж в різних за тектонікою районах, показало стабільні значення, що демонструє менший вплив тектоніки на поровий простір вугілля. Додатково проведено порівняльний аналіз змін абсолютної пористості пісковиків і вугілля. Для пісковиків характерне зменшення абсолютної пористості зі збільшенням ступеня катагенезу і тектонічних напруг. Отримані результати можуть бути використані при додаткових дослідженнях колекторських властивостей основних газовміщуючих порід Донбасу.

Ключові слова: вугілля, пісковик, катагенез, абсолютна пористість.

Abstract. The article presents results of study of absolute porosity of coals and host rock-sandstones. The study is based on the data of coal and sandstone absolute porosity in ten major geological and industrial regions of Donbass. These regions include all coal grades and essentially differ by tectonic conditions, which makes it possible to establish main regularities of change of the rock absolute porosity depending on the post-diagenetic and tectonic transformations. It is established that coal is characterized by absolute porosity decreasing in the conditions of early stage of carbonization (high volatile). The middle stage of carbonization (medium volatile coking) is characterized by stably low values of absolute porosity of coals. At the late stage of carbonization, there is an increase of absolute porosity, which reaches 14% in the anthracite. The study of the absolute porosity of coal in the middle stage of carbonization in different tectonically disturbed areas showed stable values, hence suggesting that tectonics has less effect on the pore space of coals. In addition, a comparative analysis of changes of sandstone and coal absolute porosity was carried out. Sandstones are characterized by decrease of absolute porosity with increase of the katagenesis stage and tectonic stresses. The obtained results can be used for additional studies of reservoir properties of the main gas-bearing rocks of Donbass.

Key words: coal, sandstone, katagenesis, absolute porosity.

Статья поступила в редакцию 20.11.2017

Рекомендовано к публикации д-ром геологических наук Барановым В.А.