

УДК: 553.9:553.061.4:552.513

**В.А. Баранов, В.А. Гончаренко,
Л.Ф. Маметова (ИГТМ НАН Украины)**

**СВЯЗЬ ПЕТРОСТРУКТУРНЫХ КРИТЕРИЕВ И ФАЦИАЛЬНЫХ
УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕСЧАНИКОВ ДОНБАССА С ИХ
МЕТАНОНОСНОСТЬЮ**

Розглянуто вплив петрографічних і фаціальних умов утворення пісковиків Донбасу на їх метаноносність. Визначені основні показники, які вказують на позитивні і негативні параметри метаноносності порід.

**COMMUNICATION OF PETROSTRUKTURAL CRITERIA AND FACIES
TERMS OF FORMING OF SANDSTONES OF DONBASS WITH THEIR
METAN-BEARING**

The influence petrography of parameters and facieses of conditions formation sandstone of Donbass on methane content is considered. The basic parameters are determined which specify positive and negative parameters methane content of breeds.

В последние годы Донбасс рассматривается как углегазовый бассейн, занимающий одно из ведущих мест в мире по запасам метана [1]. Процесс добычи

метана в этом регионе осложнен специфическими свойствами пород, претерпевшими существенные тектонические воздействия в процессе инверсии. Коллекторские и физико-механические свойства пород Донбасса отличаются от таковых в типичных нефтегазовых бассейнах (ДДВ, Прикаспий и др.). Поэтому существующие методики и параметры определения газоносности в нефтегазовых бассейнах для условий Донбасса не приемлемы. В этой связи проблема детального изучения параметров и свойств, наиболее существенно влияющих на газоемкостные характеристики рассматриваемых пород, является актуальной.

Известно, что наиболее газонасыщенными и газогенерирующими осадочными отложениями являются угольные пласты, имеющие метаноемкость до 30-40 м³/т.с.б.м. [2]. На втором месте по метаноемкости стоят песчаники - традиционные коллекторы углеводородов как нефтегазовых, так и углегазовых месторождений [3]. По данным [4], в песчаниках Донбасса метаноемкость достигает 5 м³/м³. Значительные объемы песчаников в регионе исследований изучены ранее, это позволило подсчитать, что ресурсы метана в них такие же, а может и больше, чем в угольных пластах [2, 4].

Кроме указанных литологических типов, метан присутствует и в других породах: аргиллитах, алевролитах, известняках, в воде в растворенном состоянии. Однако, в этих отложениях, на стадиях раннего и среднего катагенеза, газа существенно меньше, чем в углях и песчаниках [5]. По этой причине исследованиями были охвачены песчаники палеорусловых фаций и подводных выносов рек, отличающихся максимально благоприятными коллекторскими параметрами.

Для решения проблемы исследования параметров и свойств, наиболее существенно влияющих на газоемкостные характеристики рассматриваемых пород в региональном плане, были собраны петроструктурные данные по семи геолого-промышленным районам, расположенным по площади с запада, через центральные районы и до восточных окраин Донбасса. Такой подход позволяет проследить возможные литолого-петрографические изменения осадочных отложений в различных структурно-тектонических зонах данного региона.

Для анализа потенциальных условий распределения метана в угленосных отложениях привлекались песчаники нижнего и среднего карбона следующих промышленных районов Донбасса: Павлоградско-Петропавловского (ППР), Красноармейского (КР), Донецко-Макеевского (ДМР), Центрального (ЦР), Алмазно-Марьевского (АМР), Луганского (ЛР), Краснодонского (КДР). Наиболее информативными параметрами, определяющими газонасыщенность пород, по результатам наших предварительных сопоставлений, являются их структура, пористость и минералогический состав. Исходя из этого, исследовались следующие: средние размеры обломочного материала (d), количество цементирующего вещества (С), содержание карбонатов (Карб) и кварца обломочного (Q). Эти показатели наиболее существенно влияют на открытую пористость (Кпор) песчаников [1-6]. Сравнительный анализ указанных районов выполнен по усредненным значениям вышеназванных показателей. В расчетах использовано более 300 проб.

В таблице 1 представлены средние значения указанных выше параметров.

Таблица 1 - Средние значения петроструктурных показателей семи геолого-промышленных районов Донбасса

| Район исследований | Средн. диаметр зерен, d, мм | Пористость, Кпор, % | Цемент, С, % | Карбонат, Карб, % | Кварц, Q, % | Марка угля |
|--------------------|-----------------------------|---------------------|--------------|-------------------|-------------|------------|
| ППР | 0,13 | 10,32 | 34,12 | 10,68 | 51,94 | Г |
| КР | 0,26 | 8,78 | 13,86 | 7,86 | 57,12 | Г-Ж |
| ДМР | 0,25 | 4,83 | 13,72 | 5,87 | 62,43 | Г-ГЖ-Ж-К |
| ЦР | 0,23 | 2,69 | 12,90 | 9,85 | 58,30 | Ж-К |
| АМР | 0,20 | 8,45 | 15,20 | 8,80 | 58,40 | ГЖ |
| ЛР | 0,19 | 5,69 | 17,50 | 6,68 | 56,00 | Г |
| КДР | 0,23 | 5,70 | 11,46 | 9,94 | 52,30 | Г-Ж-К |

Анализ данных, приведенных в таблице позволил установить следующее. Средний диаметр обломочных зерен в пределах Донбасса изменяется незначительно, а повышенные значения этого параметра в Красноармейском и Донецко-Макеевском районах вероятнее всего указывают на близость основного или одного из основных источников сноса терригенного материала, каковым считается Украинский кристаллический Щит [5]. Низкое значение рассматриваемого параметра в отложениях Западного Донбасса (Павлоградско-Петропавловского района), нуждается в более детальном анализе.

Павлоградско-Петропавловский район расположен на западе бассейна и характеризуется промышленным угленакоплением в нижнем карбоне. Этот стратиграфический интервал отличается преобладанием морских отложений. Иными словами, в данное время, для условий рассматриваемого района, более развитыми являются морские фации, которые характеризуются тонко- или мелкозернистыми отложениями, повышенным содержанием глинистых и карбонатных минералов, пониженным содержанием кварца обломочного, а вторичные преобразования пород находятся на ранней степени катагенеза. В других районах уголь отрабатывается из отложений среднего карбона, которые представлены преимущественно континентальными фациями средней степени катагенеза. Описанные отличия хорошо отражаются на комплексе литолого-петрографических параметров (см. табл. 1).

Таким образом, основное отличие среди исследуемых районов по параметру средний диаметр обломочных зерен, заключается в том, что ППР представляет Западный Донбасс, существенно отличающийся от остальных районов Донбасса.

Вторым изученным параметром является открытая пористость. В таблице 1 представлены средние значения пористости, имеющие минимальные параметры для Донецко-Макеевского и Центрального районов. Данные результаты хорошо согласуются с общей тектонической обстановкой Донбасса, в котором максимальным напряжениям в результате инверсионных сжатий подверглись именно Центральный и прилегающие к нему районы. Максимальные значения пористости пород среди изученных районов отмечены в Павлоградско-Петропавловском, угленосные отложения которого находятся на ранней стадии катагенеза и характеризуются минимальным уплотнением.

Параметр «количество цементирующего вещества (С)» у большинства исследованных районов имеет незначительные вариации, в пределах 30 %. Минимальные значения цементирующего вещества отмечены в Краснодонском и Центральном районах, а максимальное значение установлено для Павлоградско-Петропавловского, причем в 2 – 2,5 раза больше чем в других районах Донбасса, что характерно для морских и переходных к ним фаций.

Карбоната, существенно влияющего на пористость и проницаемость, меньше всего в Донецко-Макеевском и Луганском районах, а максимальное количество в Павлоградско-Петропавловском. Интересным представляется факт относительно повышенного содержания карбонатов в отложениях Центрального геолого-промышленного района. Изучение данного факта позволило установить повышенное формирование вторичного микрозернистого карбоната по плагиоклазам и слюдам в результате прогрессивного катагенеза и дополнительных термобарических воздействий. Необходимы дальнейшие исследования условий накопления, формирования и преобразования первичного, вторичного карбоната, а также карбоната, формирующегося в результате разложения кальций содержащих минералов – плагиоклазов, слюд, полевых шпатов.

Средние значения кварца обломочного в различных геолого-промышленных районах отличаются незначительно. Наименьшие значения отмечены в Павлоградском и Краснодонском районах, а наибольшее среднее значение кварца обломочного характерно для Донецко-Макеевского. Данный факт можно объяснить минимальной степенью тектонических напряжений именно в прибортовых районах. Если в этих районах уменьшить пористость за счет дополнительного (тектонического) уплотнения на 15 – 20 %, то, как показывают расчеты, количество обломочного кварца в прибортовых районах будет соизмеримым с таковым в центральных и прилегающих районах.

Для определения степени связи между различными петроструктурными параметрами были рассчитаны значения коэффициентов парной корреляции для шести районов, без Западного Донбасса и для семи районов (с Павлоградско-Петропавловским). В таблице 2 представлены значения коэффициентов корреляции между средними значениями основных петроструктурных показателей для шести геолого-промышленных районов Донбасса.

Таблица 2 - Значения коэффициентов корреляции между средними петроструктурными показателями шести геолого-промышленных районов Донбасса

| | d | Кпор | С | Карб | Q |
|------|--------|---------|--------|--------|--------|
| d | 1,00 | - 0,002 | - 0,65 | - 0,06 | 0,26 |
| Кпор | -0,002 | 1,00 | 0,26 | - 0,12 | - 0,14 |
| С | - 0,65 | 0,26 | 1,00 | - 0,58 | 0,20 |
| Карб | - 0,06 | - 0,12 | - 0,58 | 1,00 | - 0,58 |
| Q | 0,26 | - 0,14 | 0,20 | - 0,58 | 1,00 |

Согласно полученным данным открытая пористость не имеет существенной связи со средним диаметром обломочных зерен, что на первый взгляд противоречит известному факту (увеличение диаметра обломочных зерен влияет на

увеличение открытой пористости). Анализ полученного факта позволяет объяснить это спецификой отбора проб для исследований. Для получения сопоставимых данных отбирались среднезернистые песчаники, относящиеся к фациальной разности подводных выносов рек и потоков. Такая избирательность вероятно и привела к полученному результату.

Относительно высоким получилось значение парной корреляции между количеством цемента и средним диаметром порообразующих зерен, причем с отрицательным знаком ($-0,65$). Такая связь достаточно логична и общеизвестна, чем меньше обломочные зерна осадочной породы, тем больше в ней цементирующего материала, при прочих равных условиях. Так, количество цемента в алевролитах, в среднем, всегда выше, чем в песчаниках. Это связано с генезисом формирования указанных отложений, а поэтому и знак, и величина значения вполне логичны и объяснимы.

Фактическое отсутствие связи среднего диаметра обломочных зерен с карбонатами ($-0,06$) возможно, как и в случае с пористостью и диаметром, объясняется избирательностью пробоотбора (нет мелкозернистых песчаников и алевролитов). Кроме этого, исследовались континентальные и переходные к морским фации, характеризующиеся меньшими объемами именно карбонатов в сравнении с морскими фациями.

Низкое значение корреляционной связи среднего диаметра обломочных зерен с количеством кварца обломочного ($0,26$), по нашему мнению, также объясняется избирательностью пробоотбора. Однако данный результат может еще характеризовать и однотипность источников сноса, ведь известным фактом является существенное преобладание в отложениях Донбасса именно олигомиктовых кварц-полевошпатовых песчаников, а не поли- или мономинеральных разностей.

Такое же низкое значение корреляционной связи ($0,26$), получилось при сопоставлении пористости и цемента. Отсюда можно сделать вывод о том, что на пористость в большей степени влияет диаметр обломочных зерен, степень окатанности и сортировка (два последних параметра мы не исследовали), чем просто количество цемента.

Количество карбонатов и кварца обломочного не имеют существенной связи с пористостью ($-0,12$ и $-0,14$ соответственно), что вероятнее всего характерно именно для исследуемых фациальных отложений.

Достаточно высокая корреляционная связь цемента песчаников с карбонатами ($-0,58$), имеющая отрицательный знак, нуждается в дополнительных исследованиях, особенно полученное отрицательное значение. Вероятно, полученный результат можно объяснить тем фактом, что в понятие цемент карбонат не входил составной частью. Отсюда специфика генетических условий формирования отложений заключалась в противопоставлении составов цементирующего вещества: чем больше карбоната, тем естественно меньше глинистого цемента (слюды и пелитовых частиц).

Из результатов, приведенных в таблице 2, кроме рассмотренных, заслуживает еще внимания существенная корреляционная связь между содержанием карбонатов и обломочного кварца ($-0,58$). Согласно полученным результатам –

чем больше в песчанике содержание кварца обломочного, тем меньше там карбонатов. По нашему мнению, это объясняется генезисом формирования песчаников: карбонат, в основном, является минералом морских глубин, тогда как кварц обломочный – континентальных отложений. Указанное противоречие, вероятно и объясняет как значение связи, так и его знак.

Таблица 3 – Значения коэффициентов корреляции между средними петроструктурными показателями семи геолого-промышленных районов Донбасса

| | d | Кпор | С | Карб | Q |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| d | 1,00 | - 0,51 | - 0,89 | - 0,47 | 0,59 |
| Кпор | -0,51 | 1,00 | 0,65 | 0,25 | - 0,44 |
| С | - 0,89 | 0,65 | 1,00 | 0,39 | - 0,51 |
| Карб | - 0,47 | 0,25 | 0,39 | 1,00 | - 0,71 |
| Q | 0,59 | - 0,44 | - 0,51 | - 0,71 | 1,00 |

С целью сопоставления данных были рассчитаны и проанализированы значения парных корреляционных связей между этими же параметрами, но с учетом Павлоградско-Петропавловского района. Результаты сведены в таблицу 3. Анализ приведенных здесь данных свидетельствует о существенном влиянии на значения парных корреляционных связей привлечение средних петроструктурных показателей из ППР. Изменились все значения, причем в сторону увеличения. Остановимся на наиболее существенных моментах и результатах этих исследований.

Некоторые значения связи поменяли знак на противоположный. Так связь пористости и содержания карбонатов стала положительной (0,25), как и связь содержания цемента с карбонатами (0,39), а значение парной корреляционной связи содержания цемента с количеством кварца обломочного, стало отрицательным и более существенным (-0,51).

Результаты корреляционных связей, приведенные в таблице 3, подробно прокомментированы не будут в силу следующих причин. Отложения Павлоградско-Петропавловского района существенно отличаются от таковых на остальной части Донбасса по минералогическому составу, степени катагенеза, физико-механическим и коллекторским параметрам. Стратиграфически они приурочены к нижнему карбону и поэтому логичнее будет сопоставить полученные петроструктурные данные ППР с подобными в стратиграфическом отношении породами. Отложения нижнего карбона изучены в Южно-Донбасском районе, на поле шахты Красноармейская-Западная-1, на некоторых участках разведки. Дальнейшие исследования по сопоставлению указанных параметров и изучению связей между ними планируется выполнить на базе песчаников нижнего карбона.

В целом, по результатам выполненных исследований, так же как и по мнению других исследователей, открытая пористость угленосных отложений, как и другие рассмотренные петроструктурные параметры, подчиняются общей закономерности изменения свойств пород в Донецком бассейне, что позволяет выделить по крайней мере три основные области изменения рассмотренных характеристик песчаников: прибортовые районы, переходные и центральные, от-

личающиеся степенью проявления инверсионных и, соответственно, тектонических процессов [1, 6].

Таким образом, петроструктурные показатели могут быть использованы для типизации горно-геологических условий промышленной добычи метана с углегазовых месторождений Донбасса, в комплексе с другими параметрами: тектоническими, физико-механическими, горно-технологическими, геофизическими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куш О.И., Кирюков В.В. Перспективы освоения газо-угольных месторождений Донбасса // Геотехническая механика, 2000. - №17. – С. 23-29.
2. Забигайло В.Е. Геологические основы теории прогноза выбросоопасности угольных пластов и горных пород. – К.: Наук. думка, - 164 с.
3. Еременко Н.А., Чилингар Г.В. Геология нефти и газа на рубеже веков. – М.: Наука, 1996. –176 с.
4. Шевелев Г.А. Метаноемкость песчаников, вмещающих угольные пласты // Геотехническая механика, 2000. -№17. – С.204-207.
5. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. - М.: Госгеолтехиздат, 1963, т.1. –1210 с.
6. Справочник по литологии. – М. : Недра, 1983. – 509 с.
7. Забигайло В.Е., Николин В.И. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность. – К.: Наук. думка, 1990. – 168 с.