

Г.А.Шевелев, В.В.Лукинов,
ИГТМ НАН Украины,
г. Днепропетровск

ГАЗОНОСНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД ДОНБАССА

Розглянута газоносність гірничих порід Донбасу та їх перспективність для видобутку метану.

GAS CONTENT OF THE ROCKS IN DONBAS

The gas content in the Donbas rocks and their perspectives for the methane extraction are shown.

Газоносность угольных пластов Донбасса известна. Она составляет в среднем 10-15 м³/т, но может достигать 2030 м³/т. Газообильность шахт, то есть выделение метана на тонну суточной добычи, в несколько раз выше и достигает 100, 150 и даже 200 м куб./т с.д. Столь существенное различие между газоносностью разрабатываемых пластов и газообильностью шахт обусловлено, в основном, наличием в подрабатываемой и надрабатываемой толще пропластков угля. На долю вмещающих пород согласно нормативным документам отводится не более 10 % выделяемого в выработки метана. Однако, на практике, из вмещающих пород выделяется значительно большее количество метана.

Знание газоносности угольных пластов и газообильности шахт необходимо для определения параметров вентиляции, расчета нагрузок на очистные забои и, безусловно, обеспечения безопасности труда шахтеров. Эти вопросы актуальны и сегодня. Возникновение проблемы выбросов песчаника и газа, а в последнее время - промышленной добычи метана и его утилизации из угленосных отложений поставило новые задачи, в том числе более полное определение газоносности вмещающих пород, их коллекторских свойств: пористости, проницаемости, давления газа, сорбционной емкости и др.

Угольные пласты и пропластки составляют не более 5 % суммарной мощности угленосных отложений, в то время как песчаники - до 40 %. Угленосные отложения Донбасса представляют собой мощный комплекс терригенных отложений, в которых в виде отдельных слоев залегают пласты углей и известняков. Терригенные породы обычно слагают 90-95 % угленосного разреза. Они представлены глинистыми породами (аргиллитами), алевроитовыми породами (алевролитами), мелко-, средне-, и крупнозернистыми песчаниками. Гравелиты и конгломераты встречаются крайне редко. С уменьшени-

ем гранулометрического состава пород, от песчаников к аргиллитам, цвет пород, преимущественно серый, постепенно темнеет, что свидетельствует о возрастании количества растительных остатков по мере уменьшения зернистости. Содержание терригенных пород различного гранулометрического состава во всех свитах угленосной формации колеблется без определенных закономерностей. В среднем содержание песчаников изменяется от 16 до 40 %, алевролитов - от 25 до 45 %, аргиллитов - от 22 до 43 %. Песчаники залегают в виде линз и полос, иногда достаточно большой протяженности. Мощность выдержанных песчаников изменяется от 20-30 до 50-70 м. Именно песчаники являются наиболее вероятными коллекторами, способными удерживать метан в свободном состоянии.

Но гранулометрическая классификация пород не отражает катагенетических изменений, происходящих в породах в процессе их погружения на большую глубину, где они подвергаются воздействию давления и температуры. Эти процессы в породах протекают параллельно с процессами метаморфизма в углях, но характеризуются уплотнением, уменьшением открытой пористости, увеличением плотности.

Химический и изотопный состав газов в песчаниках угленосной толщи и угольных пластах идентичен [1], что свидетельствует об образовании и накоплении газа в процессе метаморфизма углей. Поскольку часть пор в песчанике заполнена влагой, среднее количество пор, заполненных газом, составляет 20-30 % от общего количества пор. В выбросоопасных песчаниках количество пор, заполненных газом, составляет 50-80 % [2].

С позиций оценки ресурсов метана, представляющих интерес для промышленного освоения, перспективными являются песчаники выдержанные, мощные, залегающие в зонах развития слабо- и среднеметаморфизованных углей до марок К-ОС, после которых практически исчезает открытая пористость песчаников, а значения общей пористости составляют доли процента.

В ИГТМ НАН Украины на протяжении многих лет ведутся детальные исследования и измерения всей гаммы коллекторских свойств выбросоопасных и невыбросоопасных песчаников Донецко-Макеевского и Центрального района Донбасса: дифференциальной, абсолютной, открытой и закрытой пористости, внутренней удельной поверхности, сорбционной емкости, давления газа на глубинах 800-1200 м, газоносности и газоемкости пород, проницаемости по воде и метану кернов и массива песчаников при различном напряженно-деформированном состоянии. Многие результаты этих исследований опубликованы [3, 4, 5, 6]. Тем не менее при постановке новой проблемы - оценки запасов и добычи метана из угленосных отложений Донбасса возникла необходимость их сопоставления с угольными пластами как в удельном соотношении (на единицу массы или объема), так и в абсолютных значениях.

Это обусловлено следующими факторами. Газоносность угольных пла-

стов принято относить к единице массы ($\text{м}^3/\text{т}$). Однако плотность самих угольных пластов различна (от 1,27 до 1,42 $\text{т}/\text{м}^3$) и по сравнению с песчаниками в 2 раза ниже. Поэтому при сравнительной оценке газоносности углей разных марок и песчаников более правильно относить газоносность не к единице массы, а к единице объема, то есть $\text{м}^3/\text{м}^3$. Еще большая неопределенность возникает при определении запасов метана в различных пустотах и нарушениях, где твердая фаза вещества отсутствует.

Мощность угольных пластов и песчаников отличается на порядок. Если первые изменяются в пределах сантиметров-метров, то вторые - десятков метров. Отсюда следует, что при меньшей газоносности песчаников, общее количество метана в определенных условиях может быть сопоставимым с объемом метана в угольных пластах или даже превышать его.

Некоторые параметры коллекторских свойств углей и песчаников, в частности объемная пористость, примерно одинакова и изменяется в пределах от 3 до 12 %. Но дифференциальная пористость существенно отлична. В песчаниках макро- и субмакропоры занимают до 50 % общего объема пор, в то время как объем микропор не превышает 15 %. Подобное различие структуры порового пространства песчаников и углей объясняет соответствующие отличия их внутренней удельной поверхности и сорбционной емкости. Измеренная внутренняя удельная поверхность песчаников изменялась в пределах 0,7-2,9 $\text{м}^2/\text{г}$, лишь в отдельных пробах достигала значений 4-7 $\text{м}^2/\text{г}$, что на порядок меньше по сравнению с углем. То же касается и сорбционной емкости. Более 90 % метана в песчаниках находится в свободном состоянии.

Давление метана в пластах песчаников, измеренное в пробуренных и загерметизированных скважинах, изменялось от 5 до 11 МПа и в целом соответствовало гидростатическому давлению. В угольных пластах измеренное давление обычно оказывалось меньшим, но это связано скорее с надежностью герметизации самих скважин.

Газоносность выбросоопасных песчаников по нашим данным в среднем составляет 2,6 $\text{м}^3/\text{т}$ или 6,75 $\text{м}^3/\text{м}^3$, и колебалась в пределах 1,5-5,0 $\text{м}^3/\text{т}$ (4-13 $\text{м}^3/\text{м}^3$).

Приведенные параметры коллекторских свойств песчаников важны при оценке запасов метана. Для добычи метана существенное значение имеет их газопроницаемость. Величины проницаемости песчаников в напряженном массиве крайне низкие и составляют 10(-7) - 10(-10) нанометров квадратных, или 10(-4)-10(-7) мД. Начальный дебит метана в скважины не превышал 0,4-2 $\text{см}^3/(\text{с}\cdot\text{дм}^2)$. При частичной разгрузке от напряжений при надработке угольными пластами газопроницаемость и дебит метана возрастают на 2-3 порядка (сто, тысячу раз). Это позволяет ожидать, что ресурсы метана в песчаниках Донбасса могут быть реализованы как энергоносители после определенных воздействий на горный массив: либо горными работами (при под- и надработке), либо гидроразрывом, либо взрывными работами, либо вибро-, акусти-

ческими и другими видами воздействия. В мире уже ведутся крупномасштабные работы по воздействию на низкопроницаемые пласты. В США, например, 80 % всех скважин, пробуренных на нефть и газ, подвергаются гидроразрыву. Однако, и в этом случае необходимо знать исходное состояние коллектора и находящегося в нем флюида, объемы которого не изменяются.

Обобщенная оценка степени заполнения пор песчаников газом (V_r) показали, что значения этого показателя изменяются, уменьшаясь от зоны распространения слабометаморфизованных углей до зон распространения тощих углей и антрацитов. Средние значения V_r песчаников составляют для зон развития углей марки Д - 72,4 %, Г - 67,0 %, Ж - 46,5 %, К - 24,5 %, ОС - 15,5 %, Т - 0,9 %. В этом же направлении уменьшается пористость. К наиболее перспективным, с позиций извлечения метана, можно отнести песчаники, распространенные в зоне развития углей марки Д, Г и Ж.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забигайло В.Е., Широков А.З., Лукинов В.В. Выбросоопасность горных пород Донбасса.- Киев: Наукова думка, 1983.- 279 с.
2. Лукинов В.В., Безручко К.А. Газоносність та газонасиченість пісковиків Донбасу різного ступеня постдіагенетичних перетворень. Геологія і геохімія горючих копалин. N1 (82), с.56-60.
3. Абрамов Ф.А., Шевелев Г.А. Свойства выбросоопасных песчаников как породы-коллектора.- Киев: Наукова думка, 1972.- с. 4.
4. Шевелев Г.А. Динамика выбросов породы газа.- Киев: Наукова думка, 1989.- 160 с.
5. Шевелев Г.А., Забигайло В.Е., Мякенький В.И., Кондратюк И.Т. Коллекторские свойства, газопроницаемость выбросоопасных пород.- В кн.: Выбросы породы и газа.-Киев: Наукова думка, 1971.- с 141-146.
6. Шевелев Г.А. Метаноемкость песчаников, вмещающих угольные пласты.- В кн.: Геотехническая механика, вып.17.- Киев, РВВ НТУ, 2000. - с. 204-208.