

МЕТАНОЕМКОСТЬ ПЕСЧАНИКОВ, ВМЕЩАЮЩИХ УГОЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ

Представлені результати порівняльного аналізу колекторських властивостей газоносних пісковиків та вугільних пластів Донбасу.

Известно, что угольные пласты являются наиболее метаноемкими в угленосной толще, что обусловлено их сорбционными свойствами. До 90% метана, содержащегося в угольных пластах, находится в сорбированном состоянии. Другими основными параметрами коллекторских свойств, определяющими метаноемкость угольных пластов и вмещающих горных пород, являются пористость и давление газа в пласте. Однако, газоотдача природных коллекторов зависит также от их проницаемости, соотношения абсолютной и открытой пористости и суммарной мощности самих пластов. Поэтому при расчетах общих запасов метана угленосных отложений и перспектив его извлечения необходима сравнительная оценка коллекторских свойств угольных пластов и вмещающих пород.

Вторым по значимости источником метана в угленосной толще являются песчаники. Кстати сказать, коллекторами нефтяных и газовых месторождений являются именно песчаники, но они существенно отличаются по пористости и проницаемости от песчаников угольных месторождений.

В ИГТМ НАН Украины проведены обширные многолетние исследования коллекторских свойств песчаников, залегающих на глубинах 600—1100 м в Донецко-Макеевском и Центральном районах Донбасса [1, 2]. Определялись практически все параметры коллекторских свойств: абсолютная, открытая и закрытая пористость; внутренняя удельная поверхность, сорбционная емкость и газоносность песчаников; давление газа в пластах, проницаемость кернов и массива песчаников, а также газовыделение в полевые выработки при различных технологических процессах и при возникновении выбросов породы и газа. Эти исследования проводились в натуральных и лабораторных усло-

виях, в том числе при изменении напряженно-деформированного состояния среды во времени и в пространстве.

Во многих случаях использовались стандартные методики, но при их отсутствии разрабатывались новые.

Абсолютная пористость песчаников Донбасса близка к пористости углей и находится в пределах 3—12 % (в нефтегазоносных песчаниках — до 30—35 %). В выбросоопасных песчаниках она составляет 8—12 %. В невыбросоопасных песчаниках — нижние пределы. Отношение между открытой и абсолютной пористостью составляет в среднем 0.8. Пористость алевролитов — не более 2—3 %.

Определения пористости образцов песчаника в напряженном состоянии показали, что взаимосвязь между этими параметрами линейная при упругом деформировании среды. С повышением нагрузки на образцы до 60 МПа объем открытых пор снижался в среднем от 0.8 (в ненагруженных образцах) до 0.65 по отношению к общему объему пор. Закрытая пористость соответственно возрастала от 0.2 до 0.35. Абсолютная пористость уменьшалась незначительно, пропорционально деформациям.

С использованием ртутной порометрии определяли параметры дифференциальной пористости песчаников. В исследованных образцах радиусы поровых каналов отличались на несколько порядков — от десятков ангстрем до долей миллиметров. Большинство дифференциальных кривых пористости имеет максимум в области субмакропор. Макро- и субмакропоры, представляющие собой фильтрационный объем среды, занимают до 50 % общего объема пор, в то время как объем микропор не превышает 15 %. В этом проявляется существенное различие структуры порового пространства песчаников и углей, с чем связаны их различия внутренней удельной поверхности и сорбционной емкости.

Внутреннюю удельную поверхность песчаников определяли хроматографическим методом тепловой десорбции. Значения этого параметра изменялись от 0.7 до 2.9 м²/г, достигая лишь в отдельных пробах 4—7 м²/г, что соответствует величине внутренней удельной поверхности песчаников нефтеносных месторождений и на порядок ниже по сравнению с углем.

Для определения сорбционной емкости песчаников использовали объемный метод. Изотермы сорбции снимали при температуре 30°C. При давлении свободной фазы метана 6 МПа величина сорбции раз-

личных образцов песчаника не выходила за пределы 0.25—0.65 см³/г, причем зависимость ее от давления газа в диапазоне от 1 до 6 МПа оказалась практически линейной.

Газоносность выбросоопасных пород определяли различными методами: по данным измеренных значений давления газа в загерметизированных скважинах с учетом коллекторских свойств массива; путем прямых измерений в пробах песчаника, отобранных керноотборниками; по результатам определения количества газа, выделяющегося при взрывных работах и выбросах песчаника, отнесенного на тонну разрушенной породы с учетом остаточной газоносности. Пределы изменения природной метаноносности выбросоопасных песчаников колеблются от 1.5 до 5.0 м³/т при среднем значении 2.6 м³/т. В невыбросоопасных зонах природная газоносность песчаников соответственно равна 0.2—1.5 м³/т.

Если учесть, что плотность песчаников почти в два раза выше плотности углей, их газоносность более правильно сопоставлять, относя не к единице массы среды, а к единице объема. Тогда осредненная величина природной метаноносности выбросоопасных песчаников составит 5 м³/м³, т. е. при равенстве давлений метана в угольных пластах и выбросоопасных песчаниках их природная газоносность, отнесенная к единице объема среды, отличается в 4—5 раз. При одинаковой пористости углей и песчаников это отличие обусловлено существенной разницей сорбционного объема коллекторов. В песчаниках 90 % свободного метана и 10 % связанного.

Естественную влажность коллекторов в большинстве случаев выражают весовым соотношением. Но поскольку присутствие влаги в значительной мере изменяет емкостные и фильтрационные параметры среды, более характерным показателем следует признать степень заполнения объема пор водой. При весовой влажности песчаников 0.3—1.2 % степень насыщения объема пор водой составила в среднем 33 %.

Фильтрационные параметры песчаников определяли в лабораторных и шахтных условиях. Лабораторные эксперименты проводили на установке УИПК-1м, которая позволяет в широких пределах изменять граничные условия. Перепад давления газа на образцах регулировали от 0.02 до 0.6 МПа/см, а усилие гидрообжима образцов — от 1.5 до 20 МПа. В этих условиях скорость фильтрации, приведенная к атмосферному давлению, изменялась на три порядка: от 0.1 до 5·10⁻⁴ см/с, а дебит газа — от 0.05 до 10 см³/(с·дм²).

Газопроницаемость в разгруженных образцах составляла 10^{-4} — 10^{-5} пм^2 , или 10^{-1} — 10^{-2} миллиарда. С ростом нагрузки на образцах газопроницаемость снижалась на 1—2 порядка по экспоненциальному закону.

Результаты наблюдений в природных условиях показали, что начальный уровень газовыделения в скважины, пробуренные и загерметизированные в нетронutom массиве, изменялся в пределах 0.4 — 2 $\text{см}^3/(\text{с}\cdot\text{дм}^2)$, что соответствует линейной скорости фильтрации у поверхности обнажения 0.004 — 0.02 $\text{см}/\text{с}$. Газопроницаемость пород в массиве составляла 10^{-7} — 10^{-10} пм^2 , или 10^{-4} — 10^{-7} мд.

Зная объем выделившегося метана, давление газа в массиве, пористость пород и геометрические размеры загерметизированных камер в скважинах, рассчитывали зону дренирования. За месяц контур питания скважин не удалялся от их поверхности на расстояние более нескольких десятков сантиметров.

Измеренные значения давления газа в скважинах, пробуренных в выбросоопасных песчаниках, составляли 5 — 11 МПа.

Снижение напряжений в результате частичной разгрузки массива приводит к резкому увеличению газопроницаемости и скорости фильтрации газа. Дебит метана в скважины возрастает от 0.1 — 0.2 до 10 — 20 $\text{см}^3/(\text{с}\cdot\text{дм}^2)$, т. е. на два порядка. Скорость фильтрации при этом достигала 0.1 — 0.2 $\text{см}/\text{с}$.

Обобщая приведенные данные, следует отметить, что угольные пласты и песчаники как коллекторы близки между собой по пористости, давлению насыщающего их метана и влажности. Однако структура порового пространства существенно различна. Этим обусловлены значительные отличия других коллекторских свойств: внутренней удельной поверхности, сорбционной емкости, газоносности и проницаемости.

Вместе с тем, необходимо учитывать, что мощность песчаников может на порядок превышать мощность угольных пластов. Поэтому в объемном отношении количество метана, находящегося в угольных пластах и вмещающих породах, соизмеримо между собой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Ф.А., Шевелев Г.А. Свойства выбросоопасных песчаников как породы — коллектора.— К.: Наукова думка, 1972.— 98с.
2. Шевелев Г.А. Динамика выбросов угля, породы и газа.— К.: Наукова думка, 1989.— 159 с.