

УДК 622.817.43

## **К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТРОЛЬНЫХ СКВАЖИН**

### **TO THE QUESTION OF DETERMINING GASDYNAMIC CHARACTERISTICS OF CONTROL WELLS**

Шевченко Леонид Андреевич, профессор, д.т.н.  
(КузГТУ, г. Кемерово)

Shevchenko Leonid Andreevich, professor, doctor of engineering sciences.  
(KuzSTU, Kemerovo)

Рассматривается вопрос о роли контрольных скважин при определении газодинамических характеристик угольных пластов при подготовке их предварительной дегазации. В соответствии с требованиями нормативных актов угольный пласт до начала разработки должен быть дегазирован до достижения остаточной газоносности  $13 \text{ м}^3/\text{т}$ . Для расчета необходимого количества скважин, способных обеспечить заданный уровень снижения природной газоносности требуется знать условия газоотдачи пласта, которые можно определить только по контрольной скважине. Данные, получаемые с контрольной скважины, с высокой степенью достоверности могут, применяться и для скважин основной серии.

**Ключевые слова:** угольный пласт, скважина, дегазация, дебит газа, газопроницаемость, фильтрация, остаточная газоносность пласта.

The question of the role of control wells in determining the gas-dynamic characteristics of coal seams in the preparation of their preliminary degassing is considered. In accordance with the requirements of regulatory enactments, the coal seam must be degassed before the start of development until a residual gas content of  $13 \text{ m}^3 / \text{t}$  is reached. To calculate the required number of wells capable of providing a given level of reduction in natural gas content, it is required to know the conditions for gas recovery of the formation, which can only be determined from the control well. The data obtained from the control well, with a high degree of reliability, can be applied to wells of the main series.

**Key words:** coal seam, well, degassing, gas flow rate, gas permeability, filtration, residual gas content of the seam.

В современных условиях подземной разработки угольных пластов особое значение приобретает более детальное исследование их газодинамических особенностей, начиная от природной газоносности и кончая газопроницаемостью. Эти показатели важны с точки зрения оценки способности пласта к газоотдаче при создании искусственных поверхностей обнажения, когда встает вопрос о его дегазации скважинами. Для определения указанных ве-

личин целесообразно использовать так называемые контрольные скважины, по замерам на которых можно получить достаточно надежные данные о газодинамических характеристиках угольного пласта. Контрольная скважина должна иметь те же геометрические параметры, что и скважины для проектируемой дегазации, включая ориентацию в пласте. Учитывая, что газовыделение в контрольную скважину имеет два этапа: первый – газовыделение в процессе бурения, второй – после его окончания, наиболее информативным является второй этап, когда дебит скважины формируется за счет газового дренирования прискважинной зоны пласта и имеет тенденцию к постоянному снижению (рис. 1).

Падающая ветвь кривой дебита газа в скважину может быть описана разными функциями, однако, на наш взгляд, наиболее удобной в этом случае является экспоненциальная функция вида

$$q_i = q_0 e^{\beta t} \quad (1)$$

где  $q_0$  – дебит газа в момент достижения проектной длины скважины, м<sup>3</sup>/сут;  $\beta$  – коэффициент, характеризующий темп снижения дебита газа, 1/сут;  $t$  – время, сут.

Темп снижения дебита газа в скважину зависит как от природной газосносности пласта, так еще в большей степени от его газопроницаемости. Взяв значение дебита газа в любой момент времени, можно рассчитать и скорость фильтрации метана к внутренней поверхности скважины по формуле

$$V = \frac{q_i}{\pi d l_{скв}} \quad (2)$$

где  $q_i$  – дебит газа на любой момент времени, м<sup>3</sup>/сут;  $d$  – диаметр скважины, м;  $l_{скв}$  – длина скважины, м.

Рассчитанное значение скорости фильтрации метана в массиве позволяет определить его газопроницаемость по формуле Дарси

$$V = \frac{k}{\mu} \frac{dP}{dR}, \text{ м/сут} \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент газопроницаемости, м<sup>2</sup>;  $\mu$  – вязкость метана, Па с;  $\frac{dP}{dR}$  – градиент давления газа в направлении фильтрации, Па/м.

Пренебрегая знаком «минус», который указывает лишь вектор течения газа в направлении, противоположном росту давления, можем получить формулу для расчета коэффициента газопроницаемости угольного массива

$$K = \frac{\nu \cdot \mu \cdot R}{(P_1 - P_2)} \quad (4)$$

где  $P_1$  – давление в скважине, Па;  $P_2$  – давление на контуре питания, Па;  $R$  – радиус влияния скважины на момент замера, м.

Заменив постоянные величины их числовыми значениями, и приведя их к системе СИ, получим

$$K = \frac{\mu \cdot q_0 R}{86400 \pi d l_{c\kappa e} (P_1 - P_2)}, \text{ м}^2 \quad (5)$$

где  $q_0$  – дебит скважины в момент окончания бурения,  $\text{м}^3/\text{сут}$ .

Из формулы (5) видно, что основным фактором, определяющим газопроницаемость угольного пласта, является дебит газа. С течением времени он монотонно снижается, но одновременно растет радиус влияния скважины в массиве, вследствие этого коэффициент газопроницаемости сохраняет относительное постоянство.

Однако если дебит газа в скважину в любой момент времени может быть определен путем непосредственного замера у ее устья, то радиус ее влияния в массиве, также изменяющийся во времени, рассчитывается по формуле (6), полученной путем решения уравнения материального баланса газа, выделившегося в скважину и десорбированного из прискважинного массива.

$$R = \sqrt{\frac{2q_0 d (1 - e^{-\beta t})}{\beta \gamma (X_0 - X_1)}} \quad (6)$$

где  $d$  – диаметр скважины, м;  $\gamma$  – плотность угля,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $X_0, X_1$  – соответственно газоносность в массиве и у стенок скважины,  $\text{м}^3/\text{т}$ .

Выразив газоносность через давление газа по известной зависимости Лэнгмюра, получим

$$R = \sqrt{\frac{2q_0 d (1 - e^{-\beta t})}{\beta \gamma a b \left( \frac{P_0}{1 + bP_0} - \frac{P_1}{1 + bP_1} \right)}}, \text{ м} \quad (7)$$

где  $a, b$  – константы сорбции данного пласта,  $\text{м}^3/\text{т}$ ,  $1/\text{Па}$ ;  $P_0, P_1$  – соответственно газовое давление в массиве и у стенок скважины, Па.

В заключение следует отметить, что контрольная скважина является своего рода индикатором для получения всех основных газодинамических характеристик угольного пласта, как, впрочем, и все остальные скважины проектируемой серии, однако базовые параметры проекта дегазации пласта принимаются по контрольной скважине. Впоследствии возможны корректировки параметров и режима дегазационной системы, если по замерам других скважин основной серии будут возникать большие отклонения от значений, полученных на контрольной скважине, что маловероятно при предварительной дегазации угольного пласта, не подвергавшегося разгрузке от горного давления.

Данный подход способствует накоплению базы данных по конкретному угольному пласту, разрабатываемому конкретной шахтой, которые будут наиболее адекватно отражать их газодинамические особенности на все время разработки и использоваться при проектировании дегазации других участков этого же пласта. Следует считать целесообразным формированием банка данных по разным пластам, которые впоследствии будут служить справочным материалом при решении различных задач, направленных на обеспечение аэрологической безопасности угольных шахт в условиях непрерывного роста нагрузок на очистной забой и резкого повышения их производительности.

#### Список литературы

1. Ромм Е.С. Фильтрационные свойства трещиноватых горных пород. М.: Недра. – 1966. – 283 с.
2. Тарасов Б.Г., Мащенко И.Д., Рябченко А.С. О фильтрующей модели угольного пласта. // Вопросы рудничной аэрологии: КузПИ. – Кемерово. 1967 – Вып. I. – С. 71-78.
3. Керкис Е.Е. Методы изучения фильтрационных свойств горных пород. – М.: Недра, 1975. – 230 с.
4. Родин Р.И. Особенности повышения газопроницаемости угольных пластов / Р.И. Родин, М.С. Плаксин // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Научно-технический журнал. – Кемерово, 2016. – № 1. – С. 42-48.
5. Ковалев, В.А. Формирование дебита газа в длинные скважины при направленном бурении / В.А. Ковалев, В.Ю. Гришин, Л.А. Шевченко // Вестник КузГТУ. – 2013. – № 4. – С. 58-60.
6. Шевченко Л.А., Гришин В.Ю. Дегазация выработанных пространств длинными скважинами / Известия вузов. Горный журнал. – 2014. – № 2. – С. 10-11.
7. Shevchenko L.A. Debit gas in well as a comprehensive indicator of gas permeability of the coal seam // В сборнике Coal in 21st Century: Mining Processing and Safety, 2016 – pp. 184-187.

8. Шевченко Л.А. Математическое моделирование газодинамического состояния угольного пласта в зоне влияния скважины в процессе бурения / Вестник КузГТУ № 1. – 2016. С. 67-70

9. Постановление Правительства РФ № 315 от 25.04.2011 «О допустимых нормах содержания взрывоопасных газов (метана) в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при которых дегазация является обязательной».