

После проведения пневмогидродинамического воздействия скважина была подключена к дегазационному трубопроводу.

Скважина Ш-1355 глубиной 1260 м на интервале перфорации пересекает угольные пласты m_6^2 (0,4 м), m_6^1 (0,3 м), m_5^1 (0,4 м), m_4^3 (0,7 м) и m_4 (0,4 м) и 9 пластов песчаника суммарной мощностью 123 м.

Выполнено свабирование скважины до глубины 800 м и осуществлены 3 цикла пневмогидродинамического воздействия с давлением нагнетания 4 МПа. По техническим причинам дальнейшее воздействие произвести не удалось и воздействие с достигнутыми параметрами не явилось эффективным. Однако, следует обратить внимание на то, что приток газа в скважину происходил даже при давлении нагнетания 1 МПа, что свидетельствует о кратковременной расколматации массива за счет перераспределения колматационного материала без разрушения скелета газового коллектора.

Таким образом, проведенные работы подтвердили эффективность применения пневмогидродинамического воздействия с целью интенсификации дегазации массива ПДС. На МТ-336 при нулевом дебите до воздействия скорость движения газа удалось повысить до 23,4 м/с и поднять дебит до 2,5 тыс. м³/сут. На МТ-338 газовыделение увеличилось до 10,0 тыс. м³/сут, а давление в скважине достигало 1,8 МПа. Общее количество метана, поступившее в дегазационный трубопровод из этих скважин благодаря проведенному воздействию, на сегодняшний день превысило 1 млн. м³.

В связи с тем, что эти скважины находятся в зоне влияния очистных работ, целесообразно после падения газовыделения из них повторно провести работы по интенсификации притока газа пневмогидродинамическим воздействием.

УДК 553.17: 622.357

Канд. геол.-мин. наук Л.Л. Шкуро
(ИГТМ НАН Украины)

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ГАЗОНОСНОСТИ ПЕСЧАНИКОВ ДОНБАССА

У роботі приводиться прогнозна оцінка газонасності пісковиків на основі досліджень показників відкритої, абсолютної, ефективної пористості та ступеню заповнення пор газом і вологості, визначених у гірничих виробках для різних шахт.

FORECASTING ESTIMATION OF GAS CONTENT IN SANDSTONES OF DONBAS

The writing presents forecasting estimation of gas content in sandstones on the basis of researched parameters of open, absolute, effective porosity, level of gas filling of pores and humidity that were defined in workings of mines of different geo-industrial regions of Donbas.

В настоящее время как известно, метан который поступает в горные выработки, можно эффективно использовать для решения народно – хозяйственных задач. Поэтому в свете решения новых проблем по добыче шахтного метана возникают вопросы, связанные прежде всего с прогнозной оценкой газонасности пород в результате ведения горных работ.

Основными параметрами, отражающими метаноносность пород, являются их коллекторские свойства.

Важнейшим показателем коллекторских свойств пород является пористость. При этом важно знать информацию об открытой пористости, так и об абсолютной и эффективной пористости. Именно газоотдача природных коллекторов зависит от соотношения абсолютной и открытой пористости, а эффективная пористость дает возможность учитывать заполнение пор газом, исключая при этом ту часть порового пространства, которая заполнена водой [1, 2].

Однако пористость не дает полной информации о газоносности песчаников, так как характеризует лишь его емкость, доступную флюидам, но при этом не отражает характера флюида. Поэтому при изучении коллекторских свойств, необходимо также исследовать показатели, которые отражают газоемкостные свойства (степень заполнения пор газом V_r) и влажность. Влажность песчаников играет важную роль при изучении коллекторских свойств, так как газ занимает не весь объем открытых пор. Часть этого пространства заполнена жидким флюидом, чаще всего водой, но иногда, особенно на нефтеконденсатных месторождениях, жидкими углеводородами. Определение показателя влажности необходимо также для расчета эффективной пористости [2, 3].

Исследования проводились в пределах шахт им. А.Г. Стаханова, Краснолиманская, Красноармейская-Западная, Новогородовская, Кураховская, им. А.А. Скочинского, Комсомолец и Самсоновская-Западная, расположенных в Красноармейском, Донецко-Макеевском, Центральном и Краснодонском геолого-промышленных районах. На этих шахтах в различное время производились горные работы и проводился отбор проб песчаников, которые вмещают угли марок Г, Ж, К.

Сведения о количестве проб песчаников, с учетом мест отбора, приведены в табл. 1. Анализ табл. 1 показывает, что наибольшее количество проб было отобрано в забоях горных выработок шахты им. А.Г. Стаханова и значительно меньшее количество проб на шахтах Красноармейская-Западная, Краснолиманская, Кураховская, Новогородовская, им. А.А. Скочинского, Комсомолец, Самсоновская-Западная.

По отобраным пробам были определены такие показатели коллекторских свойств как абсолютная ($K_{абс.}$), открытая ($K_{ол}$) и эффективная ($K_{эф.}$) пористости, степень заполнения пор газом (V_r) и весовая влажность (W). На основе полученных данных по всем шахтным пробам были рассчитаны средние значения показателей абсолютной пористости, коэффициента открытой и эффективной пористости, степени заполнения пор газом и влажности с учетом мест отбора и количества проб.

Анализ имеющихся материалов показывает, что значения абсолютной, открытой и эффективной пористости, степени заполнения пор газом и влажности изменяются в различных пределах.

Таблица 1 – Сведения о количестве проб песчаников, отобранных из забоев горных выработок

Шахта	Марка угля	Индекс песчаника	Глубина, м	Количество проб
им. А.Г. Стаханова	Г	$k_8^*Sl_1$	986	65
			1136	8
Красноармейская-Западная	Ж	d_3Sd_4	593	25
		$d_4Sd_4^1$	708	30
Краснолиманская	Г	$k_5Sk_5^1$	770	5
		K_9Sk_7	730	10
Кураховская	Г	ℓ_1Sl_3	550	20
Новгородовская	Г	$k_8^*Sl_1$	704	20
им. А.А. Скочинского	Г	$h_4Sh_6^1$	1200	9
Комсомолец	К	κ_8Sk_5	960	8
Самсоновская-Западная	Г	$\kappa_1Sk_2^1$	956	35

На шахте им. А.Г. Стаханова определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника $k_8^*Sl_1$, отобранными в забоях горных выработок на горизонтах 986 м и 1136 м, близлежащие угли относятся к марке Г. Песчаник $k_8^*Sl_1$ по геолого-геофизическим данным разделен на два слоя.

Размах значений абсолютной пористости изменяется в пределах 10,2-14,8 %, коэффициент открытой пористости от 8,5 до 11,5 % и коэффициент эффективной пористости от 5,4 до 9,2 %. Исследуемый песчаник $k_8^*Sl_1$ по коллекторским свойствам характеризуется высокими значениями абсолютной и открытой пористости.

При этом показатели открытой и эффективной пористости отличаются незначительно, что указывает на то, что песчаник обладает пониженными значениями влажности, которая существенно влияет на газоносность пород. Это говорит о том, что песчаник $k_8^*Sl_1$ по показателям абсолютной, открытой и эффективной пористости является газоносным.

Исследование характера изменения значений степени заполнения пор газа и влажности показали, что они колеблются в широких пределах от 25,1 до 81,9 %. Значения показателя влажности варьируют в пределах 1,4 – 3,4 %.

Следует отметить, что при одном и том же значении пористости 8,6 % для верхнего слоя (проба 4085) и нижнего слоя (проба 4113), значения степени заполнения пор газом отличаются почти в 2 раза и составляют для верхнего слоя 59,6 %, а для нижнего соответственно - 24,5 %. Показатели влажности для этих проб также отличаются и составляют 1,50 % для пробы 4085 и 2,86 % для пробы 4113. При этом степень заполнения пор газом различна не только для отдельных слоев песчаника, но и для проб отобранных в пределах одного слоя, в одном и том же забое (вентиляционный квершлаг № 2, пикет 12 + 1 м), но на различном расстоянии по нормали от почвы песчаника (пробы 4084, 4285,

4086). Степень заполнения пор газом изменяется от 34,4 до 59,6 %, тогда как коэффициент открытой пористости колеблется от 8,1 до 9,1 %, влажность от 1,5 до 2,2 %.

На основании проведенных исследований по шахте им. А.Г. Стаханова можно сделать вывод, что песчаник $k_8^*Sl_1$ характеризуется высокими значениями как абсолютной, так открытой и эффективной пористости. Степень заполнения пор газом для большинства проб песчаников превышает 50 %, а влажность ниже 2%. Это свидетельствует о том, что песчаник $k_8^*Sl_1$ относится к газоносным и только отдельные слои песчаника являются негазоносными.

На шахте Краснолиманская определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаников $k_5Sk_3^1$ и K_9Sk_7 , отобранными в забоях горных выработок на горизонтах 730 м и 780 м. Марка угля Г.

Значения коэффициента открытой пористости, определенные по отдельным пробам, колеблются в пределах от 2,4 до 10,2 %, тогда как средние значения, рассчитанные по отдельным горным выработкам, изменяются в диапазоне 5,4 – 9,6 %. Это говорит о неоднородности песчаников, что влияет на его газоносные свойства. Абсолютная и эффективная пористость отличается незначительно от коэффициента открытой пористости. Показатель влажности изменяется от 0,8 до 2,7 %, что указывает на то, что песчаники не обладают повышенной влажностью. Степень заполнения пор газом колеблется от 0 до 50 % и только две пробы характеризуются газонасыщенностью более 50 %.

На шахте Красноармейская-Западная определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаников d_3Sd_4 и $d_4Sd_4^1$, отобранными в забоях горных выработок на горизонтах 593 м и 708 м. Близлежащие угли относятся к марке Ж. Мощность песчаника d_3Sd_4 , по которому проходили горные выработки, в среднем составляет 15 м и по геолого-геофизическим данным разделен на два слоя – верхний (мощность 10 м) и нижний (мощность 5 м).

Средние значения коэффициента открытой пористости, определенные по пробам, отобранными в отдельных горных выработках, варьируют в широких пределах от 4,7 до 15,4 %. Значения абсолютной пористости незначительно отличаются от открытой пористости. Эффективная пористость изменяется в широких пределах от 2,7 до 10,3 %. Следовательно, песчаник d_3Sd_4 по коллекторским свойствам является неоднородным. Влажность песчаника, определенная по отдельным пробам, так же, как и пористость, изменяется в широких пределах от 0,9 до 6,8 %. Наибольшим значением открытой пористости, как правило, соответствуют максимальные значения влажности. Степень заполнения пор газом изменяется от 21,4 до 29,8 %, то есть песчаник характеризуется низкими значениями степени заполнения пор газом. Следовательно, песчаник d_3Sd_4 является в основном негазоносным.

Мощность песчаника $d_4Sd_4^1$ изменяется от 10 до 20 м. Значения коэффициента открытой пористости, в отличие от песчаника d_3Sd_4 , изменяются в пределах от 5,6 до 7,6 %, а абсолютной пористости от 5,8 до 9,1 %. Эффективная пористость изменяется в пределах 2,7 - 5,7 %. Показатели влажности колеблются от 0,6 до 3,4 %, а степень заполнения пор газом

варьирует в широких пределах от 12,5 до 41,2 %. При этом средние значения коэффициента открытой пористости песчаника d_3Sd_4 выше, чем песчаника $d_4Sd_4^1$ (почти в два раза). Песчаник d_3Sd_4 характеризуется более высокими значениями влажности, чем песчаник $d_4Sd_4^1$. Средние значения степени заполнения пор газом, как для песчаника d_3Sd_4 , так и для песчаника $d_4Sd_4^1$ характеризуются в целом, низкими значениями (12 – 41 %).

На шахте Кураховская определение коллекторских свойств проводилось по пробам, которые отобраны в горных выработках песчаника ℓ_1Sl_3 на горизонте 550 м. По геолого-геофизическим данным песчаник разделен на три слоя.

Значения коэффициента открытой пористости для различных слоев песчаника ℓ_1Sl_3 колеблются в пределах от 7,7 до 19,6 %. Такой разброс значений коэффициента открытой пористости свидетельствует о неоднородности песчаника ℓ_1Sl_3 . При этом нижний слой характеризуется меньшими значениями коэффициента открытой пористости (8,5 – 16,7 %) по сравнению со средним слоем (15,7 – 18,2 %). Коэффициент абсолютной пористости, также как и коэффициент открытой пористости песчаника, варьирует в широких пределах. Минимальные значения абсолютной пористости составляют 14,7 %, максимальные 31,7 %. Нижний слой характеризуется средними значениями абсолютной пористости 18,5 %, средний – 26,5 %, то есть абсолютная пористость среднего слоя в целом выше, чем нижнего слоя. Влажность песчаника находится в пределах 4,5 – 7,3 % для нижнего слоя и достигает 8,4 – 8,5 % для верхнего, то есть песчаник обладает повышенной влажностью. Высокие показатели влажности песчаника ℓ_1Sl_3 дают возможность предположить о низкой его газоносности. Степень заполнения пор газом нижнего слоя песчаника ℓ_1Sl_3 незначительна, ее значения не превышают 26,6 %, для среднего слоя, также невысокие значения степени заполнения пор газом. Средние значения коллекторских свойств также свидетельствуют о низкой газоносности песчаника ℓ_1Sl_3 и высокой влажности.

На шахте Новогородовская определение коллекторских свойств проводилось по пробам, отобранными в горных выработках песчаника L_1Sl_1 на горизонте 650 м. По геолого-геофизическим данным песчаник разделен на три слоя. Мощность верхнего слоя составляет 8 – 12 м, среднего – 5 – 7 м, нижнего – 6 – 10 м. Марка угля Г.

Значения абсолютной пористости изменяются в широких пределах. Минимальные значения абсолютной пористости составляют 9,6 %, максимальные 18,6 %, средние значения 13,3 % для проб, отобранных в забое уклона № 1 третьей ступени. Значения коэффициента открытой пористости для различных слоев песчаника колеблются в пределах от 2,8 до 12,5 %. Такой разброс значений коэффициента открытой пористости свидетельствует о неоднородности песчаника L_1Sl_1 , что в значительной степени ухудшает газоносность песчаника. Средние значения эффективной пористости для уклона № 1 третьей ступени составляет 5,9 % и для кваршлага № 23 – 7,0 %. Средние значения показателя влажности песчаника, определенные по пробам,

отобранными в забое уклона № 1 третьей ступени составляет 1,4 %, а средние значения влажности, определенные в кваршлагае № 23 составляет 5,5 %. Степень заполнения пор газом изменяется от 0 до 69,7 %, то есть песчаник L_1Sl_1 характеризуется различной газоносностью.

На шахте им. А.А. Скочинского определение коллекторских свойств проводилось по пробам, которые отобраны в песчанике $h_4Sh_6^1$ на горизонте 1200 м. Марка угля Г. Мощность песчаника $h_4Sh_6^1$, по которому проходили горные выработки составляет 50 – 60 м. В этом песчанике зарегистрировано наибольшее количество выбросов пород и газа, произошедших на шахте им. А.А. Скочинского. Учитывая то, что одним из факторов, определяющим выбросоопасность является наличие в порах пород газа, то песчаник $h_4Sh_6^1$ относится к категории газоносных. Это подтверждается и результатами определения коллекторских и газоемкостных свойств. Среднее значение коэффициента открытой пористости составляет 7,5 %, эффективная пористость 6,4 % при низкой влажности 1,1 %. Степень заполнения пор газом по всем пробам превышает 50 % и составляет в среднем 68,3 %.

На шахте Комсомолец определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника $k_4^2Sk_5$, которые отобраны в забое первого западного штрека на горизонте 960 м. Марка угля К. По отобранным пробам выполнено определение коллекторских свойств песчаников. Результаты определения показывают, что песчаник характеризуется низкими значениями пористости, а также влажностью. Степень заполнения пор газом не превышает 30 %, то есть песчаник является негазоносным.

На шахте Самсоновская-Западная определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника $k_2Sk_2^1$, отобранными в забоях горных выработок на глубине 956 м. Марка угля Г. Мощность песчаника в среднем составляет 14 м и представлен одним слоем.

По отобранным пробам выполнено определение коллекторских свойств песчаников. Результаты исследований показывают, что средние значения коэффициента открытой пористости, которые рассчитаны по пробам, отобранных в различных горных выработках изменяются в пределах от 1,4 до 5,1 %, а значения эффективной пористости от 1,1 до 4,9 %, то есть песчаник характеризуется низкими коллекторскими свойствами. Значения показателя влажности, определенные по пробам, варьируют от 0,3 до 2,2 %. Степень заполнения пор газом различна для отдельных слоев и колеблется от 5,4 до 41,9 %, что указывает на то, что песчаник не обладает повышенной газоносностью.

По полученным результатам можно предположить, что наиболее газоносными являются песчаники центральной части Красноармейского геолого-промышленного района (шх. им. А.Г. Стаханова). Исследуемый песчаник $k_8^2Sl_1$ по коллекторским свойствам характеризуется высокими значениями абсолютной и открытой пористости. При этом показатели открытой и эффективной пористости отличаются незначительно, что указывает на то, что песчаники обладают пониженными значениями влажности, которая существенно влияет на газоносность пород.

К северо - западу (шахты Красноармейская - Западная и Краснолиманская) и юго - востоку (шахты Новогородовская и Кураховская) коллекторские свойства

песчаников или увеличиваются, или уменьшаются, то есть песчаники обладают переменной газоносностью.

На шахте им. А.А. Скочинского песчаник $h_4Sh_6^1$ характеризуются высокими значениями степени заполнения пор газом, а также показатели абсолютной, открытой и эффективной пористости, которые незначительно отличаются между собой, что свидетельствует о газоносности песчаника. Повышенная газоносность песчаника $h_4Sh_6^1$ на шах. им. А.А. Скочинского может в значительной степени объясняться влиянием глубины залегания. Горные выработки в песчанике $h_4Sh_6^1$ проводятся на глубине 1200 м. Как известно, глубинный фактор существенно влияет на метаноносность пород.

В Центральном районе (шах. Комсомолец) песчаники обладают низкими значениями пористости, степени заполнения пор и относятся к негазоносным.

В Краснодарском районе (шах. Самсоновская-Западная) исследуемый песчаник $k_2Sk^1_2$ обладает невысокими значениями абсолютной, открытой, эффективной пористости и степени заполнения пор газом, что указывает на то песчаник не может отнесен к газоносным.

Таким образом песчаники, вмещающие угли марки Г, Ж, К и залегающие в различных геолого-промышленных районах можно рассматривать как газоносные, с переменной газоносностью и негазоносные. К газоносным относятся песчаники, если показатели абсолютной, открытой, эффективной пористости характеризуются высокими и стабильными значениями и незначительно отличаются между собой. К песчаникам с переменной газоносностью относятся песчаники, если показатели абсолютной, открытой, эффективной пористости характеризуются высокими, но нестабильными значениями, при этом эффективная пористость значительно отличается от коэффициента открытой пористости, то есть песчаники характеризуются повышенной влажностью К негазоносным относятся песчаники с низкими значениями абсолютной, открытой, эффективной пористости и влажности. К последним относятся песчаники, вмещающие угли марки К и залегающие в основном в Центральном районе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевелев Г.А. Метаноносность песчаников, вмещающих угольные пласты // Геотехническая механика. -- 2000. -- № 17. -- С. 204 - 207.
2. Лукинов В.В., Клец А.П. и др. Фильтрационные параметры коллектора - углепородного массива, подработанного горными выработками // Геотехническая механика. -- 2002. -- № 37. -- С. 74 - 79.
3. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Широков А.З. Выбросоопасность горных пород Донбасса. -- К.: Наукова думка, 1988. -- 247 с.