

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ, ВЛИЯЮЩИХ НА МЕТАНОНОСНОСТЬ ПЕСЧАНИКОВ

В роботі приведені результати досліджень абсолютної, відкритої, ефективної пористості та газопроникливості, які є основними показниками колекторських властивостей, що впливають на метаноносність пісковиків

STUDIES OF BASIC INDEXES COLLECTOR PROPERTIES, WHICH TO INFLUENCE ON METHANOGENETIC SANDSTONES

In work there are the resulted results of researches of indexes of absolute, opened, effective porosity and gas-penetrability, which largely influence on methanogenetic sandstones.

Известно, что песчаники являются основными коллекторами на газовых месторождениях. Однако на угольных месторождениях они – вторые по значимости источники метана в угленосной толще. Основным отличием их от песчаников газовых месторождений является то, что они существенно отличаются по коллекторским свойствам, а именно – по пористости и газопроницаемости. Поэтому пористость и газопроницаемость относятся к основным показателям, влияющим на метаноносность песчаников.

При этом важно иметь информацию как об открытой пористости, так и об абсолютной и эффективной пористости. Именно газоотдача природных коллекторов зависит от соотношения абсолютной и открытой пористости. Отмечено, что для районов развития слабометаморфизованных углей величина коэффициента открытой пористости по отношению к абсолютной составляет 80 %, в высокометаморфизованных углях она ниже - примерно 60-70 %. Это связано прежде всего с тем, что с увеличением катагенетических преобразований в песчаниках увеличивается количество закрытых и труднодоступных для флюидов пор. Эффективная пористость дает возможность учитывать заполнение пор газом, исключая при этом ту часть порового пространства, которая заполнена водой [1, 2].

Газопроницаемость горных пород играет важную роль при изучении коллекторских свойств горных пород. Проведенные ранее исследования газопроницаемости песчаников в лабораторных условиях показали, что значения коэффициента газопроницаемости песчаников колеблется в широких пределах и закономерно уменьшаются от районов развития менее метаморфизованных углей к более метаморфизованным. Определение газопроницаемости в лабораторных условиях является процессом трудоемким. Поэтому чаще всего газопроницаемость определяют эмпирическим путем. Проведенными исследованиями Лидина Г.Д. [3] и Забигаило В.Е [1] установлено, что газопроницаемость изменяется по логарифмической зависимости от значений открытой пористости. Учитывая эти исследования, авторы работы [4] установили зависимость между значениями коэффициента открытой пористости ($K_{o.n}$) и коэффициентом газопроницаемости (K_{np}), которая имеет вид:

$$K_{np} = e^{0,3 K_{o.n.} - 4,91} \quad (1)$$

Определение пористости и газопроницаемости песчаников проводилось по пробам песчаников, отобраным в забоях горных выработок шахт им. А.Г. Стаханова, «Краснолиманская», «Красноармейская-Западная», «Новгородовская», «Кураховская», им. А.А. Скочинского, «Комсомолец», им. К.А. Румянцева и «Самсоновская-Западная», которые расположены в Красноармейском, Донецко-Макеевском, Центральном и Краснодонском геолого-промышленных районах. На этих шахтах в различное время проводился отбор проб песчаников, которые вмещают угли марок Г, Ж, К. Сведения о количестве проб песчаников, с учетом мест отбора, приведены в табл. 1.

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	$k_8^h Sl_1$	986	75
			1136	10
Красноармейская-Западная	Ж	$d_3 Sd_4$	593	25
			$d_4 Sd_4^1$	708
Краснолиманская	Г	$k_5 Sk_5^1$	770	11
			$K_9 Sk_7$	730
Кураховская	Г	$l_1 Sl_3$	550	20
Новгородовская	Г	$L_1 Sl_1$	704	20
им. А.А. Скочинского	Г	$h_4 Sh_6^1$	1200	9
им. К.А. Румянцева	К	$k_8^h Sl_1$	970	15
Комсомолец	К	$k_4 Sk_5$	960	8
Самсоновская-Западная	Г	$k_2 Sk_2^1$	956	35

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», «Новгородовская», им. А.А. Скочинского, им. К.А. Румянцева, «Комсомолец» и «Самсоновская-Западная».

По отобраным пробам были определены такие показатели коллекторских свойств, как абсолютная, открытая и эффективная пористости и газопроницаемость. На основе полученных данных по всем шахтным пробам были рассчитаны средние значения абсолютной пористости, коэффициента открытой и эффективной пористости и газопроницаемости с учетом мест отбора и количества проб.

Анализ имеющихся материалов показывает, что значения абсолютной, открытой и эффективной пористости и газопроницаемости изменяются в различных

пределах. На шахте им. А.Г. Стаханова определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника $k_8^*Sl_1$, отобранным в забоях горных выработок на горизонтах 986 м и 1136 м, близлежащие угли относятся к марке Г.

Размах значений абсолютной пористости изменяется в пределах 10,2 - 14,8 %, коэффициента открытой пористости от 8,5 до 11,5 % и коэффициента эффективной пористости от 5,4 до 9,2 %. Это говорит о том, что песчаник $k_8^*Sl_1$, по показателям абсолютной, открытой и эффективной пористости характеризуются высокими значениями, которые существенно отличаются между собой, что может свидетельствовать о газоносности песчаника. Газопроницаемость песчаников колеблется от 0,09 до 0,21 мД.

На шахте «Краснолиманская» определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаников $k_5Sk_5^1$ и K_9Sk_7 , отобранным 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 их газоносные свойства. Абсолютная и эффективная пористость отличается незначительно от коэффициента открытой пористости. Газопроницаемость песчаников изменяется в пределах от 0,03 до 0,15 мД.

На шахте «Красноармейская-Западная» определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаников d_3Sd_4 и $d_4Sd_4^1$, отобранным в забоях горных выработок на горизонтах 593 м и 708 м, близлежащие угли относятся к марке Ж.

Средние значения коэффициента открытой пористости, определенные по пробам песчаника d_3Sd_4 , 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 %. Газопроницаемость песчаников изменяется в пределах от 0,04 до 0,64 мД. Следовательно, песчаник d_3Sd_4 по коллекторским свойствам является неоднородным.

Значения коэффициента открытой пористости песчаника $d_4Sd_4^1$ 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 изменяются в пределах 2,7-5,7 %. Показатель газопроницаемости колеблется от 0,03 до 0,13 мД.

Анализ средних значений коэффициента открытой пористости и газопроницаемости песчаников d_3Sd_4 и $d_4Sd_4^1$ показывает, что средние значения коэффициента открытой пористости песчаника d_3Sd_4 выше, чем песчаника $d_4Sd_4^1$ (почти в два раза).

На шахте «Кураховская» определение коллекторских свойств проводилось по пробам, которые отобраны в горных выработках песчаника l_1Sl_3 на горизонте

550 м. Средние значения $K_{o,п}$ вычисленные по пробам, изменяются в пределах 11,3 - 17,9 %. Такой разброс значений коэффициента открытой пористости свидетельствует о неоднородности песчаника. Коэффициент абсолютной пористости также, как и коэффициент открытой пористости песчаника, варьирует в широких пределах. Газопроницаемость изменяется в пределах 0,03 до 1,56 мД.

На шахте «Новгородовская» определение коллекторских свойств проводилось по пробам, отобраным в горных выработках песчаника L_1Sl_1 на горизонте 704 м. Значения абсолютной пористости изменяются в широких пределах. Минимальные значения абсолютной пористости составляют 9,6 %, максимальные 18,6 %, средние значения 13,5 % для проб, отобранных в забое уклона №1 третьей ступени. Значения коэффициента открытой пористости 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 квершлага №23 – 7,0 %. Газопроницаемость изменяется в пределах 0,06 до 0,32 мД.

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. 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. Средние значения коэффициента открытой пористости составляют 7,5 %, эффективной пористости 6,4 % и газопроницаемости 0,07 мД.

На шахте Комсомолец определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника k_4Sk_5 , которые отобраны в забое первого западного штрека на горизонте 960 м. Марка угля К. По отобраным пробам выполнено определение коллекторских свойств песчаников. Результаты определения показывают, что песчаник характеризуется низкими значениями абсолютной, открытой и эффективной пористости. Средние значения абсолютной пористости составляет соответственно 4,8 %, открытой – 3,4 %, эффективной – 2,4 % и газопроницаемости 0,02 мД.

На шахте им. К.А. Румянцева определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника $k_8^hSl_1$, которые отобраны в выработки 114, первом и втором забоях на горизонте 970 м. Марка угля К. По отобраным пробам выполнено определение коллекторских свойств песчаника. Результаты определения показывают, что песчаник характеризуется низкими значениями абсолютной, открытой и эффективной пористости. Средние значения открытой пористости изменяются от 1,4 до 3,5 %, эффективной – 1,1 – 3,3 % и газопроницаемости от 0,01 до 0,02 мД.

На шахте «Самсоновская-Западная» определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника $k_2Sk_2^1$, отобранных в забоях горных выработок на глубине 956 м. Марка угля Г. По отобраным пробам выполнено определение коллекторских свойств песчаника. Результаты определения показывают,

что средние значениями коэффициента открытой пористости изменяются в пределах от 1,4 до 5,1 %, значения эффективной пористости от 1,1 до 4,9 % и газопроницаемости от 0,01 до 0,05 мД, то есть песчаник характеризуется низкими коллекторскими свойствами.

По полученным результатам исследований основных коллекторских свойств песчаников можно сделать выводы, что песчаники характеризуются различными показателями абсолютной, открытой, эффективной пористости и газопроницаемости как в забоях горных выработок различных шахт, так и в пределах одной шахты. Это свидетельствует о том, что песчаники обладают различной метаноносностью.

Наиболее газоносными являются песчаники центральной части Красноармейского геолого-промышленного района (шх. им. А.Г. Стаханова). 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 песчаники обладают пониженными значениями влажности, которая существенно влияет на газоносность пород. Газопроницаемость характеризуется невысокими, но стабильными значениями, что является основанием считать песчаник $k_8^*Sl_1$ газопроницаемым по всей толще песчаника.

К северо-западу (шахты «Красноармейская-Западная» и «Краснолиманская») и юго-востоку (шахты «Новгородовская» и «Кураховская») коллекторские свойства песчаников или увеличиваются, или уменьшаются, то есть песчаники обладают переменной газоносностью.

На шахте им. А.А. Скочинского показатели абсолютной, открытой и эффективной пористости незначительно отличаются между собой, что свидетельствует о газоносности песчаника. Повышенная газоносность песчаника $h_4Sh_6^1$ на шх. 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 (шахта им. К.А. Румянцева и «Комсомолец») песчаники обладают низкими значениями абсолютной, открытой, эффективной пористости и газопроницаемости и относятся к негазоносным.

В Краснодонском районе (шахта «Самсоновская-Западная») песчаник $k_2Sk^1_2$ обладает невысокими значениями абсолютной, открытой, эффективной пористости и газопроницаемости, что указывает на то, что песчаник не может быть отнесен к газоносным.

Таким образом, к основным показателям, по которым можно определять газоносность пород, относятся пористость и газопроницаемость. По пористости и газопроницаемости песчаники, вмещающие угли марки Г, Ж, К и залегающие в различных геолого-промышленных районах, можно разделить на три группы - газоносные, с переменной газоносностью и негазоносные:

– к газоносным относятся песчаники с показателями абсолютной (10-14 %),

открытой (8-11 %), эффективной (6-8 %) пористости и газопроницаемости (0,11-0,24 мД), то есть которые характеризуются высокими и стабильными значениями и незначительно отличаются между собой;

– к песчаникам с переменной газоносностью относятся песчаники с показателями абсолютной (5-27 %), открытой (6-17 %), эффективной (3-12 %) пористости и газопроницаемости (0,01-1,57мД), то есть характеризуются высокими, но нестабильными значениями;

– к негазоносным относятся песчаники с низкими значениями абсолютной (4-7 %), открытой (2-4 %), эффективной (1-3 %) пористости и газопроницаемости (0,01-0,02 мД). К последним относятся песчаники, вмещающие угли марки К и залегающие в основном в Центральном районе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забигаило В.Е., Широков А.З. Проблемы геологии газов угольных месторождений.– К.: Наукова думка, 1972. – 172 с.
2. Шевелев Г.А. Метаноносность песчаников, вмещающих угольные пласты // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2000. – Вып. 17. – С. 204-207.
3. Лидин Г.Д., Айруни А.Т., Бессонов Ю.Н., Смирнов Н.С. Исследование закономерностей дегазации разрабатываемых, подрабатываемых угольных пластов.– М.: Издательство Института физики Земли АН СССР. – 84 с.
4. Лукинов В.В., Клец А.П. и др. Фильтрационные параметры коллектора-углепородного массива, подрабатанного горными выработками // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2002. – Вып. 37. – С. 74-79.

**КРИТЕРИИ АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ
С НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СТРУКТУРОЙ
И АЭРОДИНАМИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Запропоновано критерії адекватності математичних моделей вентиляційних мереж вугільних шахт їх реальному стану та обґрунтовано можливість їх використання під час розрахунків повітророзподілу у вентиляційних мережах.

**YARDSTICK OF ADEQUACY OF MATHEMATICAL SAMPLE PIECES OF
VENTILATION SYSTEMS OF COAL MINES WITH UNCERTAIN
PATTERN AND AERODYNAMIC ARGUMENTS**

The yardsticks of adequacy of mathematical sample pieces of ventilation systems of coal mines to their actual state are proposed and the possibility of their usage is justified during calculations air-distribution in ventilation systems.

В условиях угольных шахт степень достоверности информации об аэродинамических параметрах шахтной вентиляционной сети (ШВС) связана со значительной протяженностью горных выработок, высокой динамичностью и недостаточной обусловленностью (неопределенностью) топологических структур. Помимо этого, несовершенство существующих измерительных средств и недостаточная оснащенность ими участков вентиляции и техники безопасности (ВТБ) существенно затрудняют оперативный контроль аэродинамических параметров в сложных многовентиляторных системах. Также следует отметить, что в ряде ветвей ШВС (погашаемых выработках, путях утечек воздуха) измерения расходов воздуха затруднительны, а в ряде случаев и невозможны, что обуславливает необходимость построения математической модели ШВС в условиях неопределенности исходных данных.

Начальные положения теории математического моделирования ШВС были разработаны А.Д. Багриновским [1, 2]. Математическая модель воздухораспределения представлена в этих работах общеизвестными законами сетей (законами Кирхгофа).

В настоящее время построение математической модели ШВС выполняется в несколько этапов [3]:

1. Проведение замеров воздуха и депрессии в выработках ШВС.
2. Определение рабочих характеристик вентиляторов главного проветривания (ВГП).
3. Построение топологической модели ШВС.
4. Определение аэродинамического сопротивления горных выработок и путей утечек воздуха по результатам замеров воздуха и депрессии.
5. Анализ результатов моделирования на ПЭВМ. Оценка адекватности модели.
6. Корректировка аэродинамических сопротивлений элементов математиче-