

рице сил системы, устанавливается признак продолжения итераций. На каждой последующей итерации расчет приводит к увеличению напряжений и деформаций. Затем добавленные напряжения отнимаются путем обратных вычислений. Повторение итераций производится до тех пор, пока каждый элемент изучаемой схемы при рассчитанном значении напряжений не будет иметь деформацию, соответствующую деформационной модели насыщенной газом породы.

Таким образом, разработан метод и новая технология компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния пород, включающие учет внутрипластовых газовых давлений, которые применимы при отработке параметров горных работ на глубинах ниже зоны газового выветривания. Предложенный метод более полно учитывает физическую сущность деформационных процессов в газонасыщенном массиве горных пород, и, вследствие этого, обладает повышенной достоверностью прогноза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закономерности изменения газовой проницаемости горных пород при переходе их из равнокомпонентного объемного напряженного состояния в разнокомпонентное / В. Г. Перепелица, В. С. Кулинич, Г. А. Шевелев, В. В. Лукинов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2004. – Вып №. 61. – С. 12 – 17.
2. Лукинов В. В. Моделирование процесса выброса угля и метана вблизи тектонических нарушений / В. В. Лукинов, А. П. Круковский, В. В. Круковская // Матер. междунар. конф. «Форум горняков – 2007». Днепропетровск: РИК НГУ, 2007. – С. 63 – 69.
3. Кулинич В. С. Влияние разгрузки и дегазации выбросоопасного массива песчаника на изменение его механических / В. С. Кулинич, Г. А. Шевелев // Уголь. – 1978. – № 3. – С. 26 – 27.
4. Аникиев К. А. Аномально высокие пластовые давления в нефтяных и газовых месторождениях / К. А. Аникиев. М. : Недра, 1964. – 361с.
5. Фадеев А. Б. Метод конечных элементов в геомеханике / А. Б. Фадеев. – М. : Недра, 1987. – 221 с.
6. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М. : Мир, 1975. – 238 с.

**УДК 553.17:622.357**

Канд. геол. – мин. наук Л. Л. Шкуро,  
вед. инж. Г. Н. Горбачева  
(ИГТМ НАН Украины)

#### **ОЦЕНКА ГАЗОНОСНОСТИ ПЕСЧАНИКОВ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ, С УЧЕТОМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРИСТОСТИ И ВЛАЖНОСТИ**

Встановлені кількісні критерії зміни пористості, вологості і ступеню заповнення пор газом, які пропонується враховувати при прогнозній оцінці газоносності пісковиків у вуглепородному масиві.

#### **RATE OF GAS-CONTAIN OF SANDSTONES IS IN THE MOUNTAIN MAKING TAKING WITH INDICATOR ARE TAHE ACCOUNT OF POROSITY AND HUMIDITY**

Are presented the quantitative criteria of change porosity, humidity and degree of filling of pores to gas, which it is leted to take into account a gas-contain of sandstones in a coalroch array.

В настоящее время в свете решения новых задач по добыче шахтного метана возникают вопросы, связанные прежде всего с определением закономерностей изменения газоносности в результате ведения горных работ, разработки модели и механизма формирования газовых техногенных скоплений метана в массиве горных пород.

Газоносность песчаников во многом определяется их коллекторскими и газоемкостными свойствами, в частности, пористостью, степенью заполнения пор газом, а также влажностью. Влажность играет важную роль при изучении газоносности горных пород, потому что коэффициент открытой пористости не дает полной информации о газоемкости песчаника, так как характеризует лишь ее емкость доступную флюидам, но при этом не отражает характера флюида [1]. Поэтому при оценке газоносности песчаников необходимо учитывать и показатель массовой влажности.

Изучению изменения пористости, степени заполнения пор газом и влажности уделено большое внимание в работах [1-4].

Однако, несмотря на то, что исследования проведены по большому количеству фактического материала, конечной целью их являлось использование показателей пористости и степени заполнения пор газом для прогноза выбросоопасности пород.

Поэтому исследование таких показателей газоносности, как пористость, степень заполнения пор газом и влажности, при оценке газоносности песчаников является актуальным вопросом.

Исследование проводились по пробам песчаников, отобранных из горных выработок шахт: им. А. Г. Стаханова, Краснолиманская, Красноармейская - Западная, Кураховская, Ново - Гродовская, им. А. А. Скочинского, Октябрьский – Рудник, Комсомолец, им. К. А. Румянцева, Самсоновская - Западная. Песчаники вмещают угли марок Г, Ж, К и относятся, в основном, к русловым и подводных выносов рек.

Шахты находятся на территории Красноармейского, Донецко - Макеевского, Центрального и Краснодонского геолого-промышленных районов и расположены в различных структурно-тектонических зонах. На этих шахтах в различное время производились горные работы и отбор проб, по которым определены коэффициент открытой пористости (К<sub>о.п</sub>), степень заполнения пор газом (V<sub>г</sub>) и показатель массовой влажности (W).

Всего было исследовано по шахтам: им. А.Г. Стаханова – 53 пробы, Краснолиманская – 15 проб, Красноармейская – Западная – 45 проб, Кураховская – 21 проба, Ново – Гродовская – 15 проб, им. А.А. Скочинского – 15 проб, Октябрьский – Рудник – 12 проб, им. К.А. Румянцева – 12 проб, Комсомолец – 6, Самсоновская – Западная – 33 пробы. Определение коэффициента открытой пористости, степени заполнения пор газом и показателя массовой влажности проводилось в рамках проведения работ по региональному и локальному методам прогноза выбросоопасности горных пород.

На шахте им. А.Г. Стаханова определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника  $k_8^h Sl_1$ , отобранными в забоях горных выработок на горизонте 986 м, близлежащие угли относятся к марке Г.

Средние значения коэффициента открытой пористости изменяются от 8,4 до 11,5 %. Степень заполнения пор газом в песчанике  $k_8^h Sl_1$  в забое вентиляционного квершлага № 1 (пикет 28+2 м), в котором произошел выброс пород и газа, составляет 81,6 %, тогда как в воздухоподающем стволе этот показатель составляет всего лишь 32,3 %. Значения массовой влажности песчаника варьируют в пределах от 1,4 % до 3,3 %.

При этом установлено, что в диапазоне изменения пористости от 8,6 % до 10,2 % степень заполнения пор газом изменяется от 60 % и выше при показателе влажности меньше 2,0 %, то есть такие песчаники являются газоносными [5]. При показателе влажности больше 2 % в диапазоне изменения пористости от 8,4 % до 11,5 % степень заполнения пор газом не превышает 50 %, то есть такие песчаники относятся к не газоносным.

На шахте Краснолиманская определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаников  $k_5 Sk_5^1$  и  $K_9 Sk_7$ , отобранными в забоях горных выработок на горизонтах 730 м и 780 м. Марка угля ГЖ.

Средние значения коэффициента открытой пористости, определенные по пробам песчаников  $k_5 Sk_5^1$  и  $K_9 Sk_7$ , значительно отличаются между собой. Песчаник  $K_9 Sk_7$  характеризуется более высокими показателями открытой пористости, чем песчаник  $k_5 Sk_5^1$ , что указывает на то, что песчаники обладают различными коллекторскими свойствами. Степень заполнения пор газом в песчанике  $k_5 Sk_5^1$  колеблется от 19 до 62 %, а в песчанике  $K_9 Sk_7$  – в пределах 30,6 – 38,4 %. Песчаники характеризуются различной влажностью. Влажность песчаника  $k_5 Sk_5^1$  меньше 2 %, а песчаника  $K_9 Sk_7$  больше 2 %. При этом максимальное значение степени заполнения пор газом соответствует открытой пористости 8,4 % и влажности 1,2 %, а минимальные значения соответствуют влажности 1,1 % и пористости 4,1 %.

На шахте Красноармейская - Западная определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаников  $d_3 Sd_4$  и  $d_3 Sd_4^1$ , отобранных в забоях горных выработок на горизонтах 593 м и 708 м, близлежащие угли относятся к марке Ж.

Средние значения открытой пористости песчаника  $d_3 Sd_4$  варьируют в пределах 9,1 - 14,9 %. Влажность песчаника, определенная по отдельным пробам, изменяется в широких пределах от 1,6 до 5,2 %. Наибольшим значениям открытой пористости, как правило, соответствуют максимальные значения влажности. Степень заполнения пор газом изменяется от 21,4 до 57,3 %, то есть песчаники обладают переменной газоносностью.

Средние значения открытой пористости песчаника  $d_3 Sd_4^1$  изменяется от 4,7 до 9,7 %. Показатели влажности колеблются от 1,7 до 3,6 %, степень заполнения пор газом варьирует в пределах 12,5 - 62,1 %.

Анализ коллекторских свойств 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). 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 %) и только несколько проб достигают значений более 50 %.

Сопоставление данных по пористости, влажности и степени заполнения пор газом для отдельных проб показывает, что при открытой пористости равной 8,7 % и влажности 0,9 %, степень заполнения пор газом достигает 74,3 %, а при влажности больше 2 % степень заполнения пор газом изменяется от 0 до 46,8 %.

Результаты выполненных исследований подтверждают ранее полученные выводы по шахте им. А. Г. Стаханова и Краснолиманская, что при низких значениях показателя влажности (меньше 2 %) степень заполнения пор газом характеризуется высокими значениями, а при влажности больше 2 % – низкими значениями.

На шахте Кураховская определение коллекторских свойств проводилось по пробам, которые отобраны в горных выработках песчаника  $l_1Sl_3$ , на горизонте 550 м. Марка угля Г.

Значения коэффициента открытой пористости песчаника  $l_1Sl_3$  колеблются в пределах от 11,3 до 17,9 %. Такой разброс значений коэффициента открытой пористости свидетельствует о неоднородности песчаника  $l_1Sl_3$ . Средние значения влажности песчаника находятся в пределах 4,9 - 9,7 %. Высокие показатели влажности песчаника  $l_1Sl_3$  дают возможность предположить о низкой его газоносности. Средние значения степени заполнения пор газом песчаника  $l_1Sl_3$  изменяется в пределах от 0 до 46,8 %, что свидетельствуют о низкой газоносности песчаника  $l_1Sl_3$ . Результаты исследований показали, что при высоких показателях пористости и влажности, степень заполнения пор газом не превышает и 50 %.

На шахте Ново - Гродовская определение коллекторских свойств проводилось по пробам, отобраным в горных выработках песчаника  $L_1Sl_1$  на горизонте 650 м. Марка угля Г.

Средние значения коэффициента открытой пористости для различных горных выработок колеблются в пределах от 8,4 до 12,5 % и влажности песчаника, определенные по пробам, отобранными в забое уклона № 1 третьей ступени составляют 1,4 %, уклона № 4 – 5,5 % и в квершлагае № 23 – 1,5 %. Степень заполнения пор газом изменяется от 0 % для проб, отобранных в забое уклона № 4 до 61,6 % для проб, отобранных в забое уклона № 1, то есть песчаник  $L_1Sl_1$  характеризуется различной газоносностью. При этом газоносным песчаник является в том случае, когда влажность не превышает 2 %, а открытая пористость изменяется в пределах 8,4 – 12,5 %.

На шахте им. А.А. Скочинского отбор проводился 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 проходила главная воздухоподающая выработка 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 свойств песчаника  $h_4Sh_6^1$ .

Средние значения коэффициента открытой пористости составляют 7,5 %, при низкой влажности 1,3 %. Степень заполнения пор газом составляет в среднем 68,5 %.

На шахте Октябрьский - Рудник определение коллекторских свойств проводилось по пробам, отобраным в горных выработках песчаника  $m_2Sm_4$  на горизонте 995 м. Песчаник  $m_2Sm_4$  характеризуется высокими значениями степени заполнения пор газом (72,1 – 89,4 %). При этом значения открытой пористости находятся в пределах 7,1 – 8,4 %, влажность 0,6 – 1,2 %.

Анализ полученного материала по шахтам им. А. А. Скочинского и Октябрьский – Рудник свидетельствует, что при влажности песчаников меньше 2 % и коэффициенте открытой пористости больше 7 % степень заполнения пор газом выше 50 % и песчаники относятся к категории газоносных.

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 пористости, а также влажностью. Степень заполнения пор газом не превышает 30 %.

На шахте им. К. А. Румянцева определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника  $k_8^uSl_1$ , которые отобраны в выработках на горизонте 970 м и 1090 м. Марка угля К. По отобраным пробам выполнено определение коллекторских свойств песчаника. Результаты определения показывают, что песчаник характеризуется низкими значениями открытой пористости. Средние значения открытой пористости изменяются от 1,4 до 3,5 %. Степень заполнения пор газом не превышает 30 %, то есть песчаник является не газоносным.

На шахте Самсоновская - Западная, которая находится в Краснодонском геолого - промышленном районе, определение коллекторских свойств проводилось по пробам песчаника  $k_2Sk_2^1$ , отобраным в забоях горных выработок на глубине 956 м. Марка угля Г.

Результаты исследований показывают, что средние значения коэффициента открытой пористости в пределах от 1,5 до 6,7 %, значения показателя влажности, определенные по пробам, варьируют от 0,3 до 2,2 %. Степень заполнения

газом различна для отдельных слоев и колеблется от 5,4 до 41,9 %, что указывает на то, что песчаник не обладает повышенной газоносностью.

Таким образом, анализ средних значений Ко.п., V<sub>г</sub>, W для каждой шахты, показал, что при определенном соотношении пористости и влажности, степень заполнения пор газом может достигать минимальных и максимальных значений. Если влажность песчаника меньше 2 %, а пористость колеблется в пределах 7-11 %, то степень заполнения пор газом превышает 50 %, что указывает на то, что такие песчаники газоносны, а если влажность больше 2 %, при тех же значениях пористости, значения степени заполнения пор газом не превышает 50 % и песчаник относится к не газоносным. В случае, если влажность меньше 2 %, а пористость изменяется от 5 % до 7 %, то песчаник характеризуется переменной газоносностью и степень заполнения пор газом изменяется в пределах от 40 % до 60 %, а для песчаников с влажностью больше 2 % степень заполнения пор газом не превышает 40 %. Для песчаников с низкими значениями коэффициентов пористости (1-5 %) и влажностью меньше 2 % показатель степени заполнения пор газом достигает всего 30 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забигайло В. Е. Выбросоопасность горных пород / В. Е. Забигайло, В. В Лукинов, А. З. Широков. – К. : Наукова думка, 1988. – 384 с.
2. Безручко К. А. Закономерности распределения влаги в песчаниках Донбасса и ее влияние на выбросоопасность горных пород. Автореф. дис... канд. геол. – мин. наук. – Днепропетровск, 1990. – 17 с.
3. Забигайло В. Е. Соотношение влага-газ в порах пород как показатель их выбросоопасности / В. Е. Забигайло, Б. П. Рудометов, В. В Лукинов. – Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. – М. : ЦНИЭИуголь. 1973. – № 37. – С. 25 – 26.
4. Абрамов Ф. А. Свойства выбросоопасных песчаников как породы-коллектора / Ф. А. Абрамов, Г. А Шевелев. – К. : Наукова думка, 1972. – 98 с.
5. Методика определения газоносности вмещающих пород угольных месторождений при геологоразведочных работах. – М. : Недра, 1988. – 110 с.

**УДК 553.93:533.276**

М.н.с. Л. Ф. Маметова  
(ІГТМ НАН України)

### **КАТАГЕНЕЗ В ЗОНІ ПОШИРЕННЯ АНТРАЦИТІВ (НА ПРИКЛАДІ ДОВЖАНСЬКО-РОВЕНЕЦЬКОГО РАЙОНУ ДОНБАСУ)**

Минералогические и структурные изменения (катагенез) отложений карбона в Донбассе происходили в сопровождении неустойчивых тектонических движений, поэтому марки угля не могут быть реперами для стадийного анализа.

### **KATAGENESIS IN ZONE OF DISTRIBUTION OF ANTHRACITES (ON THE EXAMPLE OF THE DOWZHANO-ROWENETSKIY DISTRICT OF DONBASIS)**

The mineralogical and structural changes (katagenesis) of deposits of karbon in Donbasis took place escorted unsteady tectonic motions by, therefore the brands of coal can not be datum marks for the stage analysis.