

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ГАЗОНОСНОСТИ ПЕСЧАНИКОВ ДОНБАССА

В роботі приведені результати досліджень показників газоносності пісковиків, які свідчать про їх суттєву зміну як в межах однієї шахти, так і для різних шахт.

### RESULTS OF STUDIES GASOGENETIC SANDSTONES IN DONBASS

In work brought results of studies of factors gasogenetic sandstones, which witness their essential change about both in borders of one mine, and for different mines.

Газоносность песчаников во многом определяется их коллекторскими и газоемкостными свойствами, в частности, пористостью и степенью заполнения пор газом.

Изучению изменения пористости и степени заполнения пор газом уделено большое внимание в работе [1].

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.

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 типизации условий промышленной добычи метана.

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

Исследования проводились по пробам песчаников, отобранных из горных выработок шахт им. А.Г. Стаханова (песчаники  $L_1Sl_2$ ,  $l_1Sl_2$ ,  $l_2Sl_2^1$ ,  $l_2Sl_3$ ,  $l_3Sl_5$ ,  $L_7Sl_7$ ,  $k_4^H Sk_5$ ,  $k_8^H Sl_1$ ), Красноармейская-Западная (песчаник  $d_3Sd_4^1$ ), им. А.А. Скочинского (песчаник  $h_4Sh_6$ ), Комсомолец (песчаник  $k_4Sk_5$ ), Самсоновская-Западная (песчаник  $K_2Sk_2$ ). Шахты находятся на территории Красноармейского, Донецко-Макеевского, Центрального и Краснодонского геолого-промышленных районов и расположены в различных структурно-тектонических зонах. Всего было исследовано по шахте им. А.Г. Стаханова для различных песчаников более 95 проб, по ш. Красноармейская-Западная – 15 проб, а по шахтам им. А.А. Скочинского, Комсомолец, Самсоновская-Западная - 35 проб. Песчаники вмещают угли марок Г, Ж, К и относятся, в основном, к русловым и подводных выносов рек.

Данные по пористости и степени заполнения пор газом были использованы из ранее проведенных работ по региональному и локальному методам прогноза выбросоопасности горных пород.

Изучение изменения пористости и степени заполнения пор газом проводились по двум направлениям: первое – в пределах одной шахты им. А.Г. Стаханова для различных песчаников и второе – для шахт, которые расположены в различных геолого-промышленных районах. На основе полученных данных со-

ставлены выборки и проведена статистическая обработка значений коэффициента открытой пористости ( $K_{o.п.}$ ) и степени заполнения пор газом ( $V_r$ ).

В табл. 1 приведены статистические показатели значений  $K_{o.п.}$  для песчаников  $L_1Sl_2$ ,  $l_1Sl_2$ ,  $l_2Sl_2^1$ ,  $l_2Sl_3$ ,  $l_3^1Sl_5$ ,  $L_7Sl_7$ ,  $k_4^H Sk_5$ ,  $k_8^H Sl_1$ , определенных по пробам, отобраным в горных выработках на шахте им. А.Г. Стаханова.

Таблица 1- Значения статистических показателей коэффициента открытой пористости для различных песчаников шх. им. А.Г. Стаханова

Статистические показатели	Коэффициент открытой пористости, %							
	$l_1Sl_2$	$L_1Sl_2$	$l_2Sl_3$	$l_2Sl_2^1$	$l_3^1Sl_5$	$L_7Sl_7$	$k_4^H Sk_5$	$k_8^H Sl_1$
Минимум	5,51	7,75	6,65	6,10	3,00	5,98	5,50	7,10
Максимум	11,52	10,70	10,11	11,53	11,80	12,52	11,30	13,50
Среднее	8,58	9,36	8,15	8,39	9,27	9,60	8,71	10,63
Среднеквадратическое отклонение	1,96	1,08	1,55	1,71	2,97	2,33	1,85	1,80
Дисперсия	3,62	1,17	2,43	2,91	8,85	5,45	3,82	2,57
Эксцесс	-0,71	1,12	-2,65	-0,18	-1,15	-0,24	1,16	-0,07
Асимметричность	0,13	-0,55	0,22	0,49	-1,95	-0,45	-0,53	-0,03
Коэффициент согласия $K_A$	0,17	0,71	0,28	0,64	2,53	0,58	0,42	0,33
Коэффициент согласия $K_E$	0,47	0,74	1,76	0,12	0,77	0,16	0,92	0,05
Коэффициент вариации, %	22,8	11,5	19,01	20,3	32,0	24,2	21,20	16,5

Как видно из табл.1 размах значений коэффициента открытой пористости, в основном, изменяется в пределах 5,5-11,8 %, но для песчаника  $l_3^1Sl_5$  нижний предел составляет 3%, а для песчаников  $L_7Sl_7$ ,  $k_8^H Sl_1$  верхний предел составляет 12,5 % и 13,5 %.

Проведенная по полученным данным проверка гипотезы о нормальном распределении значений пористости и степени заполнения пор газом, согласно которой отношение коэффициента асимметричности к среднеквадратическому отклонению асимметричности (коэффициент согласия  $K_A$ ) и отклонение эксцесса к среднеквадратическому отклонению эксцесса (коэффициент согласия  $K_E$ ) не должно превышать значения 3, показала, что вариационные ряды показателей пористости и степени заполнения пор газом аппроксимируются нормальным распределением [2].

Результаты проверки гипотезы о нормальном распределении для пористости и степени заполнения пор газом представлены в табл. 1-4.

Расчет средних значений  $K_{o.п.}$  для всех песчаников показал, что они отличаются незначительно и характеризуются довольно высокими показателями 8-10 %. Это говорит о том, что такие песчаники могут служить основными путями движения пластовых флюидов.

Однако, несмотря на незначительные изменения средних значений  $K_{o.п.}$  необходимо отметить, что пористость песчаника  $k_8^H Sl_1$  выше, чем пористость песчаника  $L_7Sl_7$ . Это подтверждается, прежде всего, тем, что песчаник  $k_8^H Sl_1$  явля-

ется выбросоопасным, в нем произошли выбросы породы и газа, а выбросоопасный песчаник, как известно, должен иметь более высокие значения открытой пористости, чем песчаники, в которых выбросов пород и газа не происходило.

Анализ средних значений  $K_{o.п.}$  показывает, что говорить о существенных расхождениях этого показателя для различных песчаников не представляется возможным, средние значения  $K_{o.п.}$  колеблются в довольно узких пределах.

Учитывая то, что размах значений для исследуемых песчаников находится практически в одинаковых пределах, то говорить о существенных различиях дисперсий тоже не представляется возможным. Это подтверждают и результаты, приведенные в табл.1. Однако для некоторых песчаников отличие в дисперсиях все же наблюдается. Так, дисперсия значений  $K_{o.п.}$  для песчаника  $l_3^1Sl_5$  составляет 8,85, а для песчаника  $L_1Sl_2$  равна 1,17, при этом средние значения  $K_{o.п.}$  отличаются незначительно и составляют 9,27 % и 9,36 %.

Кроме вычисленных абсолютных показателей: размах значений, средних, среднеквадратического отклонения, дисперсии также определялся относительный показатель – коэффициент вариации. Значения коэффициента вариации колеблются в пределах 11-25 %, за исключением песчаника  $l_2Sl_3^1$ , т. е. диапазон изменения коэффициента вариации пористости составляет всего лишь 14 % по данным. Небольшие изменения средних, дисперсий и коэффициента вариации показывают, что эти песчаники, не претерпели значительных катагенетических преобразований, но имеют отличия по структурно-текстурным особенностям.

Коэффициент открытой пористости, являясь важным показателем коллекторских свойств, не дает полной информации о газоемкости песчаника, так как характеризует лишь его емкость, доступную флюидам, не отражая характера флюида [1]. Поэтому для того, чтобы оценить, имеем ли мы дело с газоносным, а не с водоносным песчаником, необходимо определить степень заполнения пор газом.

Определение степени заполнения пор газом проведено для тех же песчаников, что и для коэффициента открытой пористости.

В табл.2 представлены результаты статистической обработки.

Анализ табл.2 показывает, что размах значений  $V_r$  для исследуемых песчаников колеблется в неодинаковых пределах и изменяется для одних песчаников в пределах от 13,3% до 74,0%, а для других – от 46,2% до 89,0 %.

Средние значения  $V_r$  и дисперсии, в отличие от пористости, различаются значительно. Для песчаника  $L_7Sl_7$ , средние значения достигают 33,8 %, а для песчаников  $l_2Sl_2^1$ ,  $l_2Sl_3$ ,  $l_3Sl_5$ ,  $k_8^HSl_1$ , эти значения превышают 60%. Дисперсия для песчаника  $L_7Sl_7$  составляет 119,7, а для песчаника  $k_4^HSl_5$  достигает 474,1.

Оценка существенности различий средних и дисперсий по t-критерию Стьюдента и F-критерию Фишера не проводилась. О существенных колебаниях  $V_r$  можно судить только качественно по средним значениям, дисперсиям и коэффициенту вариации. Коэффициент вариации, как видим из табл.2, изменяется в пределах 22,8-38,8%.

Таблица 2 – Значения статистических показателей степени заполнения пор газом для различных песчаников ш. им. А.Г. Стаханова

Статистические показатели	Степень заполнения пор газом %							
	$L_1Sl_2$	$l_1Sl_2$	$l_2Sl_3$	$l_2Sl_2^1$	$l_3^1Sl_5$	$L_7Sl_7$	$k_4^H Sk_5$	$k_8^H Sl_1$
Минимум	46,10	22,30	46,20	39,10	38,20	21,00	13,30	29,60
Максимум	77,20	86,10	89,00	86,20	87,90	53,70	74,00	77,20
Среднее	59,70	58,50	68,22	69,88	64,72	33,85	54,01	65,63
Среднеквадратическое отклонение	11,86	20,20	15,50	15,96	15,29	10,94	21,77	19,91
Дисперсия	165,30	409,60	242,01	254,97	233,94	119,76	474,06	396,73
Экссесс	-1,68	0,29	1,01	-1,01	1,34	2,69	2,93	-1,42
Асимметричность	0,57	-0,79	-0,18	-0,16	-0,37	1,26	-1,64	0,18
Коэффициент согласия $K_A$	0,74	1,02	0,23	0,21	0,48	1,63	2,60	0,33
Коэффициент согласия $K_E$	1,12	1,93	0,67	0,67	0,89	1,79	2,32	1,29
Коэффициент вариации, %	29,10	34,40	22,40	22,84	23,63	32,24	38,80	30,33

Кроме шахты им. А.Г. Стаханова аналогичные исследования проводились также и на других шахтах, которые расположены в разных геолого-промышленных районах.

В табл. 3 и 4 приведены статистические показатели значений открытой пористости и степени заполнения пор газом, определенных по пробам, отобранным из горных выработок шахт Красноармейская-Западная, им. А.Г. Стаханова (для сравнения выбран только песчаник  $l_1Sl_2$ ), им. А.А. Скочинского, Комсомолец, Самсоновская-Западная.

Анализ статистических данных показал, что в пределах одного геолого-промышленного района для проб, отобранных из забоев шахт им. А.Г. Стаханова и Красноармейская-Западная средние и дисперсии коэффициента открытой пористости и степени заполнения пор газом значительно отличаются. Особенно это характерно для степени заполнения пор газом.

Среднее значение степени заполнения пор газом для песчаника  $l_1Sl_2$  на шахте им. А.Г. Стаханова составляет 58,8 %, а для песчаника  $d_3Sd_4^1$  (ш. Красноармейская-Западная) – всего лишь 26,6 %. При этом необходимо отметить, что средние значения коэффициента открытой пористости на ш. Красноармейская-Западная выше, чем средние значения  $K_{o.п.}$  для песчаника  $l_1Sl_2$  на шахте им. А.Г. Стаханова. Дисперсии и среднеквадратические отклонения  $K_{o.п.}$  и  $V_r$  также для песчаников  $l_1Sl_2$  и  $d_3Sd_4^1$  отличаются значительно. Дисперсия  $V_r$  для песчаника  $l_1Sl_2$  составляет 409,6, среднеквадратическое отклонение 20,23, тогда как для песчаника  $d_3Sd_4^1$  дисперсия составляет 123,3, а среднеквадратическое отклонение 11,1. Это говорит о существенных расхождениях в дисперсиях для песчаников  $l_1Sl_2$  и  $d_3Sd_4^1$ .

Таблица 3 – Значения статистических показателей коэффициента открытой пористости песчаников для шахт, расположенных в различных геолого-промышленных районах

Статистические показатели	Коэффициент открытой пористости, %				
	им. А.Г. Стаханова (песчаник $l_1Sl_2$ )	Красноармейская-Западная (песчаник $d_3Sd_4^1$ )	им. А.А. Скочинского (песчаник $h_4Sh_6$ )	Комсомолец (песчаник $k_4Sk_5$ )	Самсоновская-Западная (песчаник $K_2Sk_2$ )
Минимум	5,50	4,10	5,43	3,20	2,10
Максимум	11,50	19,20	7,76	3,50	6,30
Среднее	8,50	11,50	6,59	3,36	4,83
Среднеквадратическое отклонение	1,90	4,72	0,98	0,15	1,56
Дисперсия	3,64	22,30	0,97	0,02	2,29
Эксцесс	-0,73	-1,13	-0,21	0,18	0,12
Асимметричность	-0,13	-0,18	0,18	-0,93	-1,11
Коэффициент согласия $K_A$	1,68	0,23	0,23	1,20	1,44
Коэффициент согласия $K_E$	0,48	0,75	0,14	0,13	0,01
Коэффициент вариации, %	22,35	41,04	14,93	4,46	32,20

Таблица 4 – Значения статистических показателей степени заполнения пор газом песчаников для шахт, расположенных в различных геолого-промышленных районах

Статистические показатели	Степень заполнения пор газом, %				
	им. А.Г. Стаханова (песчаник $l_1Sl_2$ )	Красноармейская-Западная (песчаник $d_3Sd_4^1$ )	им. А.А. Скочинского (песчаник $h_4Sh_6$ )	Комсомолец (песчаник $k_4Sk_5$ )	Самсоновская-западная (песчаник $K_2Sk_2$ )
Минимум	22,20	13,20	59,10	12,60	10,100
Максимум	86,10	53,20	86,50	36,80	62,400
Среднее	58,48	26,30	72,60	26,20	33,760
Среднеквадратическое отклонение	20,23	11,10	11,20	12,10	15,950
Дисперсия	409,60	123,30	125,50	146,90	254,620
Эксцесс	-0,29	1,270	-1,73	0,20	0,040
Асимметричность	-0,79	1,56	0,24	0,32	0,001
Коэффициент согласия $K_A$	1,02	2,02	0,31	0,42	0,12
Коэффициент согласия $K_E$	0,19	0,85	1,15	1,33	0,26
Коэффициент вариации, %	34,59	41,70	15,40	46,10	47,100

Значительные расхождения  $V_r$  для исследуемых песчаников шахт им. А.Г. Стаханова и Красноармейская-Западная говорит о том, что несмотря на не-

значительное отличие по пористости они по разному водонасыщены. Песчаник  $d_3Sd_4^1$  водонасыщен значительно больше, чем песчаник  $l_1Sl_2$ .

Исследуя другие песчаники, обращает на себя внимание тот факт, что наибольшие значения степени заполнения пор газом наблюдаются на шахте им. А.А. Скочинского. Степень заполнения пор газом для песчаника  $h_4Sh_6$  достигает 72,6 %, тогда как на ш. Комсомолец значения  $V_T$  в песчанике  $k_4Sk_5$  достигает всего 26,2%, а на шахте Самсоновская-Западная 33,7 %. При этом средние значения заполнения пор газом изменяются в значительно меньших пределах.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о значительной изменчивости показателей газоносности для песчаников, залегающих как в пределах одного шахтного поля, так и для шахт, расположенных в различных геолого-промышленных районах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Широков А.З. Выбросоопасность горных пород. – К.: Наукова думка, 1988.- 384 с.
2. Шарапов И.П. Применение математической статистики в геологии. - М.– Недра, 1965. - 257 с.

**УДК 622. 831**

С.Г. Лунев, Г.И. Колчин,  
А.В. Никифоров

### **ДИНАМИКА МАССИВА В ОПАСНЫХ ПО ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ ЯВЛЕНИЯМ ЗОНАХ**

Особливість напружено-деформованого стану призабійної частини масиву в небезпечних за газодинамічними явищами полягає в кількарізкій різкій зміні розвитку деформацій поблизу вугільного пласту й у товщі порід потужністю 20 – 40 м над пластом. Поряд із затримкою деформацій ця умова є необхідною для формування викидонебезпеки.

### **THE MASSIVE DYNAMICS OF GAS DANGEROUS ZONES**

A few suddenly applied deformations with signs changing near the seam above 20–40 m method are presented. Deformation delay sequences are required to avoid blowout danger.

Прогноз газодинамических явлений (ГДЯ) состоит в выявлении опасных зон при проведении подготовительных выработок и ведении очистных работ. Протяженность опасных зон зачастую достигает нескольких десятков метров. В пределах опасной зоны реализация ГДЯ носит в определенной степени случайный характер, однако имеются и некоторые общие закономерности, которые являются следствием особенности динамики массива в них.

В последние годы разработаны и внедряются на шахтах Украины акустические способы выявления выбросоопасных зон в очистных и подготовительных забоях [1, 2]. Способы включают регистрацию и обработку на персональном компьютере акустического сигнала, адекватного упругим колебаниям, возникающим в массиве в результате воздействия на забой очистных и проходческих комбайнов. Способы основаны на установленной зависимости параметров аку-