

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА В
УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ**

Розглянуті основні геологічні чинники, які впливають на формування зон скупчення метану у вуглепородному масиві. Виділені, найбільш ефективні показники для середнього катагенеза порід – опосередковані локальні структури, зони тріщинуватості порід, стрижневі ділянки пісковиків (палеопотоки). Для виділених показників виконаний розрахунок дисперсійного аналізу по альтернативній ознаці. На основі розрахунків встановлено вплив кожного фактора на формування зон скупчення метану у вуглепородному масиві.

**CONDITIONS OF METHANE ACCUMULATION ZONES IN A COAL-
BEARING ARRAY**

Basic geological factors, which influence on forming of zone of accumulation of methane in coalrock massif, are presented. The most effective indexes for middle katagenesis of rock are determined - medial local structures, zone of jointing of rock, race areas of sandstones (paleocurrent). For determined indexes calculation of dispersion on an alternative character is executed. On the basis of calculations influence of every factor on forming of zone of accumulation of methane in a coalrock massif is defined.

Запасы метана распределены в углепородном массиве Донбасса неравномерно. Существуют участки, с пониженным содержанием метана и, наоборот, участки с повышенным содержанием. На распределение метана в породах влияет целый ряд геологических факторов. Основными из них являются глубина залегания исследуемого пласта, степень катагенеза пород, морфология, тектоника, литологический состав вмещающих пород и др., но влияние каждого из этих факторов в различных условиях шахтных полей и районов Донбасса различны и неоднозначны. В каждом конкретном случае необходимо установить закономерности изменения газоносности на площади и с глубиной, определить степень влияния на газоносность геологических факторов, выделить основные из них для исследуемой площади, что позволит при ограниченном объеме фактических данных выявить наиболее газоносные участки на каждом шахтном поле. Определение основных геологических факторов, влияющих на формирование зон скопления метана в породах Донбасса, является, актуальной научно-практической задачей для угледобывающей отрасли, что позволит рентабельно производить работы по дегазации углепородного массива и вести добычу газа в промышленных масштабах.

В работе [1] выполнен анализ литературных данных, которые послужили основой для разработки новых способов по прогнозу зон скопления метана, рассмотренные в работах [2, 3]. Выполненные автором данной статьи исследования в Донецко-Макеевском районе, позволили выделить основные геологические факторы, влияющие на формирование зон скопления метана в углепородном массиве. Определены показатели тектонического, литологического характера и комплексного влияния на формирования скоплений метана в породах среднего катагенеза.

В процессе исследований, были выбраны и изучены оптимальные показате-

тели, характеризующие при совместном их применении комплекс геологических факторов, влияющих на формирование зон скопления метана в углепородном массиве. В данный комплекс входит три фактора, поэтому необходимо оценить степень влияния на формирование зон скопления метана каждого фактора из указанного комплекса.

Изучение влияния факторов на комплекс выполняется с помощью дисперсионного анализа по альтернативному признаку. В нашем случае альтернативным признаком, является газовыделение из скважин.

Таким образом, из общего количества результатов n_i – количество скважин в i -м интервале, m_i – количество скважин в i -м интервале с газовыделением (альтернативный признак), где $i=1, 2, \dots, z$. Используя свойства дисперсии, расчет можно вести по сокращенным формулам [4].

Таким образом, общую дисперсию по альтернативному признаку определяем по формуле:

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^z m - H \quad (1)$$

Факторная дисперсия определяется для альтернативного комплекса по формуле:

$$D_x^2 = \sum_{i=1}^z h - H \quad (2)$$

Случайную дисперсию для альтернативного комплекса находим по формуле:

$$D_z^2 = \sum_{i=1}^z m - \sum_{i=1}^z h \quad (3)$$

где $H = \frac{(\sum_{i=1}^z m)^2}{n_z}$; $h = \frac{m_z^2}{n_z}$.

При этом общая дисперсия по альтернативному признаку равна сумме факторной и случайной. Отношение факторной дисперсии к общей показывают долю колеблемости, под воздействием изучаемого фактора в общей колеблемости. Эти отношения показывают степень статистического влияния данных факторов на результативный признак:

$$\eta_x^2 = \frac{D_x^2}{D_y^2}, \quad (4)$$

где η_x^2 - показывает влияние факторов.

$$\eta_z^2 = \frac{D_z^2}{D_y^2}, \quad (5)$$

где η_z^2 - показывает влияние случайных причин.

Сумма η_x^2 и η_z^2 должна равняться 1.

Для выполнения дисперсионного анализа в нашем случае необходимо рассчитать величину интервалов оптимальную для каждого выбранного фактора (табл. 1), воспользуемся следующими формулами [4]:

Таблица 1 - Дебиты и объемы извлеченного газа из поверхностных дегазационных скважин на поле шахты им. А.Ф. Засядько [5] и привязка к геологическим факторам (при отработке пласта m₃)

№ скв.	Извлечено метана, млн. м ³	Среднесуточный дебит, тыс. м ³	Значение превышения усредненных локальных структур, м	Значение коэффициента относительной мощности песчаника (палеопотока), б/р	Значение коэфф-та трещиноватости углепородного массива, б/р.	Примечание
MT-210	0,5	1,0	+20	0,80	0,10	-----
MT-213	0,6	0,9	+20	0,79	0,10	-----
MT-229	1,25	1,6	+15	0,75	0,35	-----
MT-249	1,6	2,7	+3	0,85	0,17	-----
MT-264	3,9	14,7	+15	0,82	0,13	-----
MT-284	4,1	3,2	-5	0,71	0,11	Расположена на крыле складки
MT-287	1,1	3,3	-5	0,83	0,27	Расположена в зоне влияния малоамплитудной нарушенности
MT-286	1,3	3,3	-6	0,85	0,23	Расположена на крыле складки
MT-320	0,4	7,2	+2	0,75	0,05	-----
Щ-1345	1,2	5,6	+10	0,75	0,13	-----
Щ-1347	1,7	4,3	+3	0,88	0,25	-----
MT-327	1,2	2,9	-9	0,73	0,30	-----
MT-330	1,2	3,6	-25	0,72	0,27	Расположена в донной части синклинали
MT-209	газ	газ	+5	0,72	0,13	-----
MT-211	0	0	-4	0,81	0,12	-----
MT-219	0	0	-12	0,68	0,23	-----
MT-303	газ	газ	+12	0,73	0,12	-----
MT-310	0	0	-2	0,8	0,20	-----
MT-317	0	0	-10	0,76	0,19	-----
Щ-1348	0	0	-5	0,8	0,38	-----
MT-323	0	0	-11	0,73	0,33	-----
MT-328	0	0	+1	0,75	0,20	-----

$$K = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{1 - 3.2 \times \lg(n)}, \quad (6)$$

$$Z = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{K}, \quad (7)$$

где K – величина интервала,

n_{\max} , n_{\min} – максимальное и минимальное значение выборки соответственно;

n – количество значений в совокупности;

Z – количество групп.

Следовательно, для исследуемой выборки (А) оптимальные значения интервалов можно записать следующим образом: $A_1 = n_{min} + K$, $A_2 = A_1 + K$, ..., $A_z = A_{z-1} + K$.

Расчет однофакторного альтернативного комплекса удобно вести, как показано в таблице 2.

Таблица 2 - Расчет однофакторного альтернативного комплекса

Показатели	Интервалы					Результаты
	$< A_1$	$A_1 \div A_2$	$A_2 \div A_3$	.....	$> A_z$	
N	n_1	n_2	n_3	.....	n_z	$\sum_{i=1}^z n_i$
M	m_1	m_2	m_3	.....	m_z	$\sum_{i=1}^z m_i$
M^2	$(m_1)^2$	$(m_2)^2$	$(m_3)^2$	.....	$(m_z)^2$	$H = \frac{\sum_{i=1}^z (m_i)^2}{n_z}$
H	$h_1 = \frac{(m_1)^2}{n_1}$	$h_2 = \frac{(m_2)^2}{n_2}$	$h_3 = \frac{(m_3)^2}{n_3}$	.....	$h_z = \frac{(m_z)^2}{n_z}$	$\sum_{i=1}^z h_z$

Таким образом, подставив исходные данные (см. табл. 1) в формулы (6) и (7) находим для каждого исследуемого фактора количество интервалов по рангам газовыделения, представленные в таблице 3.

Так для показателя «усредненные локальные структуры» было выделено пять интервалов. Для каждого интервала было определено количество скважин (n_i), попадающих в данную группу. Далее определяем количество скважин (m_i) с результирующим признаком и заносим в таблицу. Расчеты однофакторного альтернативного комплекса для показателя «усредненные локальные структуры» представлены в таблице 4.

Таблица 3 - Деление исследуемых факторов на группы по рангам газовыделения из скважин

Исследуемый фактор	Интервалы				
	< -16	$-16 \div -7$	$-7 \div 2$	$2 \div 11$	> 11
Усредненные локальные структуры	< -16	$-16 \div -7$	$-7 \div 2$	$2 \div 11$	> 11
Палеопотоки	$< 0,72$	$0,72 - 0,76$	$0,76 - 0,80$	$0,80 - 0,84$	$> 0,84$
Трещиноватость	$< 0,10$	$0,10 - 0,15$	$0,15 - 0,20$	$0,20 - 0,25$	$> 0,25$

Таблица 4 - Результаты расчета однофакторного альтернативного комплекса для показателя «усредненные локальные структуры»

Показатели	Интервалы					Результаты
	< -16	$-16 \div -7$	$-7 \div 2$	$2 \div 11$	> 11	
N	1	4	7	5	5	$\sum n=22$
M	1	1	3	5	5	$\sum m=15$
M^2	1	1	9	25	25	$H=10,23$
H	1	0,25	1,28	5	5	$\sum h=12,54$

Извлекая нужные данные и подставляя их в формулы 1 – 3, находим дисперсии:

$$D_y^2 = 15 - 10.23 = 4.77 \quad (8)$$

$$D_x^2 = 12.54 - 10.23 = 2.31 \quad (9)$$

$$D_z^2 = 15 - 12.54 = 2.46 \quad (10)$$

Определим теперь степень влияния усредненных локальных структур как факторного признака:

$$\eta_x^2 = \frac{D_x^2}{D_y^2} = \frac{2.31}{4.77} = 0.48 \quad (11)$$

Определим степень случайных факторов:

$$\eta_z^2 = \frac{D_z^2}{D_y^2} = \frac{2.46}{4.77} = 0.52 \quad (12)$$

Число степеней свободы составит: $k_x=4$ (количество групп минус единица, для факторного признака); $k_z=17$ (общее количество значений минус количество групп, для случайных факторов).

Факторная дисперсия на одну степень свободы, не зависящая от численности значений в группах:

$$\sigma_x^2 = \frac{D_x^2}{k_x} = \frac{2.31}{4} = 0.58 \quad (13)$$

Случайная дисперсия на одну степень свободы, не зависящая от численности значений в группах:

$$\sigma_z^2 = \frac{D_z^2}{k_z} = \frac{2.46}{17} = 0.15 \quad (14)$$

Отношение дисперсии на одну степень свободы (расчетный критерий Фишера) составит:

$$F_{эм} = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_z^2} = \frac{0.58}{0.15} = 3.86 \quad (15)$$

Табличное значение по критерию Фишера находится в справочной литературе, по значениям степеней свободы, оно составляет $F_{табл}=2,87$. Поскольку эмпирическое значение больше табличного, влияние показателя «усредненные локальные структуры» на газовыделения из скважин достоверно.

По данным таблицы 1 - были определены значения других факторов влияния на газовыделения из скважин. Для остальных показателей будут приведены только результаты расчетов, без промежуточных формул и пояснений, поскольку они аналогичны, как и для показателя «усредненные локальные структуры». Результаты расчета однофакторного альтернативного комплекса для показателя палеопотоков, приведены в табл. 5.

Таблица 5 - Результаты расчета однофакторного альтернативного комплекса для показателя «палеопотоков»

Показатели	Интервалы					Результаты
	< 0,72	0,72-0,76	0,76-0,80	0,80-0,84	> 0,84	
N	4	7	4	4	3	$\sum n=22$
M	1	7	1	3	3	$\sum m=15$
M ²	1	49	1	9	9	H=10,23
H	0,25	7	0,25	2,25	3	$\sum h=12,75$

Значение дисперсий и других параметров будут следующие:

$$D_y^2 = 4.77; \quad D_x^2 = 2.52 \quad D_z^2 = 2.25$$

$$\eta_x^2 = 0.53; \quad \eta_z^2 = 0.47; \quad \sigma_x^2 = 0.63; \quad \sigma_z^2 = 0.13; \quad F_{эмп} = 4.77.$$

Табличный критерий Фишера остается прежним – 2.87. Как и в предыдущем случае, расчетное значение отношения дисперсий выше табличного, что подтверждает достоверность влияния палеопотоков на газовыделения из скважин.

Аналогичные действия выполним для показателя трещиноватости. Результаты расчета приведены в таблице 6 и, далее, в сокращенном варианте значения дисперсий и других необходимых параметров для определения степени влияния данного показателя на газовыделения из скважин.

Таблица 6 - Результаты расчета однофакторного альтернативного комплекса для показателя «трещиноватость»

Показатели	Интервалы					Результаты
	< 0,10	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,25	> 0,25	
N	1	8	5	1	7	$\sum n=22$
M	1	7	1	1	5	$\sum m=15$
M ²	1	49	1	1	25	H=10,23
H	1	6,125	0,2	1	3,57	$\sum h=11,90$

Значение дисперсий и других параметров будут следующие:

$$D_y^2 = 4.77; \quad D_x^2 = 1.67 \quad D_z^2 = 3.10$$

$$\eta_x^2 = 0.35; \quad \eta_z^2 = 0.65; \quad \sigma_x^2 = 0.42; \quad \sigma_z^2 = 0.18; \quad F_{эмп} = 2.33.$$

Табличный критерий Фишера остается прежним – 2.87. Расчетное значение отношения дисперсий немного ниже табличного, что указывает на низкую достоверность влияния трещиноватости на газовыделения из скважин.

Для удобства расчета влияния каждого из факторов на газовыделения из скважин определены коэффициенты к каждому показателю, вошедшему в комплекс. С этой целью были сложены все факторные дисперсии, их сумма представляет собой 100 % (степень достоверности газопроявлений из скважин, при вероятности 0,95). Часть факторной дисперсии какого-либо признака (от общей суммы), представляет собой долю или коэффициент, характеризующий степень влияния данного признака на газовыделения из скважин. Значения указанных коэффициентов представлены в табл. 7.

Таблица 7 - Значения коэффициентов, характеризующих степень влияния каждого из факторов на газовыделения из скважин

Геологические факторы	Значение коэффициента
Усредненные локальные структуры	0,35
Палеопотоки	0,39
Трещиноватость	0,26

Таким образом, установлены основные геологические факторы, влияющие на формирование зон скопления метана в углепородном массиве. Выполненный дисперсионный анализ позволил установить долю влияния каждого фактора на формирование выше указанных зон. Использование комплекса геологических факторов позволит более эффективно прогнозировать зоны скопления метана в массиве горных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашенко П.С. Геологические факторы образования зон скопления метана на примере шахт Донецко-Макеевского района / П.С. Пашенко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. - № 80. – С. 345 - 350.
2. Патент Украины № 34472 E21F 7/00. Спосіб визначення зон тріщинуватості у вуглепородному масиві / В.А. Баранов, П.С. Пашенко (Україна). От 11.08.2008. Бюл. № 15.
3. Патент Украины № 41696 E21F 7/00 G01V 9/00. Спосіб визначення зон скупчення метану у стратиграфічному інтервалі на шахтах та ділянках розвідки. / А.Ф. Булат, В.В. Лукинов, П.С. Пашенко [та інші]. (Україна) От 10.06.2009. Бюл. № 11.
4. Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле / П.А. Рыжов – М.: Высшая школа. – 1973. – 288 с.
5. Булат А.Ф. Дегазация углепородного массива на шахте им. А.Ф. Засядько скважинами, пробуренными с поверхности / А.Ф. Булат, В.В. Лукинов, Е.Л. Звягельский, В.С. Грязнов [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. - № 53. – С. 3 – 8.

УДК 622.284:678.029.46

Канд.техн.наук С.П. Мусиенко
(ИГТМ НАН Украины)

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ГЕОКОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

При розробці технології створення геокомпозитних конструкцій було проведено відпрацювання її елементів. У статті наведено приклади застосування елементів технології створення геокомпозитних конструкцій при ремонті промислових об'єктів та деякі результати таких робіт

APPLICATION COMPONENTS OF TECHNOLOGY GENERATION OF GEOCOMPOSIT CONSTRUCTIONS IN THE CONDITIONS OF REPAIR ACTION OF INDUSTRIAL BUILDING SITES.

At development of technology generation of constructions working off its components was conducted. The examples of application of components of technology of generation of constructions at the repair action of industrial objects and some data of such works are resulted in the article

Применение элементов технологии создания геокомпозитных конструкций при определенных условиях может быть рекомендовано в гидротехническом и подземном строительстве как особо рациональный и экономичный способ