

УДК 553.981.4:552.1.08

Безручко К.А., д-р геол. наук, ст. научн. сотр.,
Приходченко С.Ю. канд. геол. наук, ст. научн. сотр.,
Приходченко А.В., канд. геол. наук,
Дрожжа Т.М., магистр
(ИГТМ НАН Украины)

**ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ УГЛЕНОСНОЙ ТОЛЩИ И
МЕТАМОРФИЗМА НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНА В
ПОДРАБОТАННОМ УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ**

Безручко К.А., д-р геол. наук, ст. науч. співр.,
Приходченко С.Ю. канд. геол. наук, ст. науч. співр.,
Приходченко О.В., канд. геол. наук,
Дрожжа Т.М., магістр
(ІГТМ НАН України)

**ВПЛИВ БУДОВИ ВУГЛЕНОСНОЇ ТОВЩИ ТА МЕТАМОРФІЗМУ НА
ПЕРЕРОЗПОДІЛ МЕТАНУ В ПІДРОБЛЕНОМУ
ВУГЛЕПОРОДНОМУ МАСИВІ**

Bezruchko K.A., D. Sc. (Geol.), Senior Researcher,
Prihodchenko S.Yu., Ph.D. (Geol.), Senior Researcher,
Prihodchenko A.V., Ph.D. (Geol.), Researcher,
Drozhzha T.M., M.S (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

**HOW METAMORPHISM AND STRUCTURE OF THE COAL-BEARING
STRATA IMPACT ON METHANE REDISTRIBUTION IN
THE UNDERMINED COAL-ROCK MASSIF**

Аннотация. Рассмотрены основные геологические факторы, которые определяют перераспределение метана в подработанном углепородном массиве – региональные изменения угленосности, степень метаморфизма угольных пластов, строение угленосной толщи. Установлено, что увеличение концентрации накопленных техногенных ресурсов метана вызвано увеличением количества и мощности угольных пластов-спутников в северо-восточном направлении, что связано с увеличением мощности угленосной толщи, то есть рост концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в подработанной углепородной толще шахт Донецко-Макеевского района в этом направлении связан с региональными изменениями геологического строения бассейна, а именно с возрастанием степени метаморфизма каменных углей, увеличением мощности и глубины залегания угленосных свит, а также увеличением суммарной мощности пластов-спутников. По результатам оценки изменения плотности ресурсов метана в угольных пластах-спутниках при подработке и сопоставлении со степенью метаморфизма отработанных угольных пластов показано, что с увеличением степени мета-

морфизма каменных углей увеличивается значение ресурсов метана, принимающего участие в формировании техногенных скоплений.

Ключевые слова: подработанный угленосный массив, геологические факторы, угольный метан, накопленные техногенные ресурсы.

Актуальность. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что для угленосного массива Донецко-Макеевского геолого-промышленного района характерна тенденция увеличения концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в северо-восточном направлении [1]. Как известно из работы [2] одной из характерных особенностей строения среднекаменноугольных отложений в Донецко-Макеевском районе является последовательное и закономерное увеличение мощности угленосных свит в направлении с юго-запада, где суммарная мощность свит составляет 1800 – 1900 м, на северо-восток, где она достигает 3400 – 3450 м. Однако, ранее проведенными исследованиями, по разрезам скважин, было установлено [3], что в пределах шахтного поля изменение мощности угленосной свиты влияет лишь на изменение суммарной концентрации накопленных техногенных ресурсов метана угольных пластов-спутников, не влияя существенно на этот показатель для песчаников, поскольку с увеличением мощности свиты увеличивается мощность угольных пластов и их количество, в то время, как мощность песчаников, в пределах шахтного поля, остается почти неизменной. Для песчаников было установлено, что основной причиной увеличения концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в песчаниках в северо-восточном направлении является погружение угленосной толщи в том же направлении. Выявление факторов, влияющих на перераспределение метана в подработанном угленосном массиве и установление закономерностей определяющих это перераспределение является актуальной задачей.

Методология. Для определения причин увеличения концентрации накопленных техногенных ресурсов в северо-восточном направлении, было сделано предположение о том, что основным фактором, влияющим на увеличение данного показателя в угольных пластах-спутниках является увеличение мощности угленосных свит. Для проверки был применен коэффициент строения подработанного массива для угольных пластов $k_{с.м.у.}$, характеризующий строение подработанной угленосной толщи [3]. Коэффициент учитывает количество, мощность и расположение угольных пластов-спутников в зоне «медленного» газа и рассчитывается по каждой скважине отдельно. В работе [4], на основании анализа дегазационных мероприятий на шахтах, метан, выделяющийся из подработанной толщи, условно поделен на «быстрый» газ, который увеличивает газообильность действующей лавы в 2 раза и более (соответствует I и II зонам по М.А. Иофису [5]) и «медленный» газ, который медленно дренирует в направлении лавы, но достигает ее, когда на месте очистного забоя лавы оказывается ее отработанное пространство (соответствует III и IV зонам). Поскольку прони-

цаемость в зоне «быстрого» газа достигает больших значений (более $100 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$) [6] газ из этой зоны во время добычи угля дренирует к работающей лаве и выносится системами вентиляции и дегазации на поверхность, таким образом, не принимая участия в формировании техногенных скоплений метана. Метан из зоны «медленного» газа постепенно дренирует к нарушенной трещинами зоне «быстрого» газа и старых горных выработок, создавая техногенные залежи метана.

Коэффициент строения углепородного массива для угольных пластов-спутников рассчитывается по данным геологоразведочных скважин для каждого пласта и представляет собой сумму произведений мощности каждого пласта-спутника на его расстояние до подошвы отработанного угольного пласта:

$$k_{с.м.у.} = \sum (m_{y1} \cdot M_{y1} + m_{y2} \cdot M_{y2} + \dots + m_{yi} \cdot M_{yi})$$

где $m_{y1, y2, \dots, yi}$ – мощность угольного пласта, м, $M_{y1, y2, \dots, yi}$ – расстояние от подошвы отработанного пласта до изучаемого угольного пласта-спутника или пропластка, м.

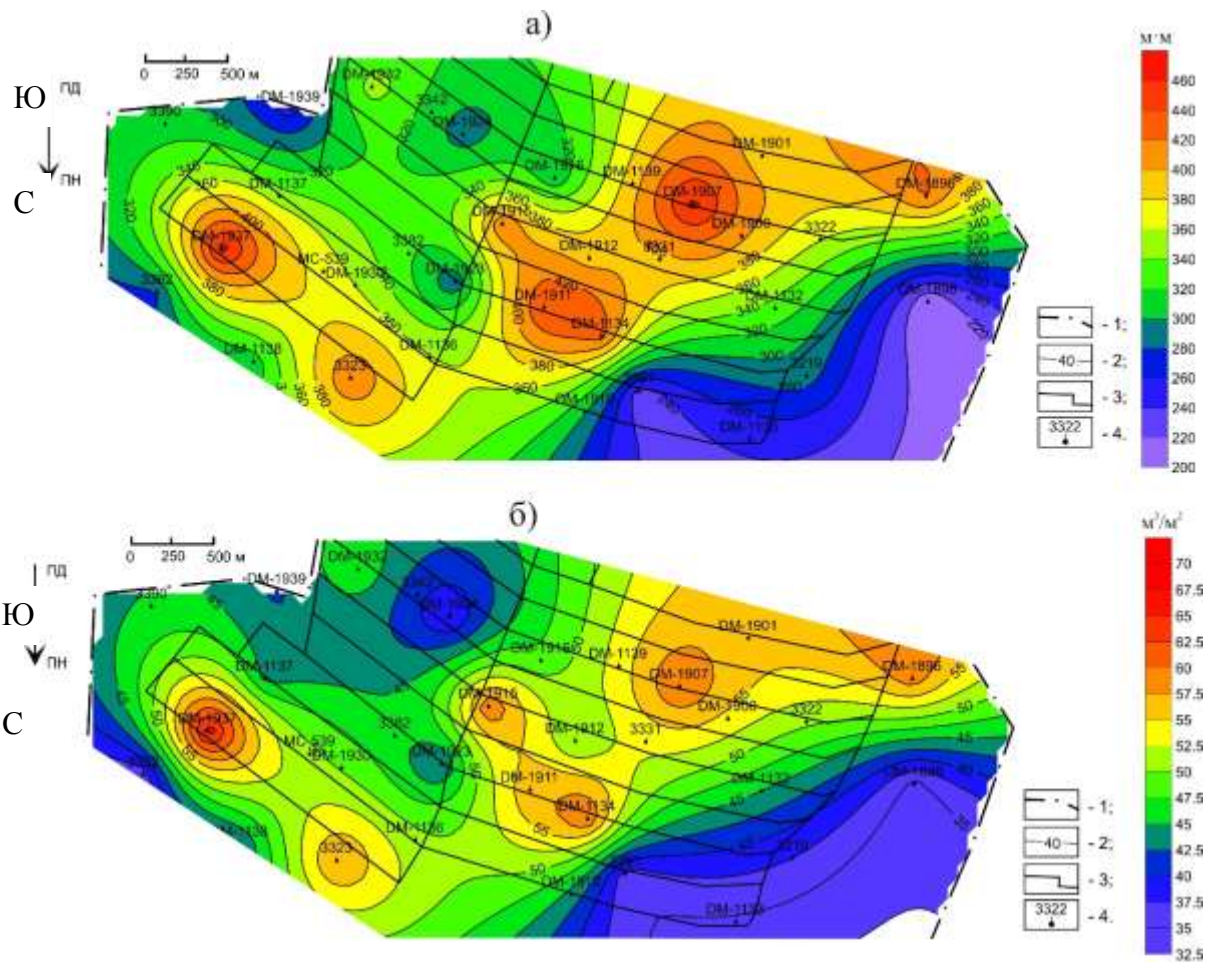
Результаты работы. Исследования были выполнены для ряда шахт, расположенных в Донецко-Макеевском геолого-промышленном районе, а именно шахты им. А.Ф. Засядько, «Чайкино» и им. В.М. Бажанова. Расчеты были выполнены по каждой скважине и по их результатам построены карты изолиний коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников. Полученные карты сопоставлялись с картами изолиний концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках над отработанным угольным пластом, построенные по результатам расчетов концентрации накопленных техногенных ресурсов метана для угольных пластов-спутников согласно методики [1, 3].

На шахте им. А.Ф. Засядько расчет коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников над пластом l_1 был выполнен по данным 22 геологоразведочных скважин. Основные характеристики и показатели метаноносности угольных пластов-спутников, расположенных в кровле пласта l_1 приведены в табл. 1. Уголь пласта l_1 относится к марке Ж.

После отработки угольного пласта l_1 , дегазируются пласты l_2^1 и l_3 , расположенные в зоне «быстрого» газа. Над отработанным угольным пластом, в зоне «медленного» газа, находится от двух до четырех угольных пластов и пропластков, основными из которых являются l_4, l_5, l_7^1 и l_8 . Были выполнены расчеты концентрации остаточных техногенных ресурсов метана и коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников над отработанным угольным пластом l_1 по данным скважин, пробуренным на поле шахты им. А.Ф. Засядько. По полученным данным была построена карта изолиний коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников (рис. 1а).

Таблица 1 – Основные характеристики и показатели метаносности угольных пластов-спутников в кровле пласта l_1 на поле шахты им. А.Ф. Засядько

№ п/п	Индекс пласта	Средняя мощность пласта, м	Расстояние по нормали от отработанного пласта, м		Пластовая газоносность $X_{у.пл.}$, М ³ /Т	Пластовая остаточная газоносность $X_{о.пл.}$, М ³ /Т
			от	до		
1	l_2^1	0,46	35,6	52,2	17,7	2,05
2	l_3	0,56	46,6	62,8		
3	l_4	0,97	63,8	81,7		
4	l_5	0,67	173,2	213,2		
5	l_6	0,59	195,6	216,9		



1 – границы шахтного поля; 2 – изолинии коэффициента строения углеродного массива (а), изолинии концентрации накопленных техногенных ресурсов метана (б);
 3 – границы отработанного пространства по угольному пласту;
 4 – геологоразведочные скважины

Рисунок 1 – Карта изолиний коэффициента строения углеродного массива для угольных пластов-спутников, м·м (а) и изолиний концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках м³/м² (б) над пластом l_1 на поле шахты им. А.Ф. Засядько

Минимальное значение коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников в районе скважин ДМ-1898 (199,7 м·м) и № 3391 (228,7 м·м). Скважиной ДМ-1898 в зоне «медленного» газа были перебурены четыре угольные пласта-спутника l_4 (мощность (m) 0,4 м, расстояние от подошвы пласта l_1 (M) 63,8 м), l_5 (m = 0,4 м, M = 97,6 м), l_7^I (m = 0,5 м, M = 101,2 м) и l_8 (m = 0,4 м, M = 211,4 м). Скважиной № 3391 перебурены два угольных пласта l_4 (m = 1,15 м, M = 78,2 м) и l_8 (m = 0,64 м, M = 216,85 м). Максимальные значения коэффициента получены для скважины ДМ-1937, которая расположена в северо-восточной части исследуемого участка шахтного поля. Значение коэффициента достигает значения 543,4 м·м. Такое значение обусловлено наличием в кровле угольного пласта l_1 четырех угольных пластов-спутников достаточно большой мощности и расположенных в зоне «медленного» газа. Это пласты l_4 (мощность (m) 1,1 м, расстояние от угольного пласта l_1 (M) 72,9 м), l_5 (m = 0,35 м, M = 110,6 м), l_7^I (m = 1,3 м, M = 180,0 м) и l_8 (m = 0,6 м, M = 197,0 м).

Степень метаморфизма угля, является важным фактором, влияющим на формирование скоплений метана в ненарушенном массиве [7, 8]. Однако в результате ведения горных работ и подработки углепородной толщи происходит частичная дегазация горного массива и перераспределение газа. В работе [9] отмечается, что степень метаморфизма угля и катагенеза вмещающих пород определяют их естественную и остаточную метаноносность, коллекторские и сорбционные свойства, что как следствие, должно влиять на перераспределение метана и характер формирования техногенных газовых скоплений.

Исходя из ранее полученных результатов [10] о том, что с ростом степени метаморфизма угля от марки Г к марке ОС наблюдается тенденция снижения концентрации накопленных техногенных ресурсов метана, сконцентрированного в песчаниках и ее увеличение в угольных пластах и пропластках и того, что концентрация накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках увеличивается с ростом степени метаморфизма угля, было сделано предположение о снижении объемов газа, выделяющегося из пластов-спутников при отработке угольного пласта в зону «быстрого» газа и не принимающего участия в формировании техногенных скоплений, с ростом метаморфизма углей. С этой целью были рассмотрены показатели изменения плотности ресурсов метана после отработки угольного пласта.

На рис. 1б приведена карта изолиний концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках над пластом l_1 . Данная карта построена на основании сравнения плотности ресурсов метана до подработки и концентрация накопленных техногенных ресурсов метана. Минимальные значения концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках отмечены в районе скважин ДМ-1898 и № 3392 и составляют $34,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$ и $35,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$ соответственно. Максимальные значения в районе скважины ДМ-1937 ($67,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$). В целом относительная концентрация накопленных техногенных ресурсов метана составляет от 62 до 84 % от исходной плотности ресурсов метана, при среднем значении 72 %.

Сравнение обеих карт (см. рис. 1) позволяет сделать вывод, что карты в общих очертаниях повторяют друг друга – участки шахтного поля с высокими значениями коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников совпадают с зонами высоких значений концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках.

На шахте «Чайкино» расчеты коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников над пластом m_3 были выполнены по данным 18 геологоразведочных скважин.

Поле шахты «Чайкино» расположено в северо-восточной части южного крыла Кальмиус-Торецкой котловины, висячем крыле Французского надвига, между Калиновской и Чайкинской флексурными складками. Угольный пласт m_3 по всему шахтному полю имеет устойчивую рабочую мощность (1,45 – 1,90 м) и сложное строение. В большинстве случаев верхняя угольная пачка мощностью 0,04 – 0,14 м отделена породным прослойком (0,03 – 0,09 м) от основной нижней пачки (1,40 – 1,65 м). В южной части поля пласт имеет 3-х пачечное строение. Граница распространения метановых газов на глубине 230 – 300 м. Метаноносность пласта m_3 14,7 – 27,4 м³/т.г.м. В условиях спокойного залегания газопроявления имеют обычный характер, а в зонах геологических нарушений были отмечены суфляры и выбросы угля и газа. Уголь пласта m_3 относится к марке Ж. Выход летучих веществ 27,6 – 34,4 %. Обе его угольные пачки малозольные (4,3 – 7,3 %).

В геологическом разрезе, над пластом m_3 в зоне влияния подработки, основными угольными пластами-спутниками, принимающими участие в формировании скоплений метана, являются m_4 , m_4^1 , m_4^3 , m_5^H , m_5^6 и m_5^1 . При проведении горных работ, дегазируется только пласт m_4 , остальные пласты-спутники расположены в зоне «медленного» газа. Основные характеристики и показатели метаноносности угольных пластов-спутников, расположенных в кровле пласта m_3 приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Основные характеристики и показатели метаноносности угольных пластов-спутников в кровле пласта m_3 на поле шахты «Чайкино»

№ п/п	Индекс пласта	Средняя мощность пласта, м	Расстояние по нормали от отработанного пласта, м		Пластовая газоносность $x_{y.пл.}$, М ³ /Т	Пластовая остаточная газоносность $x_{o.пл.}$, М ³ /Т
			от	до		
1	m_4	0,25	28,5	34,0	18,7	1,9
2	m_4^1	0,4	74,2	96,4	18,7	1,9
3	m_4^3	0,36	97,2	115,1	15,4	1,6
4	m_5^H	0,38	120,2	155,6	17,1	1,8
5	m_5^6	0,28	136,8	180,7	17,1	1,8
6	m_5^1	0,67	144,2	193,8	19,7	2,0

По результатам расчетов концентрации остаточных техногенных ресурсов

метана и коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников над отработанным угольным пластом m_3 были построены соответствующие карты, приведенные на рис. 2. Над угольным пластом m_3 в зоне «медленного» газа находится от двух до восьми угольных пластов-спутников. Наиболее мощными являются m_4^4 , m_5^u , m_5^e и m_5^1 .

Расчетами установлено, что минимальные значения коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников отмечены в районе скважин № 3638 и № 3780. Первая расположена в юго-восточной части участка шахтного поля. Значение коэффициента составляет 91,3 м·м. Такое низкое значение коэффициента вызвано наличием в зоне «медленного» газа только одного пласта-спутника m_5^1 мощностью 0,55 м и расположенного на расстоянии 166,0 м от угольного пласта m_3 .

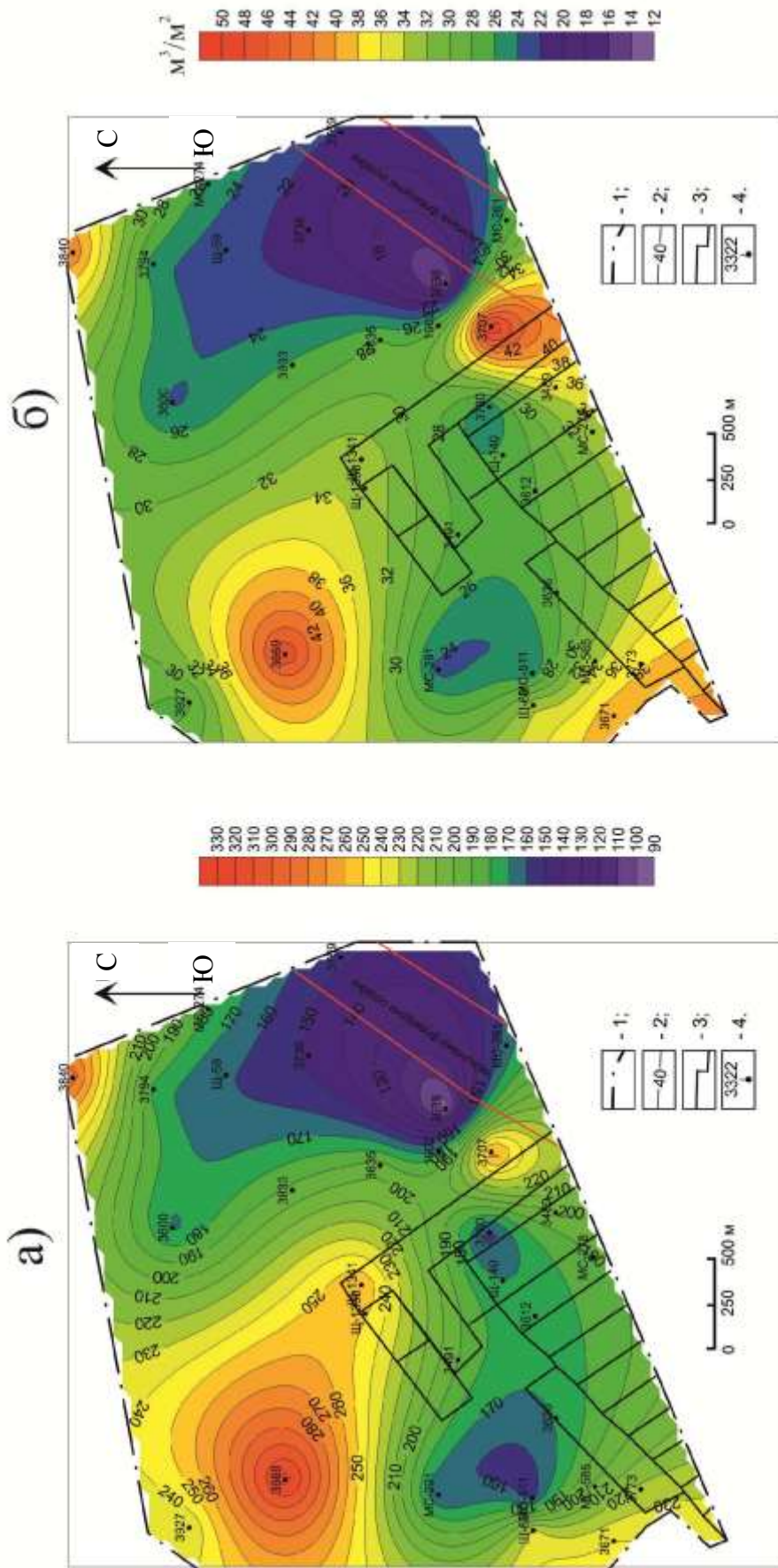
Вторая расположена в районе 17 восточного столба, вблизи западной части шахтного поля. Значение коэффициента составляет 154,1 м·м. Скважиной были перебурены два угольных пласта m_4^3 и m_5^1 . Мощность пласта m_4^3 составляет 0,4 м при расстоянии от отработанного пласта 109,4 м, пласта m_5^1 – 0,7 м при расстоянии 157,7 м.

Максимальные значения коэффициента были получены для скважин № 3669 и № 3840. Скважина № 3669 находится в северо-западной части шахтного поля. Коэффициент строения углепородного массива для угольных пластов-спутников достигает значения 327,1 м·м. Полученное значение вызвано увеличением количества и мощности угольных пластов-спутников в зоне «медленного» газа, это пласты m_4^1 , m_4^2 , m_4^3 , m_5^1 и m_5^3 . Скважина № 3840 расположена у восточной границы шахтного поля. Значение коэффициента составляет 286,8 м·м. Скважиной в зоне «медленного» газа были перебурены четыре угольные пласты-спутники m_4^1 , m_5^u , m_5^e и m_5^1 .

Результаты расчета коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников сравнивались со значениями концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках (см. рис. 2). Как видно на рисунке, зоны минимальных значений концентрации накопленных техногенных ресурсов совпадают с зонами минимальных значений коэффициента строения массива. Так в районе скважин № 3638 и 3780 минимальная концентрация накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках составляет $13,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$ и $24,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$ соответственно; максимальные значения отмечены в скважинах №№ 3669 и 3840 и составляют $47,9 \text{ м}^3/\text{м}^2$ и $41,8 \text{ м}^3/\text{м}^2$. Изолинии на обеих картах (см. рис. 3 а, б) в целом также повторяют друг друга.

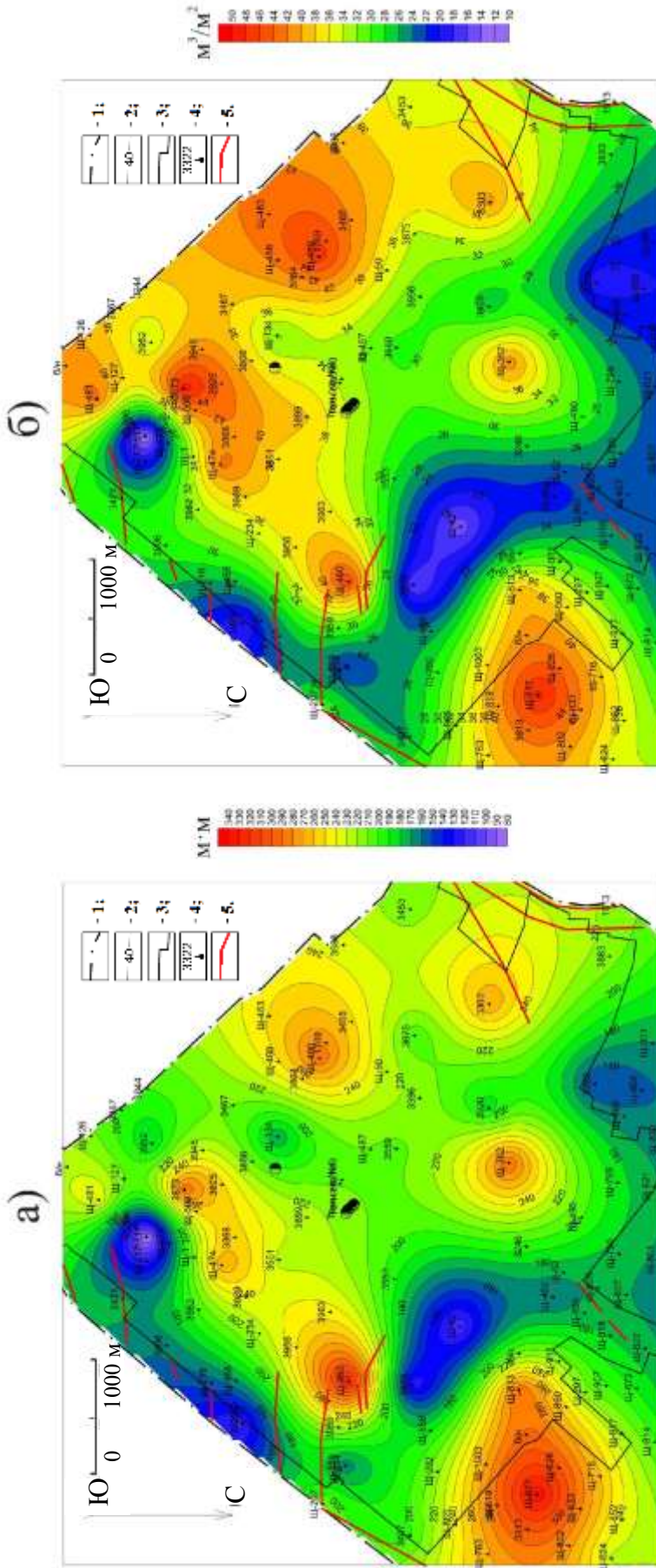
Таким образом, четко видна связь концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках со значениями коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников.

С целью оценки влияния степени метаморфизма углей на перераспределение метана из угольных пластов спутников было выполнено сравнение полученных значений концентрации накопленных техногенных ресурсов метана со значениями плотности ресурсов метана до подработки.



1 – границы шахтного поля; 2 – изолинии коэффициента строения углеродного массива, $m \cdot m$ (а); изолинии концентрации накопленных техногенных ресурсов метана, m^3/m^2 (б); 3 – границы отработанного пространства по угольному пласту; 4 – геолого-разведочные скважины

Рисунок 2 – Карта изолиний коэффициента строения углеродного массива для угольных пластов-спутников (а) и изолиний концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках (б) над пластом m_3 на поле шахты «Чай-кино»



1 – границы шахтного поля; 2 – изолинии коэффициента строения углеродного массива, $m \cdot m$ (а); изолинии концентрации накопленных техногенных ресурсов метана, m^3/m^2 (б); 3 – границы отработанного пространства по угольному пласту; 4 – геолого-разведочные скважины

Рисунок 3 – Карта изолиний коэффициента строения углеродного массива для угольных пластов-спутников (а) и изолиний концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках (б) над пластом m_3 на поле шахты им.

В.М. Бажанова

Относительное значение концентрации накопленных техногенных ресурсов метана над пластом m_3 на поле шахты «Чайкино» составляет от 58 % до 100 % по сравнению с соответствующим значением первичных ресурсов до отработки угольного пласта. Среднее значение составляет 90 %.

На шахте им. В.М. Бажанова были получены аналогичные результаты, подтверждающие установленную выше связь.

Шахта им. В.М. Бажанова разрабатывает угольный пласт m_3 . Шахтное поле расположено ниже по падению пород от шахты «Чайкино» таким образом, что техническая граница между ними проходит на глубине около 800 м. Нижняя техническая граница шахтного поля размещена на северо-востоке и проходит на глубине около 1200 м.

Угольный пласт m_3 на всем поле характеризуется выдержанной мощностью (1,5 – 1,7 м) и сложным, двухпачечным строением. Верхняя угольная пачка мощностью 0,05 – 0,15 м отделена породным прослойком (0,05 – 0,10 м) от основной угольной пачки мощностью 1,10 – 1,65 м. Угольный пласт относится к марке К, является малозольным, содержание серы в нем не превышает 2,5 – 3,5 %.

Основными пластами-спутниками, формирующими скопления метана над пластом m_3 в зоне влияния подработки, являются m_4 , m_4^0 , m_4^1 , m_5^h , m_5^g и m_5^l . После отработки угольного пласта m_3 , дегазируются пласты m_4 и m_4^0 , остальные расположены в зоне «медленного» газа. Основные характеристики угольных пластов спутников приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Основные характеристики и показатели метаноносности угольных пластов-спутников в кровле пласта m_3 на поле шахты им. В.М. Бажанова

№ п/п	Индекс пласта	Средняя мощность пласта, м	Расстояние по нормали от отработанного пласта, м		Пластовая газонаосность $x_{у.пл.}$, М ³ /Т	Пластовая остаточная газонаосность $x_{о.пл.}$, М ³ /Т
			от	до		
1	m_4	0,29	22,1	45,5	16,1	2,2
2	m_4^0	0,25	29,3	68,9	16,1	2,2
3	m_4^1	0,49	81,3	94,9	14,0	1,8
4	m_5^h	0,31	135,3	189,6	15,6	2,0
5	m_5^g	0,27	144,9	170,2	15,6	2,0
6	m_5^l	0,67	155,9	208,2	15,6	2,0

По результатам расчета минимальные значения коэффициента строения массива получены для скважин № 1811 (73,2 м·м) и Щ-42 (111,6 м·м), что было вызвано наличием только одного пласта-спутника в зоне «медленного» газа. Максимальное значение установлено в скважине Щ-817 и составляет 339,4 м·м.

Такое значение вызвано наличием в зоне «медленного» газа пяти угольных пластов-спутников: m_4^1 (мощность (м) 0,45 м, расстояние от угольного пласта m_3 (М) 88,6 м), m_5^h (м = 0,62 м, М = 160,4 м), m_5^g (м = 0,2 м, М = 170,2 м), m_5^l (м = 0,7 м, М

= 178,0 м) и m_5^3 ($m = 0,2$ м, $M = 207,2$ м).

По результатам расчетов концентрации остаточных техногенных ресурсов метана и коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников над отработанным угольным пластом построены карты, приведенная на рис. 3.

Минимальные значения концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах спутниках отмечены в районе скважин № 1811 и Щ-62 и составляют $11,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$ и $14,6 \text{ м}^3/\text{м}^2$ соответственно. Максимальные значения – в районе скважин Щ-817 ($48,8 \text{ м}^3/\text{м}^2$) и № 3873 ($49,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$). При сравнении карт четко видно совпадение зон с повышенными и пониженными значениями по обоим показателям.

Для определения влияния степени метаморфизма углей на перераспределение метана из угольных пластов-спутников на поле шахты им. В.М. Бажанова было выполнено сравнение полученных значений концентрации накопленных техногенных ресурсов метана со значениями плотности ресурсов метана до подработки.

Значение концентрации накопленных техногенных ресурсов метана над пластом m_3 на поле шахты им. В.М. Бажанова составляет от 58 % до 100 % от первоначального значения до отработки угольного пласта, при среднем значении 91 %.

Выводы. Сравнение коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников и концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в подработанном углепородном массиве по трем шахтам Донецко-Макеевского геолого-промышленного района показывает, что увеличение концентрации накопленных техногенных ресурсов метана вызвано увеличением количества и мощности угольных пластов-спутников в северо-восточном направлении, что связано с увеличением мощности угленосной толщи. Таким образом, рост концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в подработанной углепородной толще шахт Донецко-Макеевского района в этом направлении связан с региональными изменениями геологического строения бассейна, а именно увеличением мощности и глубины залегания угленосных свит, а также увеличением суммарной мощности пластов-спутников.

По результатам оценки изменения плотности ресурсов метана в угольных пластах-спутниках при подработке и сопоставлении со степенью метаморфизма отработанных угольных пластов было установлено, что с увеличением степени метаморфизма каменных углей увеличивается значение ресурсов метана, принимающего участие в формировании техногенных скоплений: так над пластом l_1 на поле шахты им. А.Ф. Засядько (марка углей Г-Ж, Ж) значение концентрации накопленных техногенных ресурсов метана в угольных пластах-спутниках составляет 72 % от значения до подработки, над пластом m_3 на поле шахты «Чайкино» (марка углей Ж) составляет 90 %, над пластом m_3 на поле шахты им. В.М. Бажанова (марка углей К) – 91 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Лукинов, В.В. Вплив регіональних закономірностей будови вуглепородного масиву на формування техногенних скупчень метану в підробленій гірській товщі / В.В. Лукинов, О.В. Приходченко, Ю.М. Нагорний // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2012. – Вып. 102. – С. 285-292.
2. Алексеев, В.Г. Донецко-Макеевский угленосный район: в 8 т.т. / В.Г. Алексеев // Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. - Госгеолотехиздат.-1963. - Т. 1. - С.348-405.
3. Приходченко, О.В. Гірничо-геологічні умови перерозподілу метану в підробленому вуглепородному масиві: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук: 04.00.16 / О.В. Приходченко. – Дніпропетровськ: НГУ, 2013. - 19 с.
4. Лукинов, В.В. Принципы оценки ресурсов извлекаемого метана из подработанной углепородной толщи / В.В. Лукинов, В.В. Фичев, А.П. Клец // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2002.– Вып. 32. – С. 30–40.
5. Иофис, М. А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М.А. Иофис, А.И. Шмелёв. – М.: Недра, 1985. – 248 с.
6. Лукинов, В.В. Влияние техногенного фактора на физические свойства песчаников / В.В. Лукинов, Л.Л. Шкуро, К.А. Безручко // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 5. – С.12 – 16.
7. Забигайло, В.Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В.Е. Забигайло, В.И. Николин. – К.: Наук. думка, 1990. – 168 с.
8. Мировой опыт и перспективы применения в Украине сейсмического метода при поисках, разведке и добыче метана угольных месторождений / А.В. Анциферов, С.В. Гошовский, Н.В. Жикаляк [и др.] // Геофизический журнал. – 2008. – № 6. – С. 3–22.
9. Лукинов, В.В. Метан закрытых шахт – проблемы и решения / В.В. Лукинов // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2006. – Вып. 67. – С. 55–67.
10. Приходченко, А.В. Влияние степени метаморфизма углей на перераспределение метана в подработанной углепородной толще / А.В. Приходченко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 94. – С. 186–192.

REFERENCES

1. Lukinov V.V., Prykhodchenko O.V. and Nagornyi Yu.M. (2012), “Regional regularities influence of coal-rock massif structure on formation of technogenic methane concentrations in the underworked mine strata”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 102, pp. 285-292.
2. Alekseyev, V.G. (1963), “Vol. 1. Geology of coal deposits and combustible shales in USSR”, *Donetsko-Makeyevskiy uglenosnyy rayon* [Donetsk-Makeyevka coal-bearing district], Gosgeolotekhzdat, SU, pp. 348-405.
3. Prykhodchenko, O.V. (2013), “Mining and geological conditions of methane redistribution in underworked coal-rock massif, Abstarct of Ph.D. Dissertation, National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine.
4. Lukinov V.V., Fichev V.V. and Klets A. P. (2002), “Resources assessment principles of recoverable methane from underworked coal-rock strata”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 32, pp. 30-40.
5. Iofis M.A. and Shmelev A.I. (1985), *Inzhenernaya geomekhanika pri podzemnykh razrabotkakh* [Engineering geomechanics in underground workings], Nedra, Moscow, SU.
6. Lukinov V.V., Shkuro L.L. and Bezruchko K.A. (2010) “Influence of technogenic factor on physical properties of sandstones”, *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no. 5, pp. 12-16.
7. Zabigaylo V.Ye. and Nikolin V.I. (1990), *Vliyaniye katageneza gornykh porod i metamorfizma ugley na ikh vybrosopasnost* [Influence of rocks katagenesis and metamorphism of coals on their outburst hazard], Naukova dumka, Kyiv, SU.
8. Antsiferov A.V., Goshovskiy S.V. and Zhikalyak N.V. (2008), “The world experience and seismic method perspectives when prospecting, exploration and extraction of methane from coal deposits in Ukraine”, *Geofizicheskiy zhurnal*, no. 6, pp. 3-22.
9. Lukinov V.V. (2006), “Methane of closed mines - problems and solutions”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 67, pp. 55-67.
10. Prikhodchenko A.V. (2011), “Influence of coals metamorphism degree on the redistribution of methane in underworked coal-rock strata”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 94, pp. 186-192.

Об авторах

Безручко Константин Андреевич, доктор геологических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, gvrvg@meta.ua

Приходченко Светлана Юрьевна, кандидат геологических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник отдела геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, gvrvg@meta.ua

Приходченко Алексей Васильевич, кандидат геологических наук, научный сотрудник отдела геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, gvrvg@meta.ua

Дрожжа Татьяна Михайловна, ведущий инженер отдела геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, gvrvg@meta.ua

About the authors

Bezruchko Konstantyn Andreyevich, Doctor of Geology Sciences (D. Sc), Senior Researcher, Head of Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Prykhodchenko Svetlana Yuriyevna, Ph.D., Candidate of Geological Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, a Senior Researcher in the Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU IGTM), Dnepropetrovsk, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Prykhodchenko Aleksey Vasiliyevich, Ph.D., Candidate of Geological Sciences (Ph.D.), a Researcher in the Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU IGTM), Dnepropetrovsk, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Drozha Tatyana Mikhaylovna, Master of Science, Principal Engineer of Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Анотація. Розглянуті основні геологічні чинники, які визначають перерозподіл метану в підробленому вуглепородному масиві – регіональні зміни вугленосності, ступінь метаморфізму вугільних пластів, будова вугленосної товщі.

Встановлено, що збільшення концентрації накопичених техногенних ресурсів метану спричинене збільшенням кількості та потужності вугільних пластів-супутників у північно-східному напрямку, що пов'язано зі збільшенням потужності вугленосної товщі, тобто зростання концентрації накопичених техногенних ресурсів метану в підробленій вуглепородній товщі шахт Донецько-Макіївського району в цьому напрямку пов'язане з регіональними змінами геологічної будови басейну, а саме із зростанням ступеня метаморфізму кам'яного вугілля, збільшенням потужності і глибини залягання вугленосних свит, а також збільшенням сумарної товщини пластів-супутників.

За результатами оцінки зміни щільності ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках при підробленні та зіставленні зі ступенем метаморфізму відпрацьованих вугільних пластів показано, що зі збільшенням ступеня метаморфізму кам'яного вугілля збільшується обсяг ресурсів метану, що бере участь у формуванні техногенних скупчень.

Ключові слова: підроблений вуглепородний масив, геологічні чинники, вугільний метан, накопичені техногенні ресурси.

Abstract. The paper describes main geological factors, which determine methane redistribution in the undermined coal-rock massif and include the following: regional changes of coal-bearing rates, degree of coal layer metamorphism, and structure of the carboniferous strata.

It is stated that concentration of accumulated technogeneuous resources of methane is increased due to the increased number and thickness of coal satellite layers in the north-east direction, which is associated with an increase of carboniferous strata capacity, i.e. the growing concentration of accumulated technogeneuous resources of methane in the undermined coal-rock strata in mines of Donetsk-Makeyevka district in this direction is associated with the regional changes of the basin geological structure, namely with increasing metamorphism degree of coals, increasing thickness and depth of the coal-bearing suits bedding, and increasing total thickness of the satellite layers.

Evaluation of methane resource density changes in the coal satellite layers at undermining and comparison of the results with metamorphism degree of the worked-out coal layers have shown that meaning of methane resources participating in formation of technogeneuous accumulations grows with increasing degree of the coals metamorphism.

Keywords: undermined coal-rock massif, geological factors, coal methane, accumulated technogeneuous resources.

Статья поступила в редакцию 18.04.2016

Рекомендовано к печати д-ром геол. наук Л.И. Пимоненко