

УДК 553.981.4.002.68:553.94.076

ОЦІНКА ВПЛИВУ БУДОВИ ВУГЛЕНОСНОЇ ТОВЩІ НА ГУСТОТУ НАКОПИЧЕНИХ ТЕХНОГЕННИХ РЕСУРСІВ ВУГІЛЬНОГО МЕТАНУ**¹Лукинов В.В., ¹Безручко К.А., ¹Приходченко О.В., ¹Приходченко С.Ю.**¹*Институт геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України***ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРОЕНИЯ УГЛЕНОСНОЙ ТОЛЩИ НА ПЛОТНОСТЬ НАКОПЛЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСОВ УГОЛЬНОГО МЕТАНА****¹Лукинов В.В., ¹Безручко К.А., ¹Приходченко А.В., ¹Приходченко С.Ю.**¹*Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины***ESTIMATION OF INFLUENCE OF CARBONIFEROUS STRATUM STRUCTURE ON DENSITY OF ACCUMULATED ANTHROPOGENIC RESOURCES OF COAL METHANE****¹Lukinov V.V., ¹Bezruchko K.A., ¹Prykhodchenko O.V., ¹Prykhodchenko S.Y.**¹*Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine*

Анотація. Виконано оцінку впливу будови вуглепородного масиву (кількість пластів-супутників, їх потужність і відстань до основного пласта, що відпрацьовується) на густоту накопичених техногенних ресурсів вугільного метану. Коефіцієнт будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників розраховується за даними геологорозвідувальних свердловин для кожного пласта і являє собою суму добутків потужності кожного пласта-супутника на його відстань до підшови відпрацьованого вугільного пласта. Визначення густоти накопичених техногенних ресурсів метану проводилося розрахунковим методом за геологічними даними шляхом побудови відповідних карт. Оцінка концентрації накопичених техногенних ресурсів метану виконувалася окремо по кожній свердловині в пісковиках і вугільних пластах-супутниках. Для реалізації методу попередньо встановлювався інтервал, який був порушений в результаті проведення гірничих робіт і в ньому виділялися зони "швидкого" і "повільного" газу. На прикладі шахт Донецько-Макіївського геолого-промислового району доведено, що будова вуглепородного масиву впливає на густоту накопичених техногенних ресурсів метану на відпрацьованих ділянках діючих шахт і закритих шахтах - карти густоти накопичених техногенних ресурсів і карти коефіцієнта будови вуглепородного масиву збігаються, а саме місця підвищених, середніх і низьких значень густоти ресурсів метану. Збільшення густоти накопичених техногенних ресурсів метану викликане збільшенням кількості і потужності вугільних пластів-супутників, що, в свою чергу, пов'язано зі збільшенням потужності вугленосної свити. Доведено, що найбільш перспективними зонами для пошуку техногенних газових скупчень є зони збігу підвищених значень коефіцієнта будови вуглепородного масиву і значень густоти накопичених техногенних ресурсів метану. Запропоновано для попередньої прогнозу оцінки і виділення потенційно газонасичених зон техногенного походження використовувати карти коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників.

Ключові слова: метан, вуглепородний масив, техногенні ресурси метану, вугільний пласт.

Одним з головних завдань національної економіки України є забезпечення держави власними паливно-енергетичними ресурсами. У зв'язку із значним виснаженням, розвіданих свого часу, запасів вуглеводнів, основні перспективи відкриття нових покладів можуть бути пов'язані з нетрадиційними джерелами газу, зокрема, низькопористими колекторами вугленосної товщі [1].

Метан є головним компонентом газів вугільних родовищ і практично вся продуктивна вугленосна товща насичена метаном. Останніми роками видобуток цієї сировини вугільних родовищ у розвинених країнах світу досяг межі, сумірної з обсягами видобутку природного газу. Так, у США з 2010 р. видобуток метану на вугільних родовищах складає не менш 60 млрд м³ на рік [2], що становить понад 10 % загального обсягу видобутого сухого газу.

Окрім США, промисловий та експериментальний видобуток метану вугільних родовищ та наукові дослідження у цьому напрямку ведуться також у багатьох країнах світу, зокрема: Канаді, ФРН, Великобританії, Китаї, Австралії, Індії, Чехії та Польщі [3–5].

Ресурси цього корисного енергоносія в Україні оцінюються, за різними джерелами, від 3,8 до 25,0 трлн м³, що набагато перевищує ресурси природного газу [6]. Тобто метан вугільних родовищ є значним резервом для нарощування власних обсягів видобутку енергетичної сировини. Підхід до оцінки метану, як самостійної корисної копалини відкриває нові (не тільки шахтні) можливості комплексного освоєння вугільних родовищ як метановугільних.

Видобуток вугілля в газових шахтах під час їх експлуатації і після завершення очисних робіт супроводжується перерозподілом метану у вуглепородному масиві та його виділенням у гірничі виробки. Джерела його надходження – вугільні пласти (зруйноване вугілля та його відкриті відслонені поверхні на стінках виробок), що розробляються, підроблений та надроблений вуглепородні масиви (пласти-супутники та вміщуючі породи в покрівлі і підшві робочого пласта), вироблений простір відпрацьованих лав. Вільний метан частково вилучається шахтними системами вентиляції та дегазації, а частина, що залишилася, може формувати, згодом, техногенні газові скупчення.

Мета роботи - з'ясування впливу будови вуглепородного масиву на формування скупчень вугільного метану на відпрацьованих ділянках діючих шахт та закритих шахтах для подальшої оцінки накопичених техногенних ресурсів.

Під терміном «будова вуглепородного масиву» слід розуміти сукупність парагенетично пов'язаних між собою комплексів вугленосних порід, які утворюються у результаті взаємодії сприятливих для вуглеутворення геотектонічних та фаціальних чинників [7].

Для досягнення мети досліджень виконувалася оцінка густоти накопичених техногенних ресурсів метану розрахунковим методом [8, 9], кількісна оцінка будови масиву за геологічними даними шляхом побудови відповідних карт та порівняльного аналізу побудованих карт густоти накопичених техногенних ресурсів, у межах впливу відпрацювання вугільного пласту на породи, що залягають вище та карт коефіцієнту будови цього підробленого вуглепородного масиву. Дослідження виконувалися на полях шахт ім. О.Ф. Засядька, «Чайкіно» та ім. В.М. Бажанова Донецько-Макіївського геолого-промислового району.

Для перевірки припущення, що чинником, який суттєво впливає на збільшення густоти накопичених техногенних ресурсів метану є будова підробленого вуглепородного масиву, а саме, у більшості випадків, це кількість пластів-супутників, їх товщина та відстань до основного пласта, що відробляється, було введено коефіцієнт будови підробленого масиву для вугільних пластів-супутників $k_{б.м.в.}$, які є найпотужнішими акумуляторами метану.

Коефіцієнт будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників розраховується за даними геологорозвідувальних свердловин для кожного

пласту і представляє собою суму добутків потужності кожного пласта-супутника на його відстань до підосви відпрацьованого вугільного пласту:

$$k_{б.м.в.} = \sum (m_{ei} \cdot M_{ei} + m_{e2} \cdot M_{e2} + \dots + m_{ei} \cdot M_{ei})$$

де $m_{e1, e2, \dots, ei}$ – потужність вугільного пласту, м; $M_{e1, e2, \dots, ei}$ – відстань від підосви відробленого вугільного пласта до вугільного пласта чи пропластку, що досліджується, м.

Тобто коефіцієнт враховує кількість, товщину та розташування вугільних пластів-супутників у зоні впливу гірничих робіт і розраховується по кожній свердловині та характеризує будову відробленої вуглепородної товщі.

Розрахунки були виконані по кожній свердловині та за результатами побудовані карти ізоліній коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників досліджуваних шахт. Отримані карти були зіставлені з картами ізоліній густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках над відробленим вугільним пластом.

Підрахунок густоти накопичених техногенних ресурсів метану виконувався за методикою, наведеною у роботах [8, 9], де викладено основні положення методу оцінки концентрації накопичених техногенних ресурсів метану над відробленим вугільним пластом. Оцінка концентрації накопичених техногенних ресурсів метану виконується окремо за кожною свердловиною в пісковиках та вугільних пластах-супутниках. Для реалізації метода запропоновано попередньо встановлювати інтервал, який внаслідок проведення гірничих робіт був порушений та виокремити в ньому зони «швидкого» та «повільного» газу. Оскільки визначення зони порушення вуглепородного масиву тріщинами в межах впливу гірничих робіт дозволяє умовно поділити його на дві частини: перша – порушена тріщинами, з якої газ потрапляє безпосередньо до лави (зона «швидкого газу») та друга – зі збільшеними значеннями проникності (відносно непорушеного стану), з якої газ поступово дренує до першої зони, акумулюючись у ній та згодом утворюючи техногенні скупчення метану (зона «повільного газу»).

Після чого в інтервалі зони «повільного газу» виконується аналіз геологічного розрізу та розраховується концентрація накопичених ресурсів метану для пісковику товщиною більше 5 м та вугільних пластів-супутників товщиною від 0,2 м та більше. Розрахунок концентрації накопичених ресурсів в пісковиках (P_{n3}) виконується за формулою:

$$P_{n3} = \sum_{i=1} x_{ni} \cdot m_{ni},$$

де x_{ni} – газонасність пісковику, м³/м³; m_{ni} – товщина шару пісковику, м.

Концентрація накопичених ресурсів метану у вугільних пластах та прошарках (P_{e3}) розраховується за формулою:

$$P_{e3} = \sum_{i=1} (x_{ei} - x_{eoi}) \cdot m_e \cdot \rho_{гвг},$$

де x_{ei} – пластова газоносність вугільного пласта-супутника, $\text{м}^3/\text{т}$; x_{eoi} – пластова залишкова газоносність вугільного пласта-супутника, $\text{м}^3/\text{т}$; m_i – товщина вугільного пласта-супутника, м ; $\rho_{\text{вуг}}$ – пластова густина вугільного пласта-супутника, $\text{т}/\text{м}^3$.

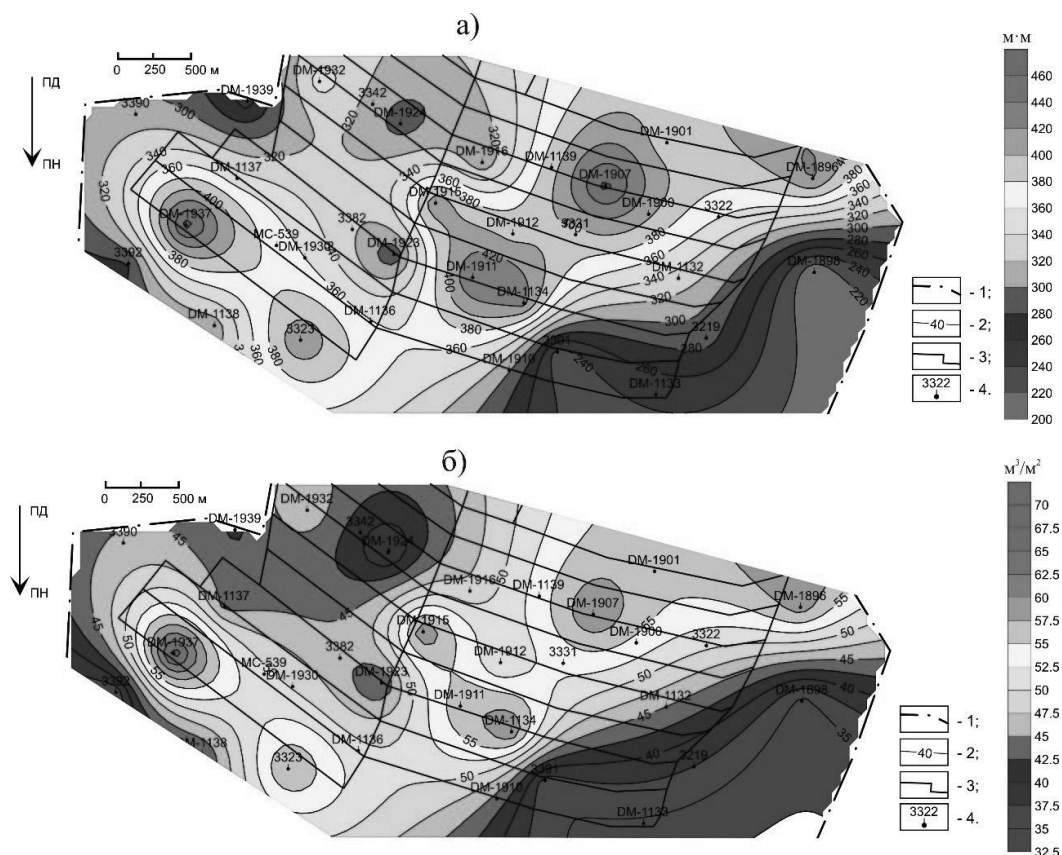
Розрахунок концентрації накопичених техногенних ресурсів метану виконується для кожної окремої свердловини і складається з густоти ресурсів метану в пісковиках та пластах-супутниках, розташованих у зоні «повільного газу»:

$$P_z = P_{nz} + P_{\text{вз}}$$

За результатами оцінки в межах досліджуваної площі, методом інтерполяції з використанням результатів, отриманих по кожній свердловині, складають карту ізоліній концентрації накопичених техногенних ресурсів метану. Зони на карті, в яких значення концентрації перевищують середнє значення, вважаються найбільш перспективними для скупчення вільного газу.

На шахті ім. О.Ф. Засядька розрахунок коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників над пластом l_1 було виконано за даними 22 геологорозвідувальних свердловин (рис. 1). Над відробленим вугільним пластом, в зоні «повільного газу», розташовано від двох до чотирьох вугільних пластів та пропластків, основними з яких є l_4 , l_5 , l_7^I та l_8 . Мінімальне значення коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників у районі свердловин ДМ-1898 (199,7 м·м) та № 3391 (228,7 м·м). Свердловиною ДМ-1898 у зоні «повільного газу» були перебудурені чотири вугільні пласти-супутники: l_4 (потужність (m) 0,4 м, відстань від підшви вугільного 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) та l_8 ($m = 0,4$ м, $M = 211,4$ м). Свердловиною № 3391 перебудурені два вугільні пласти: l_4 ($m = 1,15$ м, $M = 78,2$ м) та l_8 ($m = 0,64$ м, $M = 216,85$ м).

Максимальні значення коефіцієнту отримані для свердловини ДМ-1937, яка розташована в північно-східній частині ділянки шахтного поля, що досліджується. Значення коефіцієнту досягає значення 543,4 м·м. Таке значення зумовлене наявністю в покрівлі вугільного пласта l_1 чотирьох вугільних пластів-супутників достатньо великої потужності та розташованих на оптимальній для формування покладів техногенного метану відстані від гірничих виробок. Це пласти: l_4 (потужність (m) 1,1 м, відстань від вугільного 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) та l_8 ($m = 0,6$ м, $M = 197,0$ м). Для порівняння на рис. 1 (б) наведено карту ізоліній густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках над пластом l_1 .



1 – границі шахтного поля; 2 – ізолінії коефіцієнту будови вуглепородного масиву (а), ізолінії густоти накопичених техногенних ресурсів метану (б); 3 – границі віддробленого простору по вугільному пласту; 4 – геологорозвідувальні свердловини

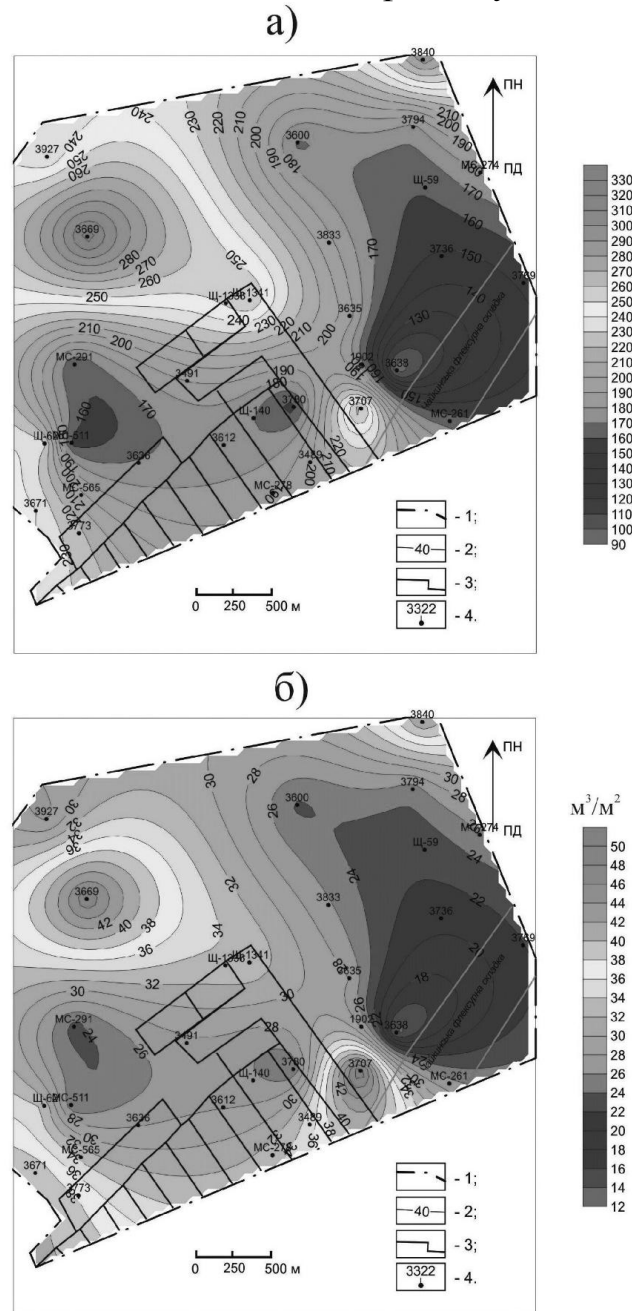
Рисунок 1 – Карта ізоліній коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників, $\text{м} \cdot \text{м}$ (а) та ізоліній густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках $\text{м}^3/\text{м}^2$ (б) над пластом l_1 на полі шахти ім. О.Ф. Засядька

Мінімальні значення густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах супутників відмічені в районі свердловин ДМ-1898 та № 3392 і складають $34,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$ та $35,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$ відповідно. Максимальні значення в районі свердловини ДМ-1937 ($67,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$). Порівнявши обидві карти отримуємо можливість зробити висновок, що ділянки шахтного поля з високими значеннями коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників співпадають з зонами високих значень густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках.

На шахті «Чайкіно» коефіцієнт будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників над пластом m_3 було виконано за даними 18 геологорозвідувальних свердловин. За результатами розрахунків була побудована карта, наведена на рис. 2(а). Над вугільним пластом m_3 в зоні «повільного газу» розташовано від двох до восьми вугільних пластів-супутників. Найбільш потужними є m_4 , m_4^4 , m_5^H , m_5^6 та m_5^1 .

Розрахунками було встановлено, що мінімальні значення коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників відмічені в

районі свердловин № 3638 та № 3780. Перша розташована в південно-східній частині ділянки шахтного поля. Значення коефіцієнту становить 91,3 м·м.



1 – границі шахтного поля; 2 – ізолінії коефіцієнту будови вуглепородного масиву, м·м (а);
ізолінії густоти накопичених техногенних ресурсів метану, $\text{м}^3/\text{м}^2$ (б); 3 – границі
відробленого простору по вугільному пласту; 4 – геологорозвідувальні свердловини

Рисунок 2 – Карта ізоліній коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників (а) та ізоліній густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках (б) над пластом m_3 на полі шахти «Чайкіно»

Таке низьке значення коефіцієнту викликано наявністю в зоні «повільного газу» лише одного пласта-супутника m_5^1 потужністю 0,55 м та розташованого на відстані 166,0 м від вугільного пласта m_3 .

Друга розташована в районі 17 східного стовбуру близько західної частини шахтного поля. Значення коефіцієнту становить 154,1 м·м. Свердловиною були перебудурені два вугільні пласти m_4^3 та m_5^1 .

Потужність пласта m_4^3 становить 0,4 м за відстанню від відробленого вугільного пласта 109,4 м, пласта m_5^1 – 0,7 м при відстані 157,7 м. Максимальні значення коефіцієнту були отримані для свердловин № 3669 та № 3840. Свердловина № 3669 розташована у північно-західній частині шахтного поля. Коефіцієнт будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників досягає значення 327,1 м·м. Отримане значення викликано збільшенням кількості та потужності вугільних пластів-супутників у зоні «повільного газу», це пласти m_4^1 , m_4^2 , m_4^3 , m_5^1 та m_5^3 . Свердловина № 3840 розташована біля східної межі шахтного поля. Значення коефіцієнту становить 286,8 м·м. Свердловиною в зоні «повільного газу» були перебудурені чотири вугільні пласти-супутники: m_4^1 , m_5^H , m_5^6 та m_5^1 . Товщина пластів та відстань від вугільного пласта m_3 для свердловин № № 3669 та 3840 наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Потужність вугільних пластів-супутників та відстань від вугільного пласта m_3 в районі свердловин № № 3669 та 3840 на полі шахти «Чайкіно»

Синоніміка вугільного пласта-супутника	Потужність вугільного пласта-супутника, м	Відстань за нормаллю від вугільного пласта m_3 , м	Коефіцієнт будови вуглепородного масиву для вугільних пластів- супутників, м·м
Свердловина № 3669			
m_4^I	0,35	81,2	327,1
m_4^2	0,25	93,6	
m_4^3	0,35	109,4	
m_5^I	0,80	157,8	
m_5^3	0,50	221,6	
Свердловина № 3840			
m_4^I	0,30	89,1	286,8
m_5^H	0,45	155,6	
m_5^6	0,45	158,6	
m_5^I	0,70	169,5	

Результати розрахунку коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників були порівняні зі значеннями густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках (рис. 2 б). Як видно з рисунку, зони мінімальних значень густоти накопичених техногенних ресурсів співпадають із зонами мінімальних значень коефіцієнту. Так в районі свердловин № 3638 та № 3780 мінімальна густота накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках становить $13,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$ та $24,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$ відповідно; максимальні значення відмічені в свердловинах № № 3669 та 3840 і становлять $47,9 \text{ м}^3/\text{м}^2$ та $41,8 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

Таким чином, чітко простежується зв'язок густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках із значеннями коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників.

На шахті ім. В.М. Бажанова були отримані аналогічні результати, які підтверджують вищевстановлений зв'язок. За результатами розрахунку мінімальні значення коефіцієнту будови отримано для свердловин № 1811 (73,2 м·м) та Щ-42 (111,6 м·м), що було викликано наявністю лише одного пласта-супутника в зоні «повільного газу». Максимальне значення встановлено в свердловині Щ-817 і становить 339,4 м³/м².

Таке значення викликано наявністю в зоні «повільного газу» п'яти вугільних пластів-супутників: m_4^1 (потужність (m) 0,45 м, відстань від вугільного пласта m_3 (M) 88,6 м), m_5^H ($m = 0,62$ м, $M = 160,4$ м), m_5^6 ($m = 0,2$ м, $M = 170,2$ м), m_5^1 ($m = 0,7$ м, $M = 178,0$ м) та m_5^3 ($m = 0,2$ м, $M = 207,2$ м). За результатами розрахунків побудовано карту, наведену на рис. 3 (а).

На рис. 3 (б) наведено карту ізоліній густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках. Мінімальні значення густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках відмічені в районі свердловин № 1811 та Щ-62 і становлять 11,3 м³/м² та 14,6 м³/м² відповідно. Максимальні значення - в районі свердловин Щ-817 (48,8 м³/м²) та № 3873 (49,5 м³/м²). Таким чином, порівнявши обидві карти чітко видно збіг зон з підвищеними та зниженими значеннями за обома показниками.

Висновки.

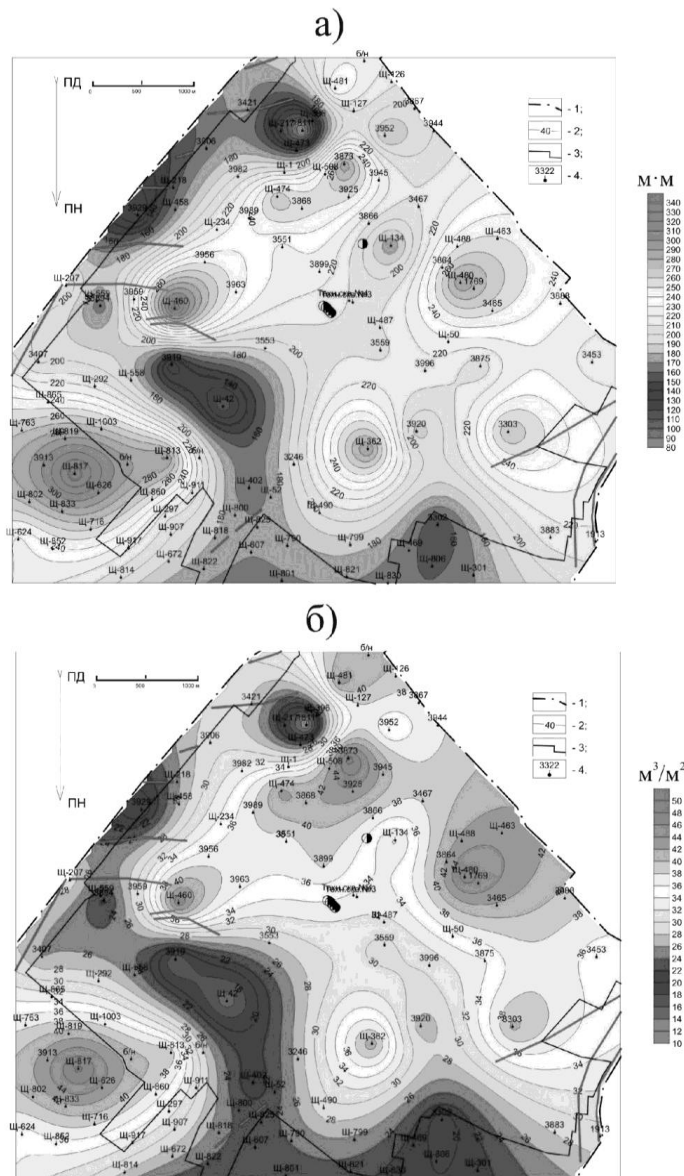
В результаті виконаних досліджень доведено, що будова вуглепородного масиву, а саме кількість пластів-супутників, їх товщина та відстань до основного пласта, що відробляється, впливає на густину накопичених техногенних ресурсів метану на відпрацьованих ділянках діючих шахт та закритих шахтах.

Збільшення густоти накопичених техногенних ресурсів метану Донецько-Макіївського геолого-промислового району викликано збільшенням кількості та потужності вугільних пластів-супутників, що, в свою чергу, пов'язано зі збільшенням потужності вугленосної світи.

В результаті виконаних порівнянь значень та аналізу карт коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників та густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках шахт Донецько-Макіївського геолого-промислового району встановлено, що місця підвищених, середніх та низьких значень густоти ресурсів метану та будови масиву на цих картах співпадають.

Найбільш перспективними зонами для більш детального вивчення техногенних газових скупчень з метою подальшого видобутку метану є зони, що характеризуються підвищеними значеннями коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників.

Запропоновано, для попередньої прогнозої оцінки та виділення потенційно газонасичених зон техногенного походження використовувати карти коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників.



- 1 – границі шахтного поля; 2 – ізолінії коефіцієнту будови вуглепородного масиву, $\text{м} \cdot \text{м}$ (а);
 ізолінії густоти накопичених техногенних ресурсів метану, $\text{м}^3/\text{м}^2$ (б);
 3 – границі відробленого простору по вугільному пласту; 4 – геологорозвідувальні
 свердловини; 5 – розривні тектонічні порушення

Рисунок 3 – Карта ізоліній коефіцієнту будови вуглепородного масиву для вугільних пластів-супутників (а) та ізоліній густоти накопичених техногенних ресурсів метану у вугільних пластах-супутниках (б) над пластом m_3 на полі шахти ім. В.М. Бажанова

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булат А.Ф., Лукинов В.В., Безручко К.А. Умови формування газових пасток у вугленосних відкладах, К.: Наукова думка, 2017, 252 с.
2. Мойсишин В.М., Наумко І.М., Пилипець В.І. [та ін.] Комплексне освоєння газувугільних родовищ на основі потокових технологій буріння свердловин, К.: Наук.думка, 2013, 310 с.
3. Beaton A. Coal-bearing formations and coalbed-methane potential in the Alberta Plains and Foothills, CSEG Recorder, 2003, № 11 (28), pp. 22-29.
4. Ryan B. A summary of coalbed methane potential in British Columbia, CSEG Recorder, 2003, № 11 (28), pp. 32-40.

5. Poprawa P. Potencjal występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim i lubelsko-podlaskim, *Przegląd Geol.*, 2009, Vol. 58, No. 3, pp. 226–249.
6. Лукинов В.В., Пимоненко Л.И. Тектоника метаноугольных месторождений Донбасса, К.: Наук. думка, 2008, 352 с.
7. Горная энциклопедия, М.: Сов. Энциклопедия, 1991, Т. 5, 541 с.
8. Приходченко О. В. Гірничо-геологічні умови перерозподілу метану в підробленому вуглепородному масиві: автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.16, Дніпропетровськ, 2013, 19 с.
9. Лукинов В.В., Безручко К.А., Приходченко О.В. Прогнозування техногенних газових скупчень вугленосної товщі з урахуванням будови вуглепородного масиву, *Уголь Украины*, 2018, №12, С. 12–18.

REFERENCES

1. Bulat A. F., Lukinov V. V. and Bezruchko K. A. (2017), *Umovy formyrovanye hazovykh pastok u vuhlenosnikh vidkladakh* [Conditions for the formation of gas traps in coal deposits], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine.
2. Moysyshyn, V.M., Naumko, I.M. and Pylypets, V.I. (2013), *Kompleksne osvoyennya hazovuhil'nykh rodovysch na osnovi potokovykh tekhnolohiy burinnya sverdlovyn* [Complex development of gas-bearing deposits on the basis of well-drilled flow technologies], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine.
3. Beaton, A. (2003), "Coal-bearing formations and coalbed-methane potential in the Alberta Plains and Foothills", *CSEG Recorder*, no. 11 (28), pp. 22–29.
4. Ryan, B. (2003), "A summary of coalbed methane potential in British Columbia", *CSEG Recorder*, no. 11 (28), pp. 32–40.
5. Poprawa, P. (2009), "Potencjal występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim i lubelsko-podlaskim", *Przegląd Geol.*, vol. 58, no. 3, pp. 226–249.
6. Lukinov, V.V. and Pimonenko, L.I. (2008) *Tektonika metanougol'nykh mestorozhdeniy Donbassa* [Tectonics of metanamide deposits of Donbass], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine.
7. *Gornaya entsiklopediya* [Mine Encyclopedia] (1991), vol 5, Sov. Entsiklopediya, Moscow, Russia.
8. Prykhodchenko, O. V. (2013), Mining and geological conditions for the redistribution of methane in a fake carbon-bearing array, Abstract of Ph.D. dissertation, Geology of Solid Fuels, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine.
9. Lukinov, V.V, Bezruchko, K.A. and Prykhodchenko, O.V. (2018), "Forecasting of technogenic gas accumulations of carbonaceous strata taking into account the structure of a carbonaceous array", *Coal of Ukraine*, vol. 12, pp. 12-18.

Про авторів

Лукинов Вячеслав Володимирович, доктор геолого-мінералогічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу геології вугільних родовищ великих глибин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна gvrvg@meta.ua

Безручко Костянтин Андрійович, доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу геології вугільних родовищ великих глибин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна gvrvg@meta.ua

Приходченко Олексій Васильович, кандидат геологічних наук, науковий співробітник відділу геології вугільних родовищ великих глибин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, gvrvg@meta.ua

Приходченко Світлана Юрієвна, кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу геології вугільних родовищ великих глибин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, gvrvg@meta.ua

About the authors

Lukinov Vyacheslav Volodymyrovych, Doctor of Geology-Mineralogical Sciences (D. Sc), Principal Researcher of Geology of Coal Beds at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnipro, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Bezruchko Kostiantyn Andriivych, Doctor of Geology Sciences (D. Sc), Senior Researcher, Head of Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnipro, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Prykhodchenko Oleksii Vasiliyevich, Ph.D., Candidate of Geological Sciences (Ph.D.), a Researcher in the Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnipro, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Prykhodchenko Svitlana 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, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnipro, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Аннотация. Выполнена оценка влияния строения углепородного массива (количество пластов-спутников, их мощность и расстояние до основного обрабатываемого пласта) на плотность накопленных техногенных ресурсов угольного 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. Определение плотности накопленных техногенных ресурсов метана проводилось расчетным методом по геологическим данным путем построения соответствующих карт. Оценка концентрации накопленных техногенных ресурсов метана выполнялась отдельно по каждой скважине в песчаниках и угольных пластах-спутниках. Для реализации метода предварительно устанавливался интервал, который был нарушен в результате проведения горных работ и в нем выделялись зоны "быстрого" и "медленного" газа. На примере шахт Донецко-Макеевского геолого-промышленного района доказано, что строение углепородного массива влияет на плотность накопленных техногенных ресурсов метана на отработанных участках действующих шахт и закрытых шахтах - карты плотности накопленных техногенных ресурсов и карты коэффициента строения углепородного массива совпадают, а именно места повышенных, средних и низких значений плотности ресурсов метана. Увеличение плотности накопленных техногенных ресурсов метана вызвано увеличением количества и мощности угольных пластов-спутников, что, в свою очередь, связано с увеличением мощности угленосной свиты. Доказано, что наиболее перспективными зонами для поиска техногенных газовых скоплений являются зоны совпадения повышенных значений коэффициента строения углепородного массива и значений плотности накопленных техногенных ресурсов метана. Предложено для предварительной прогнозной оценки и выделения потенциально газонасыщенных зон техногенного происхождения использовать карты коэффициента строения углепородного массива для угольных пластов-спутников.

Ключевые слова: метан, углепородный массив, техногенные ресурсы метана, угольный пласт.

Annotation. Influence of coal-bearing massif structure (quantity of satellite beds, their thickness and distance to the main reservoir) on density of accumulated anthropogenic coal methane was estimated. The structure ratio of the coal-bearing massif for satellite coal beds is calculated by data obtained from geological exploration wells for each layer and presents a sum of the products of each satellite layer thickness multiplied by its distance from the bottom of the worked-out coal layer. Density of accumulated anthropogenic methane resources was determined by calculation method with using geological data and by constructing appropriate maps. The accumulated anthropogenic methane resources were assessed separately for each well in sandstones and satellite coal seams. In order to implement the method, an interval was preliminarily established, which was disturbed by mining operations, with identifying zones with "fast" and "slow" gas. It is proved on the example of the Donetsk-Makeevka mines in the geological and industrial region that structure of the coal-and-rock massif influences density of accumulated anthropogenic methane resources in the waste areas of existing mines and closed mines: density maps of the accumulated anthropogenic resources and structure coefficient maps of the coal-bearing massif coincide, namely, high, medium and low densities of methane resources. Increased density of accumulated anthropogenic methane resources is caused by increase of coal seam satellite number and thickness, which, in turn, is associated with increased thickness of the coal-bearing suite. It is proven that the most promising areas for searching for anthropogenic gas accumulations are zones, where high values of the structure ratio of the coal-bearing massif and values of density of accumulated anthropogenic methane resources coincide. For the purpose of preliminary predictive assessing and choosing of potentially gas-saturated zones of anthropogenic origin, it is proposed to use maps of the coal-and-rock structure for satellite coal bed.

Keywords: methane, coal mass, anthropogenic resources of methane, coal seam.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2018.

Рекомендовано до друку д-ром геол.наук Л.І. Пимоненко.