

УДК [553.981.4:553.94].001.18

**В.В. Лукінов<sup>1</sup>**, д-р геол.-мін. наук, проф.,  
**К.А. Безручко<sup>1</sup>**, канд. геол.-мін. наук,  
 ст. наук. співроб.  
**О.В. Приходченко<sup>1</sup>**, **В.Ю. Шпак<sup>2</sup>**

1 – Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова  
 НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна,  
 e-mail: vlukinov@mail.ru

2 – Державне підприємство „Макіїввугілля“, м. Макіївка,  
 Україна, e-mail: marksh.mu@rambler.ru

## ПРОГНОЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ ДІЛЯНОК ДЛЯ ПОШУКУ СКУПЧЕНЬ ВІЛЬНОГО МЕТАНУ (НА ПРИКЛАДІ ШАХТИ „БУТОВСЬКА“)

**V.V. Lukinov<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Professor,  
**K.A. Bezruchko<sup>1</sup>**, Cand. Sci. (Geol.-Min.),  
 Senior Research Fellow,  
**O.V. Prikhodchenko<sup>1</sup>**, **V.Yu. Shpak<sup>2</sup>**

1 – M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics  
 of NAS of Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine,  
 e-mail: vlukinov@mail.ru

2 – State Enterprise “Makiivvugillia”, Makiivka, Ukraine,  
 e-mail: marksh.mu@rambler.ru

## ESTIMATION OF PROMISING AREAS WITH THE AIM OF METHANE ACCUMULATIONS EXPLORATION (ON THE EXAMPLE OF MINE “BUTOVSKA”)

**Мета.** Оцінка перспективності ділянок для пошуку скупчень вільного метану в межах поля шахти „Бутовська“ ДП „Макіїввугілля“.

**Методика.** Дослідження здійснювалися шляхом побудови карт локальних структур першого порядку методом тренд-аналізу. За відхиленням гіпсометрії пласта від апроксимуючої поверхні на карті локальних структур простежуються дві локальні антиклінальні структури (східна і західна). За головними параметрами структур (амплітуді та ширині) і товщині пісковиків виконані розрахунки відносних лінійних деформацій та відносних об'ємних деформацій для східної та західної локальних антиклінальних структур.

**Результати.** На підставі отриманих даних про об'ємну деформацію пісковиків та середнім значенням коефіцієнту відкритої пористості, виконано розрахунок тріщинної пористості, абсолютної газопроникності, коефіцієнту ефективної пористості та мінімальної відносної газонасиченості. Встановлено, що у виділених локальних антиклінальних структурах на полі шахти „Бутовська“ на глибинах до 1000–1100 м над вугільним пластом  $n_1$  можлива наявність тріщинно-порових колекторів.

**Наукова новизна.** Запропоновано методику прогнозування оцінки перспективності локальних антиклінальних структур вугленосних відкладів на наявність покладів газу та виділені перспективні об'єкти на полі шахти „Бутовська“ для супутнього видобутку вільного метану.

**Практична значущість.** Підраховано прогнозні ресурси метану в потенційних зонах скупчення вільного метану, які прогноуються в межах розповсюдження ефективної потужності пісковиків у виявлених локальних антиклінальних структурах. Підтвердженням наявності газових скупчень слугує газопрояв, який мав місце під час проходки східного допоміжного уклону 23 грудня 2008 року по пісковику  $n_1Sn_1^1$ . Виділення метану спостерігалось на протязі тривалого часу і за період двох місяців загальний витік метану перевищив 650 тис. м<sup>3</sup>.

**Ключові слова:** *вугільні родовища, локальні структури, вільний метан, дегазація*

Вугленосна товща Донецького басейну містить значні ресурси метану для його видобутку та використання як цінного енергоносія. Він є головним компонентом газів вугільних родовищ, яким насичена практично вся вугленосна товща.

Доцільність досліджень у цьому напрямі підтверджується випадками, коли в Донбасі під час буріння геологорозвідувальних свердловин при перетині пісковиків мали місце викиди газу. Аналіз таких випадків засвідчив, що викиди відбувалися на ділянках з наявністю локальних антиклінальних складок [1]. Вони ускладнюють моноклінальне залягання порід та виділяються за відхиленням гіпсометрії пласта від апроксимуючої поверхні.

В ІГТМ НАН України було запропоновано [1, 2] і досліджується [3–5] механізм, за яким локальні антиклінальні структури можуть бути пастками метану, резервуаром якої є зона розущільнення, яка виникла у склепінній частині структури за рахунок тріщиноутворення при лінійних крихких деформаціях розтягу, що перевищують критичні на розрив. Покришкою пастки слугують породи, що залягають вище, із покращеними пластичними властивостями, унаслідок чого вони залишаються непорушеними під час зминання у складку, а екраном – непроникні шари того ж пісковика, за піднесенням вгору, деформація розтягу в яких не досягла гранично допустимої для порушення суцільності межі.

Під час вигину порід в антиклінальну складку відбувається розтягування породних шарів, яке збільшується від подошви до покрівлі, що сприяє збіль-

шенню тріщинуватості у цьому ж напрямку. Нижня частина пісковика, в якій деформації розтягування не сягають гранично допустимих значень, залишається неуразеною тріщинами, а у верхній – розвиваються тріщини, що збільшують проникність.

Критична товщина розраховується як різниця між двома радіусами кривизни складки, що визначають довжини дуг, які відрізняються між собою, пропорційно величині гранично допустимій деформації розтягування [1, 2]

$$m_{KR} = \varepsilon_{KR} \left( \frac{l^2}{8h} + 0,5h \right),$$

де  $m_{KR}$  – критична товщина пласта пісковика, м;  $\varepsilon_{KR}$  – значення гранично допустимої деформації розтягування для породи, б/р;  $h$  – амплітуда (висота) складки, м;  $l$  – ширина складки, м.

Гранично допустимі деформації розтягування для пісковиків складають 0,003–0,004 [6]. Ефективна товщина розраховується як різниця між товщиною пласта пісковика і його критичною товщиною [1, 2]

$$m_{ef} = m - m_{KR},$$

де  $m_{ef}$  – ефективна товщина пласта пісковика, м;  $m$  – товщина пласта пісковика, м.

За цим принципом можна визначити відносні лінійні деформації порід у склепінні складки [3]

$$\varepsilon = \left( 1 - \frac{8mh}{l^2} \right)^{-1},$$

де  $\varepsilon$  – відносна лінійна деформація, б/р;  $h$  – амплітуда (висота) складки, м;  $l$  – ширина (довжина) складки, м.

Величини деформацій залежать від параметрів складки (амплітуди та ширини) та товщини пласта. Відносна об’ємна деформація розраховується як добуток лінійних деформацій за шириною та довжиною складки.

Пористість у зоні розуцільнення через коефіцієнт об’ємної деформації породного масиву визначається [3] за формулою

$$\Pi' = \frac{\Pi + (\omega - 1)}{\omega},$$

де  $\Pi$  – початкова пористість, частки одиниці;  $\Pi'$  – пористість у зоні розуцільнення, частки одиниці;  $\omega$  – коефіцієнт, що характеризує відносну об’ємну деформацію породного масиву і чисельно дорівнює відношенню об’єму розуцільненого масиву до первинного об’єму масиву до зминання у складку, б/р.

При цьому приріст пористості у процесі розуцільнення практично не залежить від початкової пористості, а визначається, головним чином, параметрами структури (тобто амплітудою і шириною) та товщиною пласта.

При збільшенні пористості в зоні розуцільнення, що виникла внаслідок процесів тріщиноутворення, збільшується також ефективна пористість, яка формується як за рахунок збільшення об’єму порожнин (у

даному випадку тріщин), так і за рахунок перерозподілу газової та водної фаз і зменшення водонасиченості. Ступінь заповнення пор газом збільшується, його остаточне значення визначається [4] приростом пористості та початковим водонасиченням за формулою

$$V'_z = 1 - G \frac{\Pi(1 - \Pi')}{\Pi'(1 - \Pi)},$$

де  $V'_z$  – ступінь заповнення пор газом при збільшенні пористості, частки одиниці;  $G$  – початковий ступінь заповнення пор порід вологою, частки одиниці.

Тріщинна проникність породи має визначатися [5] за співвідношенням

$$k_{np} = 8,5 \cdot 10^{10} b^2 k_{mp},$$

де  $k_{np}$  – коефіцієнт проникності,  $10^{-12} \text{ м}^2 (Д)$ ;  $b$  – розкриття (ширина) тріщини, м;  $k_{mp}$  – коефіцієнт тріщинної пористості, частки одиниці.

За розрахунками, навіть за початкових крихких деформаціях розриву при мінімальній розкритості тріщин у 10–15 мкм, у пісковиках формуються фільтраційні властивості з абсолютною газопроникністю в десятки мілідарсі [5], які відповідають промисловим колекторам IV класу, згідно з класифікацією [7], і є сприятливими для скупчення метану, тоді як не порушена частина пісковика залишається з низькими фільтраційними властивостями, із проникністю нижчою не менш, як на два порядки.

На цих теоретичних засадах виконано аналіз перспективних ділянок у межах поля шахти „Бутовська“ ДП „Макіїввугілля“.

Шахта „Бутовська“ знаходиться у північній частині Донецько-Макіївського геолого-промислового району і в геолого-структурному плані відноситься до південно-східного крила Кальміус-Горецької улоговини. У тектонічному плані ускладнена Ветківською флексурою, Октябрським № 1 та Пантелеймонівським насувами (рис. 1).

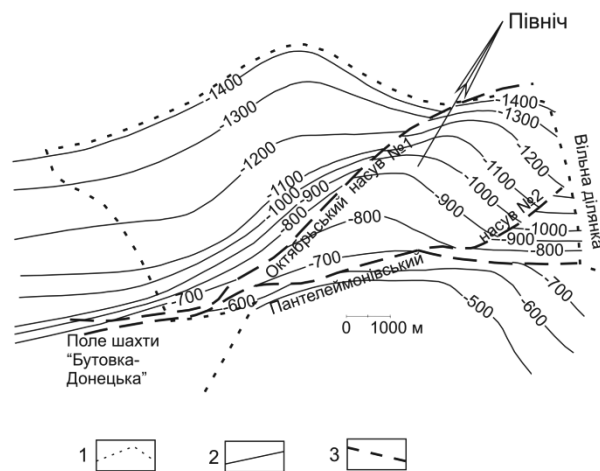


Рис. 1. Тектонічна схема поля шахти „Бутовська“: 1– межа шахтного поля; 2– ізогіпси вугільного пласта  $n_1$ ; 3– тектонічні порушення

У геологічній будові площі присутні палеозойські відклади світ  $C_3^1$ ,  $C_3^2$ ,  $C_3^3$  верхнього карбону з повсюдним покриттям більш молодими осадами кайнозойського віку за винятком незначних за площею окремих відслонень корінних порід (переважно вапняків та пісковиків) у долинах балок та ярах. Кам'яновугільні відклади представлені типовими для Донбасу теригенними осадами світ  $C_3^1$ ,  $C_3^2$ ,  $C_3^3$ . Літологічно це переміжні товщі алевролітів, аргілітів, різнозернистих пісковиків з малопотужними вапняками та пластами вугілля і вуглистих сланців.

Загальне південно-східне простягання вугленосної товщі на цій ділянці ускладнено Чайкинською, Ветківською та Ветківською № 2 флексурами. Майданчик між цими флексурами зім'яті в похилі плікативні складки. Плікативні елементи таких майданчиків більш ускладнюються при наближенні до флексурних складок. Флексури ускладнені основними диз'юнктивами, які супроводжуються більш дрібними супутніми порушеннями.

Ветківська флексура знаходиться в південній частині шахтного поля і простягається далі в західному напрямку. Простягання складки південно-західне з тенденцією відхилення на схід та злиття з Чайкинською флексураю. Падіння порід північно-західне, під кутом 25–40°. Піднятим є південно-східне крило, опущеним – північно-західне. Вертикальна амплітуда складки 200–250 м. Складка на схід простежується розвідувальними свердловинами до західної межі ділянки „Бутовська-Глибока-2“, де вона у подальшому виположується з тенденцією згасання за межами ділянки.

У межах Ветківської флексури, з її західного боку, зароджуються падаючі насуви – Октябрьський № 1 та Пантелеймонівський № 2. Насув Пантелеймонівський № 2 простежується в зоні флексури по всьому шахтному полю та іде далі за його східну межу. У східній частині шахтного поля в зоні флексури простежується падаюча нижня гілка Пантелеймонівського насуву № 2. Цей насув відхиляється від флексури на південний схід і згасає на нижніх горизонтах відпрацьованого поля шахти-попередника „Ім. XXV з'їзду КПРС“. Друга Ветківська флексура також зароджується на шахтному полі. Простягання та напрям падіння аналогічні Ветківській флексурі з відхиленням її осі на північ під кутом 30–35°. Падіння північно-західне під кутом 25–40°, амплітуда зміщення 200–300 м. Кут падіння та амплітуда флексури збільшуються на схід з максимальними значеннями на північно-східній межі. Лежаче крило Ветківської флексури переходить у похилий майданчик антиклінального типу. Простягання західного крила антикліналі відповідає простяганню Другої Ветківської флексурної складки, східного – Ветківській флексурі. Антикліналь є асиметричною – західне крило більш похиле, східне крило більш круте. Вісь занурюється на північ під кутом 6°. Західне крило антикліналі поглинається Другою Ветківською флексурною складкою біля свердловини Щ-1042.

Насув Октябрьський № 1 є головним розривним порушенням, що ускладнює диз'юнктивні елементи

структури ділянки та умови її розробки. Із західного боку насув супроводжує Ветківську флексурну складку, ускладнюючи її будову. У подальшому на схід, він відхиляється та супроводжує зароджену посередині ділянки Другу Ветківську флексурну складку. Цей насув у площині пласта  $n_1$  фіксує перегин у круте залягання і лише на крайньому північному сході ділянки розсікає флексуру, одночасно збільшуючи амплітуду до максимального значення.

Лежаче крило Другої Ветківської флексури являє собою похилу антиклінальну складку, вісь якої занурюється на північний захід під кутом 5–6°. Західне крило складки по пласту  $n_1$  є розмитим, вугленосність східного крила збережена з кутами падіння 6–17°. Кути падіння збільшуються до флексурної складки. Вісяче крило Октябрьського насуву № 1 ускладнено низкою падаючих розривних порушень (№ 1, 2, 3, 4, 5 та Пантелеймонівський насув № 1). Вивчені вони лише в загальних рисах, їх взаємозв'язок та розповсюдження потребують уточнення.

Промислова вугленосність пов'язана з відкладами світи  $C_3^1$ . Характерною для цієї світи є мала кількість вугільних пластів та пропластків – 18. Коефіцієнт загальної вугленосності світи складає 0,05, корисної – 0,002. Більш вугленасиченою є середня частина розрізу в інтервалі  $N_1^7$  –  $N_2^H$ , де простежуються 4 вугільних прошарки:  $n_1^0$ ,  $n_1^1$ ,  $n_1^2$  та робочий вугільний пласт  $n_1$ , який має робочу товщину, що перевищує 1 м і відробляється шахтою. Пласт  $n_1$  частково є розмитим, загальна площа розмиву складає понад 10 км<sup>2</sup>. У межах шахтного поля спостерігається два типи розмивів: сингенетичний та епігенетичний. Сингенетичний розмив простежується в західній частині площі, епігенетичний облямовує східну частину ділянки (рис. 2).

За результатами тектонічного аналізу по ізогіпсам вугільного пласта  $n_1$  у межах шахтного поля виділяються дві плікативні структури типу „структурного виступу“. Перша – розташована у східній частині шахтного поля (на схід від Октябрьського насуву №1), між Октябрьським насувом №1 та Пантелеймонівським насувом, друга – на захід від Октябрьського насуву №1, у районі свердловин № Щ-1040, № 3998, № 3908. Перша структура характеризується більш похилим кутом падіння порід, але є значно помітною на гіпсометричному плані (рис. 2).

За відхиленням гіпсометрії пласта від апроксимуючої поверхні побудована карта локальних структур (рис. 3). На карті локальних структур обидві локальні антиклінальні структури (східна і західна) добре простежуються. Їх більші осі витягнуті уздовж Октябрьського насуву № 1 і зорієнтовані за простяганням порід для західної структури і під кутом приблизно 45° до простягання порід – для східної. Короткі осі зазначених структур, відповідно, є перпендикулярними Октябрьському насуву № 1.

Найвища відмітка (максимальне відхилення від апроксимуючої поверхні) для східної структури знаходиться між свердловинами № Щ-1009 та № 3939 і дорівнює +75,0 м. Склепіння західної

структури характеризується сідлоподібною формою і має дві вершини, відмітки яких дорівнюють

+114,0 м біля свердловини № 3998 та +120,6 м – біля свердловини № Щ-1040 (рис. 3).

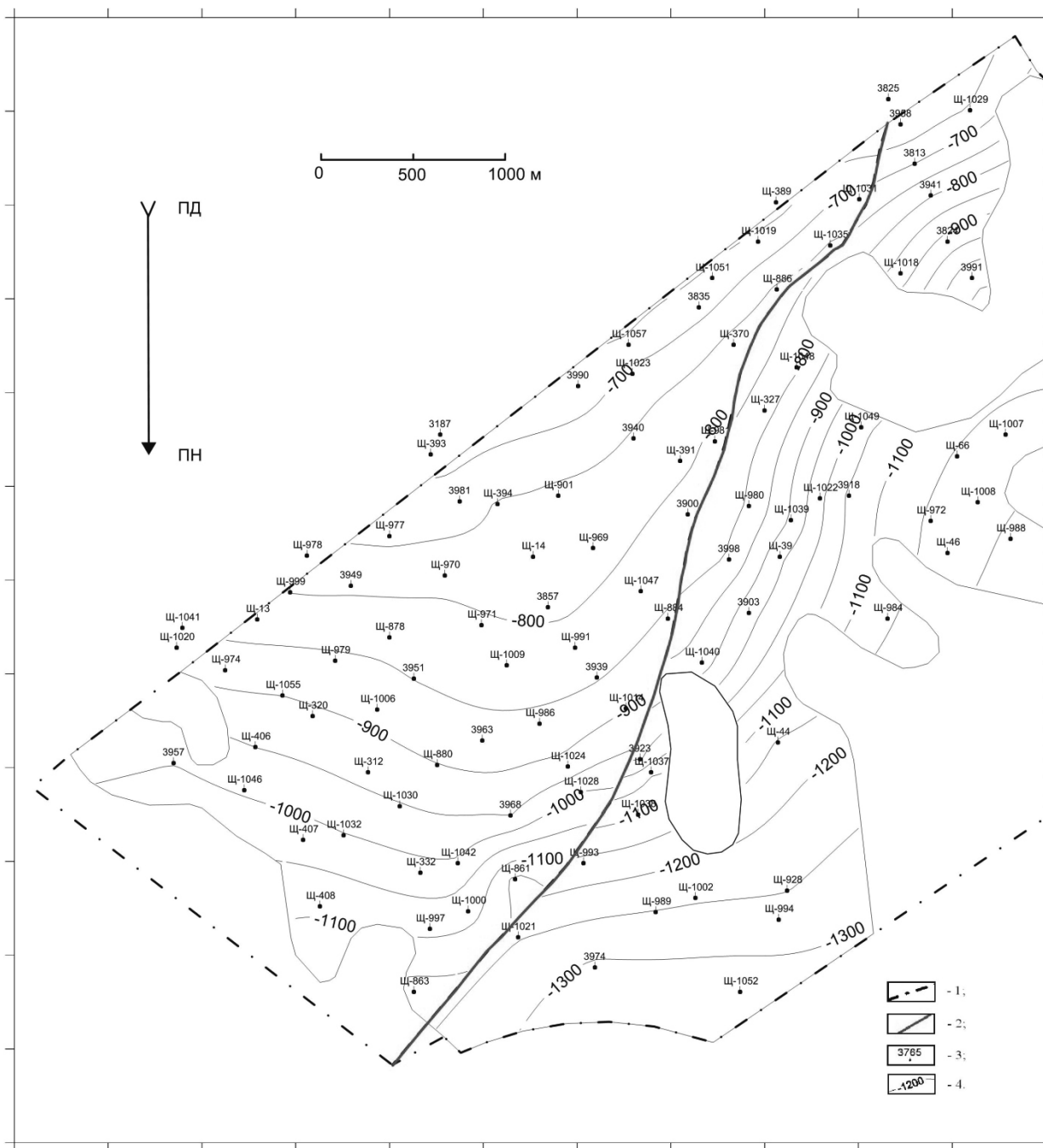


Рис. 2. Гіпсометричний план вугільного пласта  $p_1$  поля шахти „Бутовська“. Умовні позначення: 1 – межі ділянки; 2 – розривні порушення; 3 – розвідувальні свердловини; 4 – ізогіпси пласта  $p_1$

Розміри східної локальної антиклінальної складки у склепінні, у межах ізолінії +70 м, складають 486 м на 250 м. Розміри західної локальної антиклінальної складки у склепінні, у межах ізолінії +100 м, складають 1250 м на 330 м. Оскільки східна частина (за піднесенням порід) західної антиклінальної складки є спотвореною насувом, її розміри у плані визначені орієнтовно.

По значенням амплітуди та ширини виділених антиклінальних складок розраховані головні параметри для кожної структури – коефіцієнт викривленості (вигину) складки, коефіцієнти лінійної деформації за довжиною та шириною складки, коефіцієнт об’ємної деформації та критична товщина пісковіку (табл. 1–2).

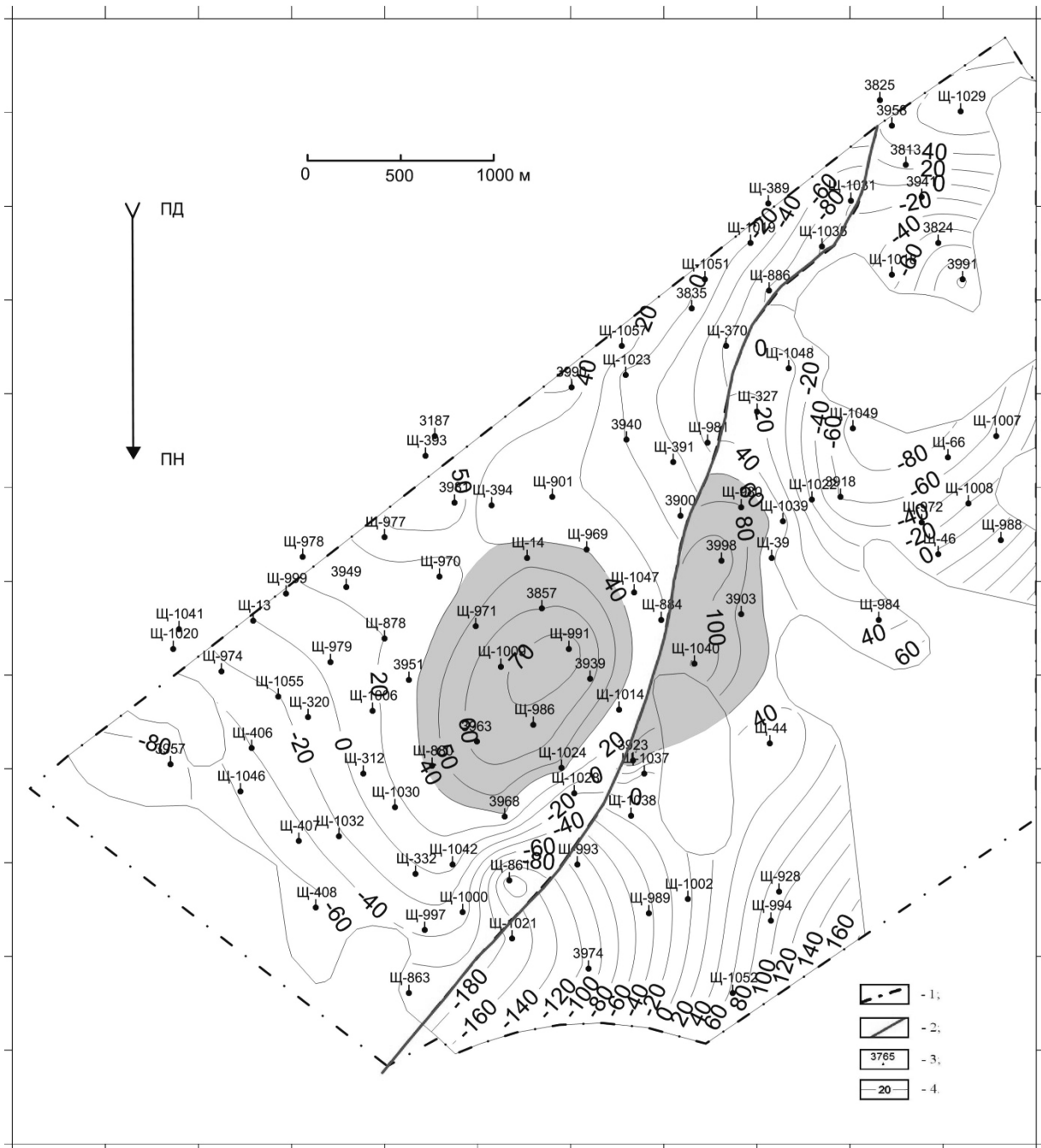


Рис. 3. Карта локальних структур 1-го порядку вугільного пласта  $p_1$  поля шахти „Бутовська“. Умовні позначення: 1– межі ділянки; 2–розривні порушення; 3–розвідувальні свердловини; 4– ізолінії локальних структур пласта  $p_1$

Таблиця 1

Параметри східної локальної антиклінальної структури по пласту  $p_1$  на полі шахти „Бутовська“

Ізолінія, м	Висота складки, м	Ширина складки, м	Довжина складки, м	Коефіцієнт вигину структури, б/р		Критична товщина, м	
				за шириною	за довжиною	за шириною	за довжиною
+ 40	35,0	1028	1472	0,034	0,024	15,1	31,0
+50	25,0	806	1222	0,031	0,020	13,0	29,9
+ 60	15,0	583	945	0,026	0,016	11,3	29,8
+70	5,0	250	486	0,020	0,010	6,3	23,6

Параметри західної локальної антиклінальної структури по пласту  $n_1$  на полі шахти „Бутовська“

Ізолінія, м	Висота складки, м	Ширина складки, м	Довжина складки, м	Коефіцієнт вигину структури, б/р		Критична товщина, м	
				за шириною	за довжиною	за шириною	за довжиною
+ 60	60,6	585	1722	0,104	0,035	2,8	24,5
+ 80	40,6	445	1528	0,091	0,027	2,4	28,8
+100	20,6	330	1250	0,062	0,016	1,9	37,9

Критична товщина шарів непорушених тріщинами для східної структури, згідно з виконаними розрахунками, становить 13,0–15,1 м на контурі структури (ізолінії +40 – +50 м), 6,3 м – у склепінній частині. Площі, у межах яких загальна товщина кожного із пісковиків перевищує розрахункову критичну товщину, є зони розвитку шарів пісковиків із покращеними емнісними та фільтраційними властивостями за рахунок тріщинуватості.

За геологічним розрізом, у межах східної структури (свердловина № 3857), над вугільним пластом  $n_1$  розташовані 3 пісковики. Товщини двох із них, а саме  $n_1Sn_1^1$  та  $n_1^1Sn_2^3$  (верхня частина), у межах усієї структури перевищують розрахункову критичну товщину. Тобто, мають ефективну товщину, яка для цих пісковиків у середній частині структури дорівнює, відповідно, 25,5–27,2 м та 11,9–13,6 м.

За геологічним розрізом, у межах західної структури (свердловина № 3998), над вугільним пластом  $n_1$  розташовані ті ж самі пісковики. Усі вони мають ефективну товщину в межах структури – загальна товщина кожного з них перевищує розрахункову критичну товщину. Їх ефективна товщина, у середньому (у межах ізолінії +80 м), складає: пісковик  $n_1Sn_1^1$  – 29,3 м, пісковик  $n_1^1Sn_2^3$  (нижня частина) – 5,7 м, пісковик  $n_1^1Sn_2^3$  (верхня частина) – 27,2 м.

Таким чином, для східної структури перспективними газонасиченими об'єктами визначені пісковик  $n_1Sn_1^1$  та верхня частина пісковика  $n_1^1Sn_2^3$ , для західної – пісковик  $n_1Sn_1^1$  та, у цілому, пісковик  $n_1^1Sn_2^3$ . По головним параметрам структур та товщині пісковиків виконані розрахунки відносних лінійних деформацій та відносних об'ємних деформацій для східної (табл. 3) та західної (табл. 4) локальних антиклінальних структур.

Таблиця 3

Розрахункові дані з оцінки колекторських властивостей пісковиків східної структури на полі шахти „Бутовська“

Індекс пісковика	Коефіцієнт лінійної деформації пісковика (контур -ізолінія +40м склепіння-ізолінія +70м)		Коефіцієнт об'ємної деформації пісковика	Коефіцієнт відкритої пористості середній (фактичний), %	Коефіцієнт тріщинної пористості (розрахунковий), %	Проникність (розрахунок за тріщинною пористістю), $10^{-15} \text{ м}^2$
	за шириною складки	за довжиною складки				
$n_1Sn_1^1$	1,010 1,025	1,007 1,005	1,017 1,030	3,4	1,61–2,81	137–239
$n_1^1Sn_2^3$ верхня частина	1,007 1,016	1,000 1,004	1,007 1,020	3,5	0,67–1,89	57–161

На підставі отриманих даних про об'ємну деформацію пісковиків та середнім значенням коефіцієнту відкритої пористості, виконано розрахунок тріщинної пористості, абсолютної газопроникності (табл. 3–4), коефіцієнту ефективної пористості та мінімальної відносної газонасиченості (ступеня заповнення пор газом).

Для пісковика  $n_1^1Sn_2^3$  використані результати опробування та лабораторних досліджень на ділянці „Бутовська-Глибока-2“.

Таблиця 4

Розрахункові дані з оцінки колекторських властивостей пісковиків західної структури на полі шахти „Бутовська“

Індекс пісковика	Коефіцієнт лінійної деформації пісковика (контур-ізолінія +60м склепіння-ізолінія +100м)		Коефіцієнт об'ємної деформації пісковика	Коефіцієнт відкритої пористості середній (фактичний), %	Коефіцієнт тріщинної пористості (розрахунковий), %	Проникність (розрахунок за тріщинною пористістю), $10^{-15} \text{ м}^2$
	за шириною складки	за довжиною складки				
$n_1Sn_1^1$	1,047 1,050	1,005 1,000	1,052 1,050	4,9	4,53–4,70	385 – 400
$n_1^1Sn_2^3$ нижня частина	1,011 1,012	1,000 1,000	1,011 1,012	3,5	1,05–1,14	89 – 97
$n_1^1Sn_2^3$ верхня частина	1,044 1,047	1,005 1,000	1,049 1,047	3,5	4,33–4,50	368 – 383

Для коефіцієнтів тріщиної пористості та абсолютної газопроникності наведені інтервали їх можливої зміни, нижніми значеннями яких є величини цих показників на контурі структури, а найбільші значення передбачаються у склепінній частині структури. На підставі отриманих розрахункових даних про ефективну пористість пісковиків, виконано підрахунок прогнозних ресурсів метану в потенційних зонах скупчення вільного метану, які прогноуються в межах розповсюдження ефективної потужності пісковиків у виявлених локальних антиклінальних структурах. Площею підрахунку ресурсів метану для східної зони прийнята площа

структури в межах ізолінії +40, для західної зони прийнята площа структури – у межах ізолінії +60 м. Оскільки формування скупчення вільного метану в межах виділеної структури передбачається за рахунок перерозподілу первинних обсягів метану і води, внаслідок утворення структури, для розрахунку ресурсів метану прийнятий коефіцієнт 0,4, який відповідає середньому співвідношенню метану і води у вугленосній товщі (35–40 % – метану, 60–65 % – води). Для підрахунку ресурсів метану застосовувалися значення газового тиску, що становлять 0,85 величини гідростатичного тиску для глибини залягання відповідних пісковиків (табл. 5–6).

Таблиця 5

Дані для підрахунку ресурсів метану в межах східної структури на полі шахти „Бутовська“

Індекс пісковиків	Коефіцієнт відкритої пористості (розрахунковий), % від-до середній	Коефіцієнт ефективної пористості (розрахунковий), % від-до середній	Товщина пісковиків		Площа підрахунку, тис. м <sup>2</sup>	Глибина, м	Тиск, МПа
			загальна, м	ефективна (середня), м			
$n_1Sn_1^1$	$\frac{5,01-6,21}{5,61}$	$\frac{1,82-3,93}{3,23}$	38,5	26,4	1227	1027,2	8,73
$n_1^1Sn_2^3$ верхня частина	$\frac{4,17-5,39}{4,78}$	$\frac{1,18-2,73}{2,12}$	24,9	12,8	1227	935,5	7,95

Таблиця 6

Дані для підрахунку ресурсів метану в межах західної структури на полі шахти „Бутовська“

Індекс пісковиків	Коефіцієнт відкритої пористості (розрахунковий), % від-до середній	Коефіцієнт ефективної пористості (розрахунковий), % від-до середній	Товщина пісковиків		Площа підрахунку, тис. м <sup>2</sup>	Глибина, м	Тиск, МПа
			загальна, м	ефективна (середня), м			
$n_1Sn_1^1$	$\frac{9,43-9,60}{9,52}$	$\frac{4,36-6,80}{6,70}$	31,7	29,3	1007	1037,1	8,81
$n_1^1Sn_2^3$ нижня частина	$\frac{4,55-4,64}{4,60}$	$\frac{1,37-1,98}{1,94}$	8,1	5,7	1007	976,5	8,30
$n_1^1Sn_2^3$ верхня частина	$\frac{7,83-8,00}{7,92}$	$\frac{3,00-5,34}{5,26}$	29,6	27,2	1007	947,4	8,05

Підрахунок ресурсів метану для кожного з пісковиків в обох структурах виконано у 3-х варіантах – найменш сприятливому (песимістичний прогноз), найбільш сприятливому (оптимістичний прогноз) та усередненому. Для сприятливого прогнозу застосовувалися ма-

ксимальні розрахункові значення коефіцієнту ефективної пористості, для песимістичного прогнозу – мінімальні розрахункові значення коефіцієнту ефективної пористості, для усередненого, відповідно, – середні (табл. 7–8).

Таблиця 7

Підрахунок ресурсів метану в межах східної структури на полі шахти „Бутовська“

Індекс пісковиків	Прогноз ресурсів метану, млн м <sup>3</sup>		
	песимістичний	оптимістичний	усереднений
$n_1Sn_1^1$	20,59	44,46	36,54
$n_1^1Sn_2^3$ верхня частина	5,89	13,64	10,59
Разом:	26,48	58,10	47,13

Підрахунок ресурсів метану в межах західної структури на полі шахти „Бутовська“

Індекс пісковика	Прогноз ресурсів метану, млн м <sup>3</sup>		
	песимістичний	оптимістичний	усереднений
$n_1Sn_1^1$	45,33	70,70	69,66
$n_1^1Sn_2^3$ нижня частина	2,61	3,77	3,70
$n_1^1Sn_2^3$ верхня частина	26,46	47,10	46,39
Разом:	74,40	121,57	119,75

Таким чином, у виділених локальних антиклінальних структурах на полі шахти „Бутовська“ на глибинах до 1000–1100 м над вугільним пластом  $n_1$  можлива наявність тріщинно-порових колекторів, з яких найбільш перспективними для східної структури є пісковики  $n_1Sn_1^1$  та  $n_1^1Sn_2^3$  (верхня частина), для західної – пісковик  $n_1Sn_1^1$ , пісковик  $n_1^1Sn_2^3$  (нижня та верхня частини). Зазначені пісковики в межах локальних антиклінальних структур є перспективними для видобутку вільного метану.

Підтвердженням наявності газових скупчень слугує газопрояв, який мав місце під час проходки східного допоміжного уклону 23 грудня 2008 року по пісковиках  $n_1Sn_1^1$ . Ця виробка знаходиться в межах східної локальної структури, ближче до її склепіння, біля свердловини № 991. Дебіт вільного метану складав понад 7,5 м<sup>3</sup> на хвилину. Виділення метану спостерігалось на протязі тривалого часу і за період двох місяців загальний витік метану перевищив 650 тис. м<sup>3</sup>.

Таким чином, для розглянутих умов можна використовувати поверхневі дегазаційні свердловини, з супутньою утилізацією отриманого метану. Підроблення масиву в цих зонах має спричинити надходження додаткових обсягів вільного метану як за рахунок його перерозподілу в пісковиках, так і за рахунок вивільнення зв'язаного метану безпосередньо з вугільного пласта. Тобто, супутній видобуток вільного метану є можливим під час проведення дегазаційних робіт на шахті.

#### Список літератури / References

1. Лукинов В.В. Горно-геологические условия образования скоплений свободного метана на угольных месторождениях / Лукинов В.В. // Науковий вісник НГУ – Днепропетровск, № 4, 2007. – С. 55–59.

Lukinov, V.V. (2007), “Mining and geological terms of formation of accumulations of free methane in coal deposits”, *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.4, pp. 55–59.

2. Скупчення вільного метану у непорушеному вуглепородному масиві. Методика прогнозування зон та визначення їх параметрів: СОУ 10.1.05411357.004: 2005.– К.: Мінвуглепром України, 2005– 12 с.– (Нормативний документ Мінвуглепрома України)

Accumulations of free methane in an undisturbed coal rock massive. Method of prognostication of areas and determination of their parameters (2005): SOU

10.1.05411357.004:2005. Ministry of Coal Industry of Ukraine, (Normative Document of Ministry of Coal Industry of Ukraine)

3. Безручко К.А. Оценка пористости горных пород в локальных антиклинальных структурах / Безручко К.А. // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – Вып. № 80. – С. 77–83.

Bezruchko, K.A. (2008), “Estimation of rocks porosity in the local anticline structures”, *Geotekhnicheskaya mekhanika*, published by IGTM NAS of Ukraine, no.80, pp. 77–83.

4. Безручко К.А. Изменение газонасыщенности пород при разуплотнении горного массива / Безручко К.А. // Геотехн. механика. – Днепропетровск, 2007. – № 73. – С. 220–223.

Bezruchko, K.A. (2008), “Change of rocks gas content in the volume expansion zones of a rock massif”, *Geotekhnicheskaya mekhanika*, published by IGTM NAS of Ukraine, no.73, pp. 220–223.

5. Лукинов В.В. Формування проникності гірських порід у локальних антиклінальних структурах / В.В. Лукинов, К.А. Безручко // Зб. наук. пр. УкрДГ-РІ. – 2009.– № 1–2.– С. 106–110.

Lukinov, V.V. and Bezruchko, K.A. (2009), “Formation of rocks permeability in local anticline structures”, *Scientific proceedings of UkrSGRI*, no.1–2, pp. 106–110.

6. Иофис М.А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М.А. Иофис, А.И. Шмелёв. – М.: Недра, 1985. – 248 с.

Iofis, M.A. and Shmelev, A.I. (1985), *Inzhenernaya geomekhanika pri podzemnykh razrabotkakh* [Engineering Geomechanics for Underground Developments], Nedra, Moscow, Russia.

7. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение / Ханин А.А. – М.: Недра, 368 с.

Khanin, A.A. *Porody-kollektory nefii i gaza i ikh izuchenie* [Rocks-Reservoirs of Oil and Gas and Their Study], Nedra, Moscow, Russia.

**Цель.** Оценка перспективности участков для поиска скоплений свободного метана в пределах поля шахты „Бутовская“ ГП „Макеевуголь“.

**Методика.** Исследования осуществлялись путем построения карт локальных структур первого порядка методом тренд-анализа. По отклонению гипсометрии пласта от аппроксимирующей поверхности на карте локальных структур прослеживаются две ло-



кальные антиклинальные структуры (восточная и западная). По главным параметрам структур (амплитуде и ширине) и толщине песчаников выполнены расчеты относительных линейных деформаций и относительных объёмных деформаций для восточной и западной локальных антиклинальных структур.

**Результаты.** На основании полученных данных об объёмной деформации песчаников и средним значениям коэффициента открытой пористости выполнен расчет трещинной пористости, абсолютной газопроницаемости, коэффициента эффективной пористости и минимальной относительной газонасыщенности. Установлено, что в выделенных локальных антиклинальных структурах на поле шахты „Бутовская“ на глубинах до 1000–1100 м над угольным пластом  $n_1$  возможно наличие трещинно-поровых коллекторов.

**Научная новизна.** Предложена методика прогнозной оценки перспективности локальных антиклинальных структур угленосных отложений на наличие залежей газа, и выделены перспективные объекты на поле шахты „Бутовская“ для попутной добычи свободного метана.

**Практическая значимость.** Подсчитаны прогнозные ресурсы метана в потенциальных зонах скопления свободного метана, которые прогнозируются в пределах распространения эффективной мощности песчаников в обнаруженных локальных антиклинальных структурах. Подтверждением наличия газовых скоплений служит газопроявление, которое имело место во время проходки восточного вспомогательного уклона 23 декабря 2008 года по песчанику  $n_1Sn_1^1$ . Выделение метана наблюдалось в течение длительного времени, и за период двух месяцев общий выток метана превысил 650 тыс. м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** угольные месторождения, локальные структуры, свободный метан, дегазация

**Purpose.** To estimate reasonability of free methane accumulations prospecting at mine “Butovska” owned by State Enterprise “Makiivvuhillia”.

**Methodology.** The research was carried out by means of mapping of local structures by method of trend analysis. Two local anticline structures (eastern and western) can be traced on a map of local structures according to the seam hypsometry deviation from the approximating surface. By the main structure parameters (amplitude and width) and thickness of sandstones calculations of relative linear deformation and relative volumetric deformation for the eastern and western local anticline structures were performed.

**Findings.** Based on the data and mean value of the ratio of open porosity calculation of crack porosity, absolute gas permeability, the ratio of effective porosity and minimum relative gas saturation was carried out. In local anticline structures in the field of mine “Butovska” at a depth of up to 1,000–1,100 m above the coal seam  $n_1$  possible presence of crack-pore reservoirs had been established.

**Originality.** Methods of predictive estimation of local anticline structures in coal-bearing series for availability of gas deposits were suggested. Perspective areas for production of associated methane were selected in mine “Butovska”.

**Practical value.** Expected reserves of methane in areas of potential accumulation of free methane were estimated. Gas emission happened on December 23, 2008 from sandstone  $n_1Sn_1^1$  confirmed the presence of gas accumulations. Gas emission was observed for a long time and total flow of methane exceeded 650,000 m<sup>3</sup>.

**Keywords:** coal deposits, local structures, free methane, degassing

*Рекомендовано до публікації докт. геол. наук  
Л.І. Пимоненко. Дата надходження рукопису 12.09.11.*