

**В.В. Лукінов, К.А. Безручко, О.В. Приходченко, Д.П. Гуня**

## ПРОГНОЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ ДІЛЯНКИ “КАЛЬМІУСЬКИЙ РУДНИК” (ШАХТА ім. О.Ф. ЗАСЯДЬКА) НА НАЯВНІСТЬ СКУПЧЕНЬ ВІЛЬНОГО МЕТАНУ

Наведено прогностичну оцінку ділянки “Кальміуський рудник” (шахта ім. О.Ф. Засядька) на наявність газових скупчень. Виконано розрахунок ресурсів вільного метану у виявленій структурі.

**Ключові слова:** локальні структури, пісковик, метан, шахта ім. О.Ф. Засядька, прогностичні ресурси.

Проблема метану вугільних родовищ охоплює три важливі аспекти, серед яких – безпека ведення гірничих робіт з видобутку вугілля, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище у результаті зниження шкідливих викидів в атмосферу та використання метану як цінного енергоносія. Останнім часом метан вуглегазових родовищ розглядають не як супутню сировину, а як самостійну корисну копалину. Вугленосна товща Донецького басейну містить значні ресурси метану, і, за оцінками різних дослідників, їхні обсяги становлять від 12 до 25 трлн м<sup>3</sup> [1]. У цьому сенсі актуальним завданням є пошук перспективних ділянок на наявність покладів вільного метану для його подальшого видобутку та використання.

Як відомо, умовою існування газового покладу є наявність у розрізі геологічної структури, яка містить породи-колектори, здатні акумулювати флюїди, та непроникні породи, що запобігають міграції метану і слугують покришкою або екраном. Такими структурами у вуглепородному масиві можуть бути локальні антикліналі, які ускладнюють моноклінальне залягання порід та виділяються за відхиленням гіпсометрії пласта від апроксимувальної поверхні.

В ІГТМ НАН України було запропоновано [2, 3] і досліджено [4, 5] механізм, за яким локальні антиклінальні структури можуть бути пастками вільного метану. Резервуаром такої пастки є зона розушільнення, яка виникла у склепінній частині структури в процесі тріщиноутворення під час лінійних крихких деформацій розтягу, що перевищують критичні на розрив. Покришкою слугують вищезалігаючі породи із покращеними пластичними властивостями, внаслідок чого вони залишаються непорушеними під час зминання у складку, а екраном – непроникні шари тих самих порід, в яких в умовах піднімання деформація розтягу не досягла гранично допустимої для порушення суцільності межі.

Умови формування та збереження газових скупчень у локальних антиклінальних структурах

вугленосних відкладів детально розглянуті у публікації [5]. Прогнозна оцінка перспективності локальних антиклінальних структур на наявність газових покладів передбачає побудову карт локальних структур, визначення їх головних параметрів та розрахунок коефіцієнтів розушільнення [5]. Після цього розраховують товщину тріщинуватої зони [3, 5], фільтраційні та ємнісні характеристики порід [4, 5] потенційної зони скупчення вільного метану в межах локальної антиклінальної структури.

На вказаних теоретичних засадах виконано прогноз перспективності ділянки “Кальміуський рудник” (шахта ім. О.Ф. Засядька) на наявність газових скупчень. Шахта розташована у Донецько-Макіївському районі Донбасу. Район розміщується у південній зоні дрібної складчастості та скидів на південному крилі Кальміус-Торецької улоговини, яка займає південно-західну частину Донецького басейну. Поле шахти ім. О.Ф. Засядька знаходиться у межах тектонічного блока, обмеженого великими структурами різних типів: на півдні – субширотним Мушкетовським насупом, на заході і сході – відповідно Ветківською та Чайкинською флексурами, на півночі – Кальміус-Торецькою улоговиною. У тектонічному плані будова шахтного поля досить складна. Простягання пластів близьке до субширотного, азимут простягання 85–100°. Загальне, близьке до моноклінального залягання порід за простяганням та падінням товщі деякою мірою ускладнене пологими перегинами, локальними складками та розривними дислокаціями.

За результатами тектонічного аналізу, у північній частині ділянки “Кальміуський рудник”, по ізогіпсах вугільного пласта  $m_3$  виділено тектонічну структуру типу “структурного виступу” (рис. 1). На основі гіпсометричного плану пласта  $m_3$  за трендом 1-го порядку побудовано карту регіонального нахилу – апроксимувальної поверхні пласта  $m_3$ . За відхиленням гіпсометрії пласта від апроксимувальної поверхні побудовано карту локальних структур (рис. 2).

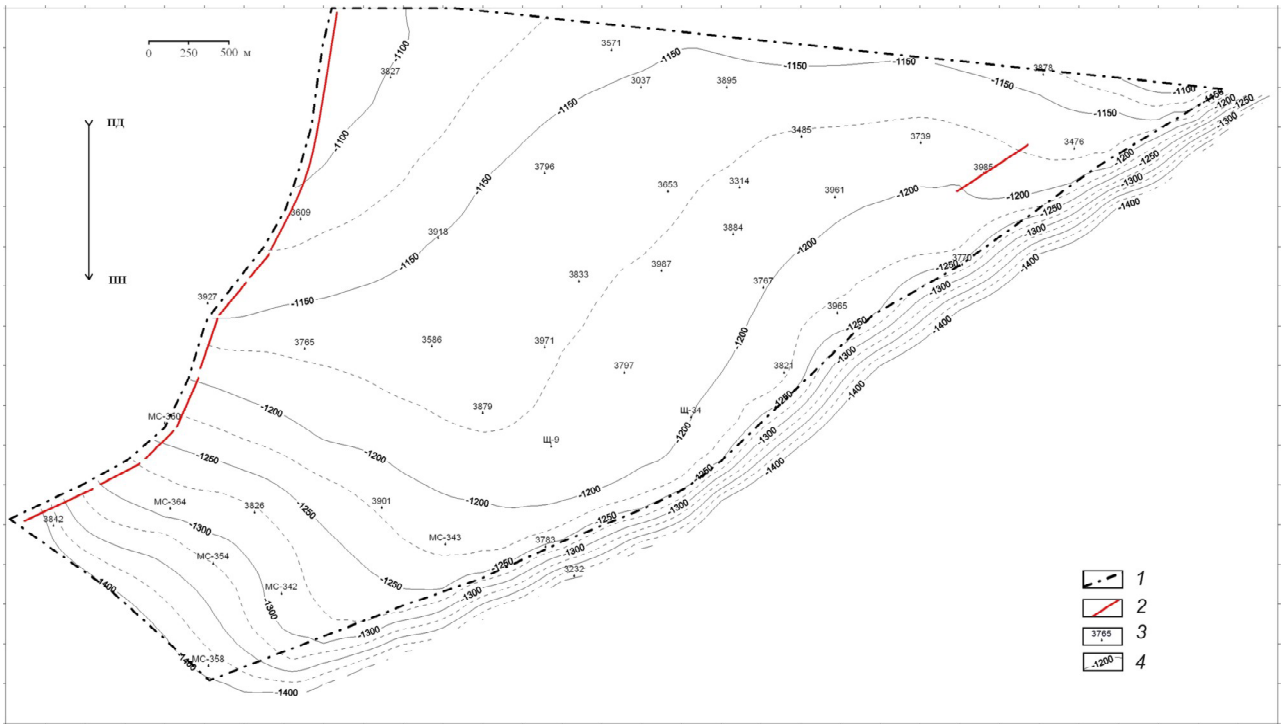


Рис. 1. Гіпсометричний план вугільного пласта  $m_3$  на ділянці “Кальміуський рудник” шахти ім. О.Ф. Засядька: 1 – межі ділянки; 2 – розривні порушення; 3 – розвідувальна свердловина та її номер; 4 – ізогіпси пласта  $m_3$ , м

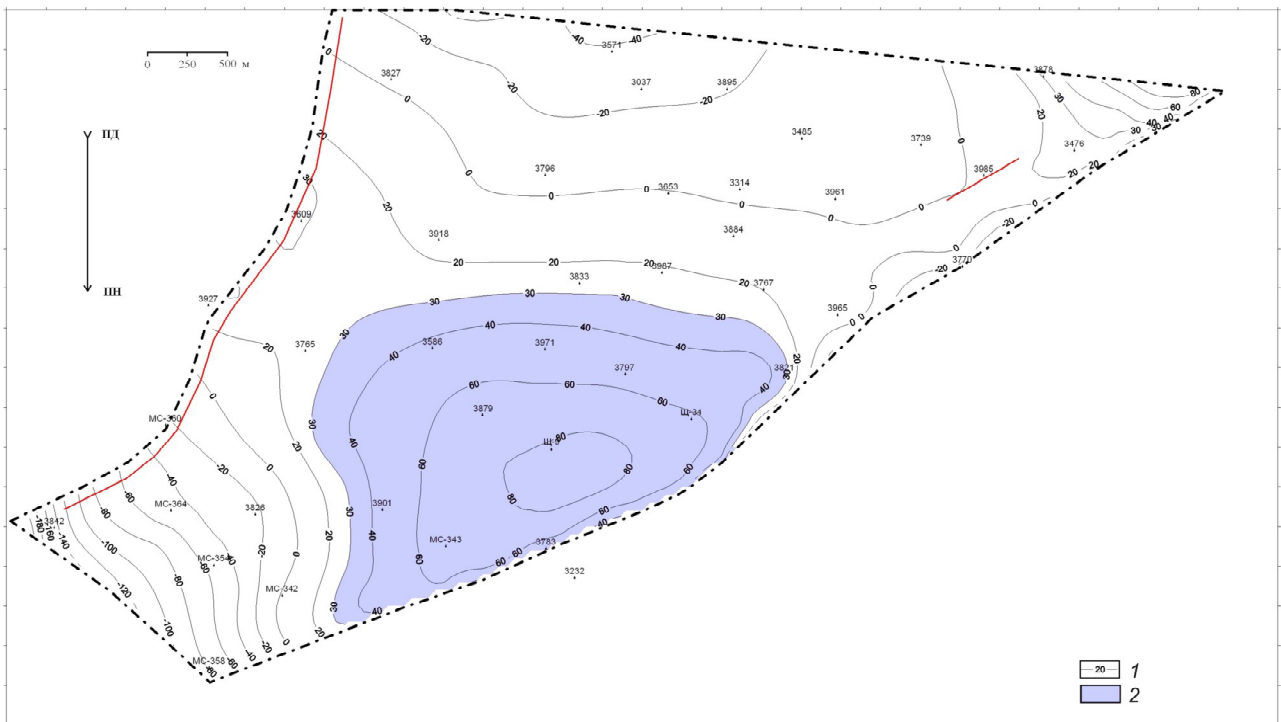


Рис. 2. Карта локальних структур 1-го порядку вугільного пласта  $m_3$  на ділянці “Кальміуський рудник” шахти ім. О.Ф. Засядька: 1 – ізолінії локальних структур пласта  $m_3$ , м; 2 – перспективна зона. Решту умовних позначень див. на рис. 1

Тектонічна структура простежується на картах локальних структур, побудованих по ізогіпсах вугільного пласта  $m_3$ , покрівлі пісковика  $m_4^0Sm_4^1$  та покрівлі пісковика  $m_5^1Sm_6^1$ , як відкрита антиклінальна складка. Повторення структури на різних стратиграфічних рівнях засвідчує участь її у формуванні потужної товщі порід. Крила складки виположуються у напрямку від нижчезалягаючих горизонтів до вищезалягаючих, що вказує на збільшення крутості складки із збільшенням глибини, тобто нижче залягання пласта  $m_3$ , на глибших горизонтах, можлива наявність закритої антиклінальної складки.

На карті локальних структур (рис. 2) зазначена структура замикається по ізолінії +30 м; її розміри в плані 3275×2000 м (табл. 1). Довга вісь структури зорієнтована за простяганням порід і паралельна Ветківській флексурі.

Коротка вісь, відповідно, спрямована за падінням пласта  $m_3$ . Розміри структури у склепінній частині (ізолінія +80 м) 800×425 м. Максимальна позначка (максимальне перевищення над апроксимувальною поверхнею) встановлена у районі св. Щ-9 і дорівнює +88,7 м.

За значеннями амплітуди та ширини антиклінальної складки розраховані її головні параметри – коефіцієнт викривленості (вигину), коефіцієнти лінійної деформації за довжиною та шириною, коефіцієнт об'ємної деформації та критична товщина пісковика.

Критичною товщиною пісковика є товщина його нижніх шарів, які не зазнали процесів тріщиноутворення і у межах яких тріщини не виникають унаслідок меншого вигину та недостатнього розтягування для порушення суцільності гірських порід. Товщина шарів, непорушених тріщинами, згідно з розрахунками, становить близько 34 м на контурі структури (ізолінія +30 м); 10–11 м – у склепінній частині; 21–23 м – у середній частині (у межах ізолінії від +40 до +60 м). Площі, у межах яких загальна товщина кожного із шарів пісковика перевищує розрахункову критичну тов-

щину, є зонами розвитку шарів з покращеними ємнісними та фільтраційними властивостями внаслідок тріщинуватості.

Ефективну товщину утворюють верхні шари пісковиків, в яких розтягування під час формування структури перевищило критичну межу, що зумовило крихкі деформації і утворення зон тріщинуватості. За середнє значення ефективної товщини пісковиків прийнято їхню ефективну товщину у середній частині структури – у межах ізолінії від +40 до +60 м.

Найперспективнішими газоносними об'єктами визначені пісковики горизонтів М-3 ( $m_4^0Sm_4^1$  і  $m_5^1Sm_6^1$ ) та М-6 ( $L_1Sl^2$ ,  $L_1Sl^1$ ), для яких виконано прогностичний розрахунок параметрів головних колекторських властивостей у межах ефективної товщини. На підставі розрахункових даних щодо об'ємної деформації пісковиків (табл. 1) і за переважним значенням коефіцієнта відкритої пористості розраховано тріщинну пористість, коефіцієнт ефективної пористості та мінімальну відносну газонасиченість (ступінь заповнення пор газом) (табл. 2, 3).

Для коефіцієнта тріщинної пористості наведені інтервали його можливої зміни, нижнє значення – на контурі структури, найбільше значення передбачається у склепінній частині.

Абсолютна газопроникність у тріщинній зоні, за розрахунками, може становити від (5–6)  $10^{-14}$  до (2–3)  $10^{-13}$  м<sup>2</sup>. Слід взяти до уваги можливе зменшення розрахункових значень цього показника у природних умовах під дією напружень у вуглепородному масиві, які можуть сягати значних величин. Так, одна з горизонтальних складових поля напружень за дослідженнями напруженого стану гірського масиву методом локального гідророзриву у межах шахтного поля зорієнтована субмеридіонально і на горизонті 1078 м становить 48–52 МПа [6]. Як відомо з експериментів моделювання геостатичного тиску гідравлічним обтиском, проникність порід під дією стиснення до 50 МПа зменшується, принаймні, на поря-

Таблиця 1. Параметри локальної антиклінальної структури по пласту  $m_3$  на об'єкті "Кальміуський рудник" (поле шахти ім. О.Ф. Засядька)

Ізолінія, м	Висота, м	Ширина, м	Довжина, м	Коефіцієнт вигину		Критична товщина, м	
				за шири- ною	за довжи- ною	за ширин- ною	за довжи- ною
+ 30	58,7	2000	3275	0,029	0,018	34,0	91,4
+ 40	48,7	1500	3000	0,0325	0,0162	23,1	92,4
+50	38,7	1275	2400	0,030	0,016	21,0	74,4
+ 60	28,7	1100	2000	0,0261	0,0144	21,0	69,7
+70	18,7	650	1450	0,029	0,013	11,3	56,2
+ 80	8,7	425	800	0,0205	0,0109	10,4	36,8

Таблиця 2. Розрахункові дані для оцінки колекторських властивостей пісковиків у районі закладення глибокої свердловини на об'єкті "Кальміуський рудник"

Індекс шару	Коефіцієнт лінійної деформації		Коефіцієнт об'ємної деформації	Коефіцієнт пористості, %	
	за шириною складки	за довжиною складки		відкритої (переважний)	тріщинної (розрахунковий)
$m_5^1Sm_6^1$	$\frac{1,010^*}{1,020}$	$\frac{1,000}{1,006}$	$\frac{1,010}{1,026}$	5,0	0,94–2,42
$m_4^0Sm_4^1$	$\frac{1,007}{1,015}$	$\frac{1,000}{1,004}$	$\frac{1,007}{1,019}$	5,5	0,65–1,75
$l_1Sl_2$	$\frac{1,005}{1,011}$	$\frac{1,000}{1,000}$	$\frac{1,005}{1,011}$	4,0	0,48–1,04
$L_1Sl_1$	$\frac{1,005}{1,011}$	$\frac{1,000}{1,000}$	$\frac{1,005}{1,011}$	4,4	0,48–1,04

\* Над рисою – контур, ізолінія +40 м; під рисою – склепіння, ізолінія +80 м.

Таблиця 3. Розрахунок відносної газонасиченості у межах локальної антиклінальної структури в районі закладення глибокої свердловини на об'єкті "Кальміуський рудник"

Індекс піско-вику	Коефіцієнт пористості середній (розрахунковий), %		Початкова залишкова водонасиченість, %	Коефіцієнт зниження водонасичення	Відносна газонасиченість, %	
	відкритої	ефективної			розрахунок за пористістю	розрахунок за водонасиченням з урахуванням деформації
$m_5^1Sm_6^1$	6,68	2,98	70	0,66–0,83	45	42 – 54
$m_4^0Sm_4^1$	6,70	3,30	62	0,76–0,90	49	44 – 53
$l_1Sl_2$	4,76	2,76	60	0,79–0,89	58	47 – 53
$L_1Sl_1$	5,16	2,76	–	0,80–0,90	53	–

док [7]. Тим не менш навіть за зниження цього показника на порядок проникність у склепінній частині структури має бути достатньою для накопичення вільного метану.

На основі розрахункових даних щодо ефективної пористості пісковиків у тріщинуватій зоні обчислено прогнозні ресурси метану в зоні скупчення вільного метану, яка прогнозується у межах поширення ефективної потужності пісковиків у виділеній локальній антиклінальній структурі. За площу підрахунку ресурсів метану у пісковіку  $m_5^1Sm_6^1$  прийнято площу поширення цієї породи у межах ізолінії +30 м, для решти досліджуваних пісковиків – у межах ізолінії +40 м.

Для підрахунку ресурсів метану застосовували значення газового тиску, що становлять 0,85 величини гідростатичного тиску для глибини перерізу відповідних пісковиків проектною глибо-

кою розвідувально-експлуатаційною свердловиною (табл. 4). Оскільки скупчення вільного метану в межах виділеної структури формувались у результаті перерозподілу первинних обсягів метану і води внаслідок утворення структури, для розрахунку ресурсів метану прийнято коефіцієнт 0,4, який відповідає середньому співвідношенню вмісту метану і води у вугленосній товщі (35–40 % метану, 60–65 % води).

Ресурси для кожного з пісковиків були обчислені у 3 варіантах – найменш сприятливому (песимістичний прогноз), найсприятливішому (оптимістичний прогноз) та усередненому. Для сприятливого прогнозу застосовували максимальні розрахункові значення коефіцієнта ефективної пористості, для песимістичного прогнозу – мінімальні розрахункові значення цього коефіцієнта, для усередненого – середні. За підрахунка-

Таблиця 4. Дані для підрахунку ресурсів метану в районі закладення глибокої свердловини на об'єкті "Кальміуський рудник"

Індекс піско-віку	Коефіцієнт пористості (розрахунковий), %		Товщина пісковика, м		Площа підрахунку, тис. м <sup>2</sup>	Глибина, м	Тиск, МПа
	відкритості	ефективної	загальна	ефективна (середня)			
$m_5^1Sm_6^1$	$\frac{4,7-10,6}{6,7}$ *	$\frac{1,5-3,2}{3,0}$	55	34	5461	1240	10,54
$m_4^0Sm_4^1$	$\frac{3,8-10,6}{6,7}$	$\frac{1,0-4,7}{3,3}$	38	17	3974	1380	11,73
$I_1Sl_2$	$\frac{2,0-8,0}{4,8}$	$\frac{1,0-3,8}{2,8}$	28	7	3974	1760	14,96
$L_1Sl_1$	$\frac{0,7-8,2}{5,2}$	$\frac{0,8-4,1}{2,8}$	28	7	3974	1795	15,26

\* Над рискою – інтервал значень, під рискою – середнє значення.

ми загальні ресурси метану у структурі становлять не менше 170 млн м<sup>3</sup>, за найсприятливішим прогнозом – 400–500 млн м<sup>3</sup>.

Таким чином, на глибинах до 1400 м можлива наявність тріщинно-порових колекторів, з яких найперспективнішими є пісковики горизонту М-3 ( $m_4^0Sm_4^1$  та  $m_5^1Sm_6^1$ ). На глибинах понад 1400 м перспектива може бути пов'язана з появою тріщинних колекторів у пісковиках московського та башкирського ярусів, що можливо у зв'язку із зростанням крутості складки зі збільшенням стратиграфічної глибини, яке може спричинити підвищення ефективної товщини пісковиків. Інакше кажучи, на глибших горизонтах можливе залучення до колекторів пісковиків малої товщини.

Найоптимальнішим місцем розташування глибокої розвідувально-експлуатаційної свердловини в районі виділеної локальної антиклінальної структури у межах об'єкта "Кальміуський рудник" запропоновано ділянку між св. Щ-9, 3879, 3971, 3797 (див. рис. 2). Для промислового видобутку метану заплановано використовувати новітні сучасні технології інтенсифікації газовіддачі вуглепородного масиву, зокрема конструкцію свердловини з горизонтальною частиною стовбура у продуктивні горизонти та численними гідророзривами.

1. Углепородный массив Донбасса как гетерогенная среда / А. Ф. Булат, Е. Л. Звягельский, В. В. Лукинов и др. – Киев: Наук. думка, 2008. – 412 с.
2. Лукинов В.В. Горно-геологические условия образования скоплений свободного метана на угольных месторождениях / В.В. Лукинов // Наук. вісн. НГУ. – 2007. – № 4. – С. 55–59.
3. 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).
4. Лукинов В.В. Формування проникності гірських порід у локальних антиклінальних структурах / В.В. Лукинов, К.А. Безручко // 36. наук. праць УкрДГРІ. – 2009. – № 1–2. – С. 106–110.
5. Безручко К.А. Умови формування і збереження скупчень метану в низькопористих вугленосних відкладах / К. А. Безручко // Наук. праці УкрНДМІ НАН України. – 2011. – 2, № 9. – С. 18–28.
6. Результаты комплексной оценки геомеханического состояния углепородного массива в зоне дегазации пласта I<sub>1</sub> шахты им. А.Ф. Засядько / В.С. Кулинич, В.Г. Перепелица, В.В. Шевченко и др. // Геотехн. механика. – 2002. – № 37. – С. 97–103.
7. Геологические факторы выбросоопасности пород Донбасса / В. Е. Забигаило, А. З. Широков, И. С. Белый и др. – Киев: Наук. думка, 1974. – С. 114–120.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова  
НАН України, Дніпропетровськ, Україна

Надійшла до редакції 26.09.2011 р.

ОП шахта ім. О.Ф. Засядька, Донецьк, Україна

*В.В. Лукинов, К.А. Безручко, А.В. Приходченко, Д.П. Гуня*

**ПРОГНОЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ УЧАСТКА “КАЛЬМИУССКИЙ РУДНИК” (ШАХТА им. А.Ф. ЗАСЯДЬКО)  
НА НАЛИЧИЕ СКОПЛЕНИЙ СВОБОДНОГО МЕТАНА**

Дана прогнозная оценка участка “Кальмиусский рудник” (шахта им. А.Ф. Засядько) на наличие газовых скоплений. Выполнен подсчет ресурсов свободного метана в выявленной структуре.

**Ключевые слова:** локальные структуры, песчаник, метан, шахта им. А.Ф. Засядько, прогнозные ресурсы.

*V.V. Lukinov, K.A. Bezruchko, O.V. Prikhodchenko, D.P. Gunya*

**FORECASTING OF “KAL’MIUSKIY RUDNIK” (A.F. ZASYAD’KO MINE)  
FOR POSSIBLE FREE METHANE**

Given in the paper is a predictive estimate of “Kal’miuskiy rudnik” (A.F. Zasyad’ko mine) for possible gas accumulation. Calculated in the identified structure are free methane resources.

**Keywords:** local structures, sandstone, methane, A.F. Zasyad’ko mine, estimated resources.