

Агаєв Р.А., мл. науч. сотр.
Припула Д.А., инженер
(ИГТМ НАН Украины)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ ШАХТНОГО МЕТАНА НА ПРИМЕРЕ
ШАХТОУПРАВЛЕНИЯ «СУХОДОЛЬСКАЯ-ВОСТОЧНАЯ»
ОАО «КРАСНОДОНУГОЛЬ»**

Агаєв Р.А., мол. наук. співр.
Припула Д.А., інженер
(ІГТМ НАН України)

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ ШАХТНОГО МЕТАНУ НА
ПРИКЛАДІ ШАХТОУПРАВЛІННЯ «СУХОДОЛЬСЬКА-СХІДНА»
ВАТ «КРАСНОДОНВУГІЛЛЯ»**

Agaiev R.A., Junior Researcher
Prytula D.A., M.Sc (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

**PROSPECTS OF CMM EXTRACTION IN CASE OF
«SUKHODOLSKAYA-VOSTOCHNAYA» MINE OFFICE OF
THE «KRASNODONUGOL» COMPANY**

Аннотация. В данной статье рассматривается актуальность добычи шахтного метана. На основе собранных геологических данных подсчитан объем содержания метана в геоэлектрических аномальных зонах углепородного массива двумя методами. Представлен мониторинг работы пробуренных с поверхности скважин до пласта i_3^1 в пределах шахтного поля шахтоуправления "Суходольское-Восточное" ОАО «Краснодонуголь», который подтвердил достоверность одного из методов, что позволило оценить эффективность каждой скважины в отдельности и во взаимосвязи между собой.

Ключевые слова: дегазация, шахтный метан, дебит, концентрация, поверхностные скважины.

Актуальность вопроса по исследованию и использованию новых источников энергии с каждым годом становится все более важной. На данный момент, одним из самых перспективных источников являются метаноугольные месторождения (МУМ), мировые запасы которых составляют 260 трлн m^3 .

По ресурсам МУМ Украина находится в пятерке лидирующих стран. В Донецком и Львовско-Волынском угольных бассейнах запасы метаноугольных месторождений составляют от 12 до 22 трлн m^3 газа, а на отдельных шахтах от 0,2 до 4,7 млрд m^3 . Каптаж и применение в народном хозяйстве МУМ могут существенно сократить объемы его выбросов в атмосферу газоугольными предприятиями [1].

МУМ является ценным энергетическим сырьем для выработки электроэнергии и тепла. В Украине утилизируется около 80 млн. m^3 извлекаемого из шахт метана, что составляет приблизительно 4%. Метан сжигается в шахтных

котельных для получения тепла, а также в газовых турбинах для получения электрической энергии. В то же время общее потребление электрической энергии, только шахтами ДТЕК, составляет 14,8 млрд. кВт·ч в год [2]. За МУМ, выбрасывающийся в атмосферу, Украина могла бы получить дополнительно около 9,4 млрд. кВт·ч в год дешевой электроэнергии и около 10 млн. Гкал в год тепловой энергии [3]. В связи с этим возникает необходимость извлечения МУМ с применением мероприятий по дегазации угольных месторождений и, следовательно, его добычи.

В современном подходе разработку месторождений угля рассматривают как газугольную. Одним из способов извлечения МУМ является попутная добыча метана с помощью стандартных способов дегазации. Дегазация угольных пластов и вмещающих пород, обеспечивающая безопасные условия ведения горных работ, является неотъемлемой частью технологического процесса добычи газоносных углей. Она применяется на большинстве шахт, разрабатывающих высокогазоносные угольные пласты. При работе лавы газ выделяется из обрабатываемого угольного пласта, из пород кровли и почвы, а также поступает в горные выработки из выработанного пространства шахты. Одним из существующих способов дегазации является бурение скважин с поверхности земли, по угольному пласту, в породы кровли и почвы пласта, а также использование газопроводящих труб в выработанном пространстве, с последующим подключением их к вакуумным насосам для откачки метана [4].

Особенностью Донецкого угольного бассейна является то, что он испытал значительные тектонические преобразования вследствие имевшей место инверсии, которая послужила причиной формирования очень малой пористости и низкой газопроницаемости, что являются главными показателями, влияющими на добычу МУМ. К этому добавляется повышенная, относительно типичных нефтегазовых месторождений, плотность и прочность пород.

По результатам исследований, выполненных Забигаило В.Е., Николиным В.И., Лукиновым В.В., Пимоненко Л.И. и др. [5, 6], естественная пористость песчаников, глинистых и песчаных сланцев Донецкого угольного бассейна в некоторых геологических структурах составляет до 15%, но в большинстве своей низкая, а коэффициент открытой пористости пород разного генетического типа и степени катагенеза находится в пределах от 1,5 до 8-9%, при этом газопроницаемость нетронутых горными роботами пород - 0,01-0,6 мД, которые не попадают даже в класс с низкой газопроницаемостью - до 10 мД.

По данным Айруни А.Т., Галазова Р.А. и др. [7], а также по результатам газового каротажа, песчаники, глинистые и песчаные сланцы Донецкого угольного бассейна характеризуются низкими фоновыми значениями, природная метанообильность составляет $15-25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{т}$. При этом, указанные породы залегают в кровле и почве угольных пластов на площади до 90-95%. Это характерно и для поля шахтоуправления "Суходольское-Восточное" ОАО «Краснодонуголь». Деформационные характеристики песчаников, глинистых и песчаных сланцев Донецкого угольного бассейна высокие. Однако, исследования, выполненные Абрамовым Ф.А. и Шевелевым Г.А. [8], показали, что нагрузки образцов от 0

до 40 МПа приводит к уменьшению открытой пористости с 8-9 до 7, 5-8,5%, т.е. всего на 5-6 %.

Объемы содержания свободного метана в геоэлектрических аномальных зонах можно определить двумя способами.

1. Объемы содержания метана в геоэлектрических аномальных зонах углеродного массива по средневзвешенной пористости пород (Q_1 , м³) определяется по формуле [5, 6]

$$Q_1 = S \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot p \cdot k_{pi} / 100, \quad (1)$$

где S - площадь геоэлектрической аномальной зоны, м²; m_i - мощность i -го аномально поляризованного пласта, м; n - количество аномально поляризованных пластов; p - средневзвешенная пористость пород, %; k_{pi} - поправочный коэффициент, учитывающий неоднородность геоэлектрической аномальной зоны, $k_{pi}=0,7$.

2. Объемы содержания метана в геоэлектрических аномальных зонах углеродного массива по средневзвешенной метанообильности пород (Q_2 м³) определяется по формуле

$$Q_2 = S \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot \gamma \cdot q \cdot k_{qi}, \quad (2)$$

где γ - средневзвешенная плотность пород, т/м³; q - средняя природная метанообильность пород, м³/т.

Результаты расчетов, выполненных по формулам (1) и (2) представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные и результаты расчетов количества свободного метана в геоэлектрических аномальных зонах

№, № геоэлектрических аномальных зон	Площадь геоэлектрической аномальной зоны, млн м ²	Средняя мощность аномально поляризованных пластов в зоне, м	Объем метана в геоэлектрической аномальной зоне, млн м ³	
			по средневзвешенной пористости, Q_1	по метанообильности, Q_2
1	5,25	54	10,32	15,48
2	1,25	22	1	1,5
4	1,05	44	1,68	2,52
5	1,0	50	1,82	2,73
6	2,0	43	3,13	4,7
Всего по шахтному полю:			17,95	26,93

Таким образом, по расчетам в пределах поля шахтоуправления "Суходольское-Восточное" ОАО «Краснодонуголь» содержится от 18 до 27 млн м³ свободного метана в геоэлектрических аномальных зонах.

На шахтном поле шахтоуправление «Суходольское-Восточное» ОАО «Краснодонуголь» было пробурено с поверхности до пласта i_3^1 36 скважин общей протяженностью 38,276 км. Наиболее глубокая скважина – 113Д (1133,7 м) пробурена над 24 западной уклонной лавой (ЗУЛ), расположенной в южной части шахтного поля. Самая короткая из наблюдаемых скважин – ЛБ015Д (831,5 м) пробурена над 12 восточной разгрузочной лавой (ВРЛ), расположенной в северной части шахтного поля. Из 36 пробуренных скважин: 12ВРЛ – 11; 21 восточная уклонная лава (ВУЛ) – 3, 22ВУЛ – 2, 23ВУЛ – 8, 23ЗУЛ – 5, 24ЗУЛ – 7, 11 из них находились в эксплуатации на 2010 год. Всего добыто с 2007 по 2010 год 24,3 млн. м³ метана.

Снятые замеры с наблюдаемых скважин (таблица 2, рис.1) показали, что способ определения запасов шахтного метана по метанообильности пород в углепородном массиве является достаточно точным.

Таблица 2 - Реальные показания работы скважин

Наименование лавы	Дебит метана из скважин, млн. м ³	Количество скважин	Средняя концентрация метана в смеси, %
12 ВРЛ	8,9	11	53,53
21 ВУЛ	3,2	3	60,25
22 ВУЛ	0,7	2	47,4
23 ВУЛ	8,1	8	65,1
23 ЗУЛ	1,2	5	42
24 ЗУЛ	2,2	7	81,9
Всего	24,3	36	58,36

Как видно из таблицы 2, максимальное количество скважин было пробурено в 12 ВРЛ с максимальным значением дебита метана 8,9 млн м³ и средней концентрацией метана в смеси 53,53%. Это объясняется тем, что данная лава единственная в новом блоке, и на нее не оказывают влияния соседние лавы. Минимальное количество скважин было пробурено на 22 ВУЛ, дебит из них составил 0,7 млн. м³ со средней концентрацией 47,4 %. Это связано с тем, что данная лава находится между двумя работающими лавами и подвержена сильному их влиянию. Самая высокая концентрация метана составляет 81,9% в зоне 24 ЗУЛ. Это объясняется тем, что она расположена в нижней части шахтного поля по падению пласта и имеющая только один общий конвейерный штрек с 23 ЗУЛ. Немаловажным остается тот факт, что до начала ведения очистных работ скважины были уже пробурены, а не как во всех случаях, бурились по мере прохождения лавы проекции забоя поверхностной скважины.

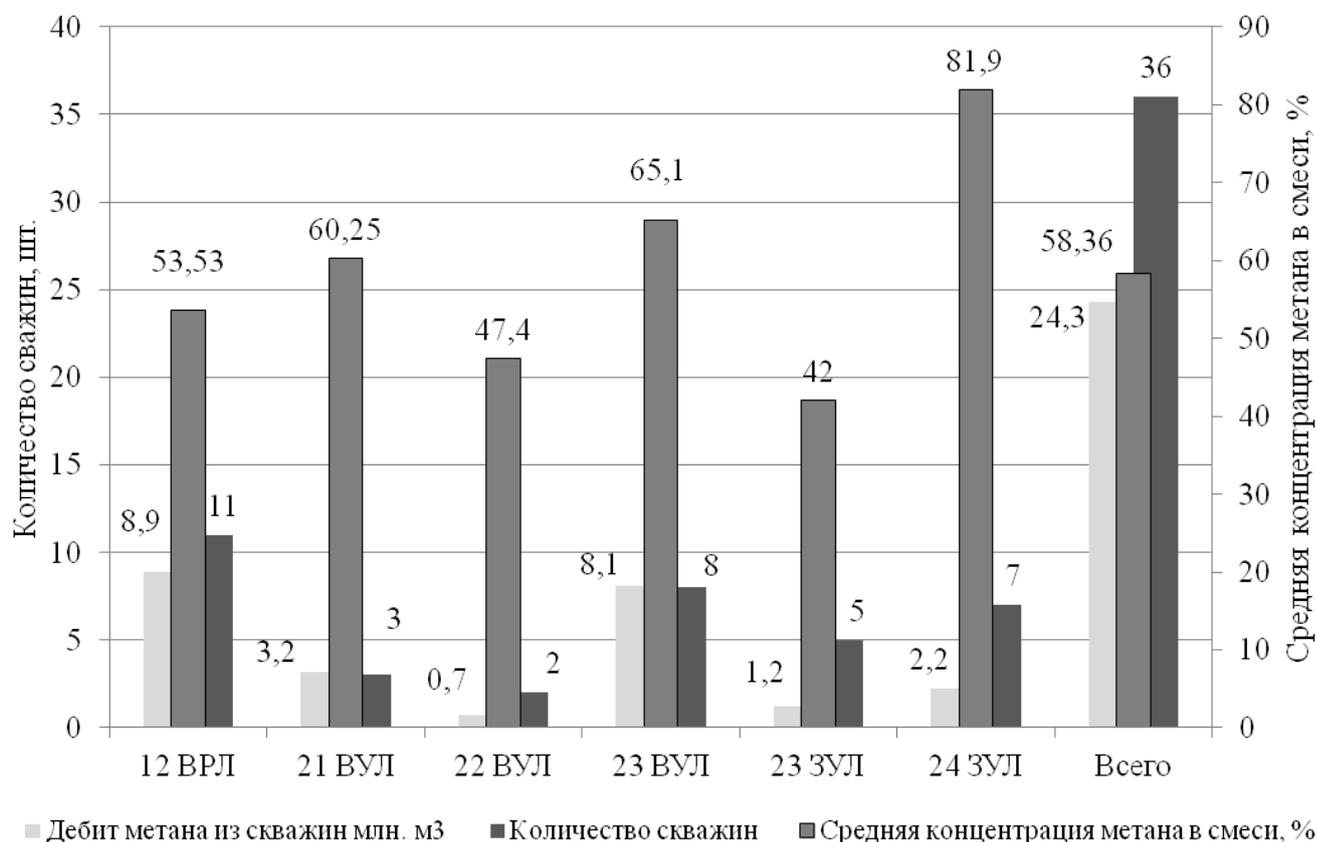


Рисунок 1 – Количество скважин, дебит метана и его концентрация

Как видно из рис.1, количество пробуренных скважин и расположение соседних лав влияет на выделение метана. Так же, в большей степени, влияет местоположение пробуренной скважины относительно лавы.

В таблице 3 приведено положение скважин относительно очистного участка по падению.

Таблица 3 – Положение проекций забоя скважин относительно выемочных столбов по падению

Положение скважины относительно лавы	Средняя концентрация метана, %	Добытый объем метана, млн. м ³	Количество скважин, шт.
Верх лавы	37,80	0,578	2
Середина лавы	59,16	11,27	15
Низ лавы	62,79	12,42	19

Анализ таблицы показывает, что на концентрацию метана влияет расположение проекции забоя скважины относительно выемочного столба по падению, а средняя концентрация метана достигает значения 62,79% при расположении их вблизи конвейерного штрека (т.е. низ лавы).

Как видно из рис. 2, скважины бурились ближе к конвейерному штреку. При удалении забоя скважины от конвейерного штрека наблюдается снижение концентрации метана в смеси.

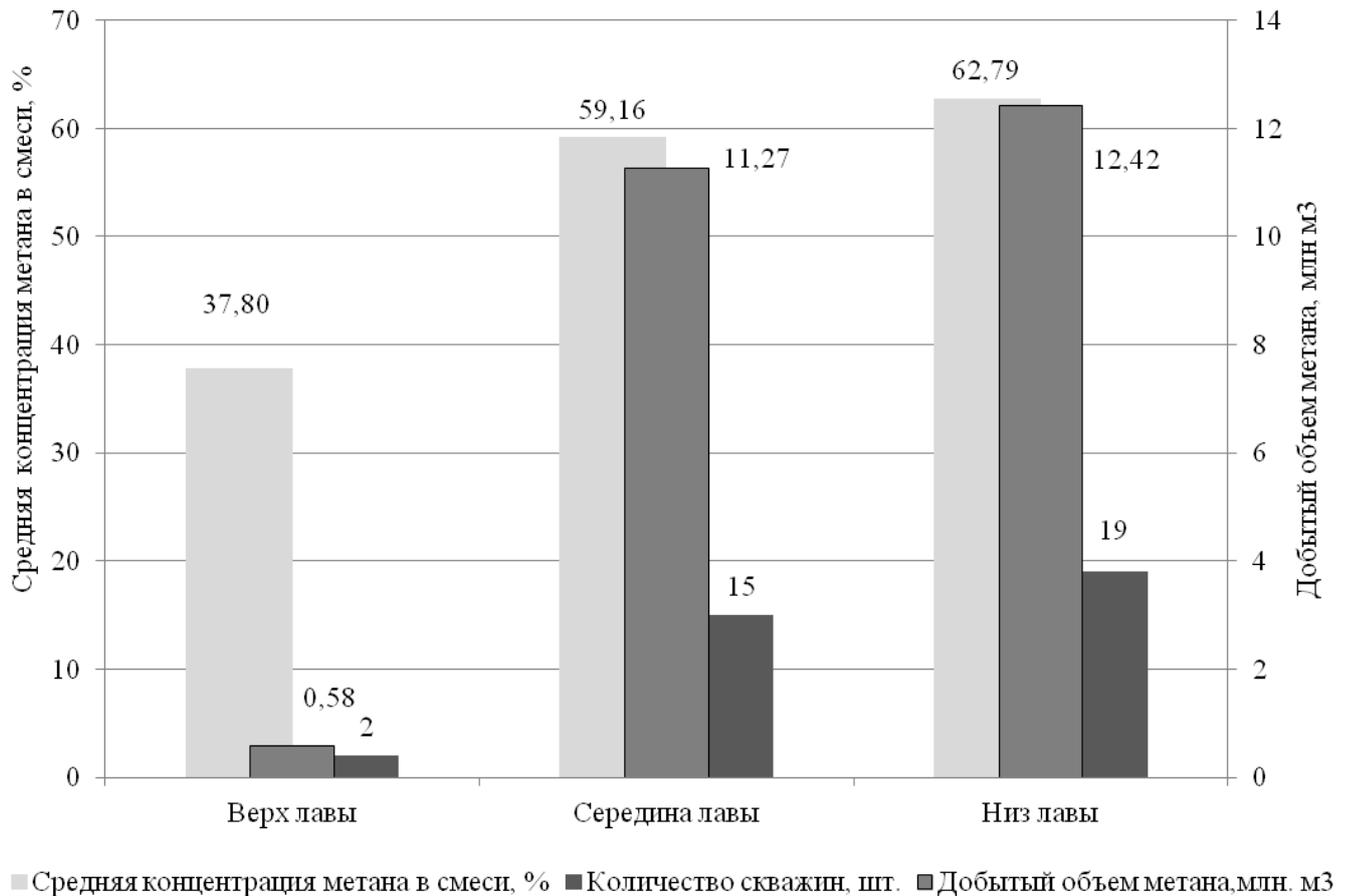


Рисунок 2 – Объем и концентрация метана скважин, расположенных относительно выемочных столбов по падению

В таблице 4 и на рис.3 представлены результаты влияния расположения скважин по простиранию относительно выемочных столбов на дебит и концентрацию метана.

Таблица 4 – Положение проекции забоя скважин относительно выемочных столбов по простиранию

Положение скважины относительно лавы	Средняя концентрация метана, %	Добытый объем метана, млн. м ³	Количество скважин, шт.
Начало лавы	49,96	8,67	13
Середина лавы	61,27	9,93	14
Конец лавы	58,13	5,68	9

Анализ таблицы 4 показывает, что положение скважин относительно выемочного столба по простиранию имеет максимальное значение газовыделение при расположении проекции забоя скважины в его середине, при этом концентрация метана из скважин, пробуренных в начале выемочного столба ниже, чем в его конце. Таким образом, расположение скважин по площади выемочного столба влияет на концентрацию метана в смеси.

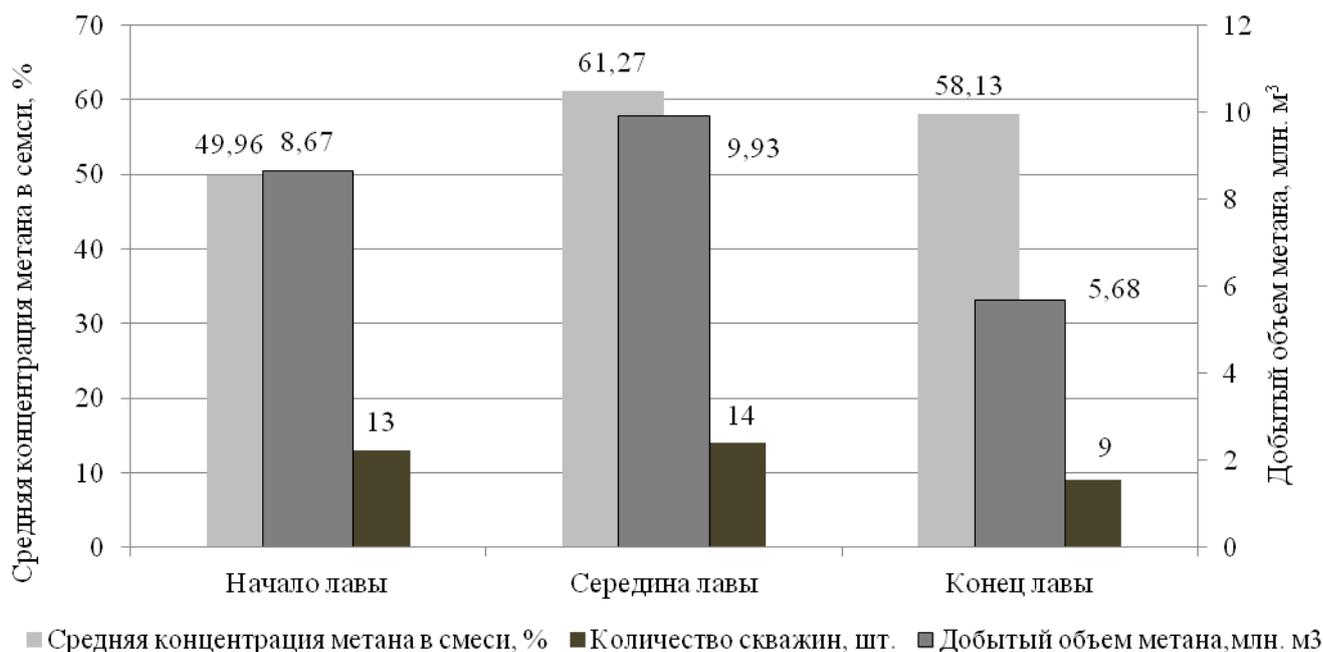


Рисунок 3 - Объем и концентрация метана скважин, расположенных относительно выемочных столбов по простиранию

Всего было добыто 24,3 млн м³ метана со средней концентрацией 60,37%.

Следует сказать, что важным фактором влияния на дебит скважин и концентрацию метана остается месторасположения проекции забоя скважин относительно выемочного столба и для добычи МУМ с максимально возможным значением дебита скважин необходимо их располагать в центральной части выемочного столба, с учетом плана ведения горных работ.

Полученные показатели дают основание для промышленного извлечения МУМ при правильном учете горно-геологических и горнотехнических условий разработки газугольных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукинов В.В. Тектоника метанугольных месторождений Донбасса / В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко – Киев: Наукова думка, 2008. – 352 с.
2. ДТЭК подвел итоги производственной деятельности в 1 квартале 2012 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.dtek.com/ru/media-centre/press-releases/details/dtek-podvel-itogi-proizvodstvennoj-dejateljnosti-v-1-kvartale-2012-goda#.Vd2jbyXtmko> - Загл. с экрана.
3. Перспективы использования альтернативных источников энергии в Донецкой области [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://esco-ecosys.narod.ru/2006_5/art30.htm - Загл. с экрана.
4. R.Agaiev, V.Vlasenko and E.Kliuev (2014), "Methane receiving from coal and technogenic deposits", Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining, CRC Press/Balkema: EN Leiden, The Netherlands, pp. 113–119
5. Забигайло, В.Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбро-соопасность / В.Е. Забигайло, В.И. Николин. – К.: Наукова думка, 1990. – 168 с.

6. Забигайло, В.Е. Тектоника и горно-геологические условия разработки угольных месторождений Донбасса / В.Е. Забигайло, В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко. - К.: Наукова думка, 1994. - 150 с.

7. Газообильность каменноугольных шахт СССР. Комплексное освоение газоносных угольных месторождений / А.Т. Айруни, Р.А. Галазов, И.В. Сергеев [и др.] – М.: Наука, 1990. – 216 с.

8. Абрамов Ф.А. Свойства выбросоопасных песчаников как породы-коллектора / Ф.А. Абрамов, Г.А. Шевелев – К.: Наукова думка, 1972. – 98 с.

REFERENCES

1. Lukinov, V.V. and Pinomenko, L.I. (2008), Tektonika metanougolnykh mestorozhdeniy Donbassa [Tectonics CBM fields of Donbass], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.

2. DTEK has summed up its operating results in the 1st quarter of 2012 [electronic resource]. – Access mode: <http://www.dtek.com/ru/media-centre/press-releases/details/dtek-podvel-itogi-proizvodstvennoj-deyatelnosti-v-1-kvartale-2012-goda#.Vd2jbyXtmko> - Caps. from the screen.

3. Perspectives of using of alternative energy sources in the Donetsk region [electronic resource]. - Access mode: http://journal.esco.co.ua/2006_5/art30.htm - Caps. from the screen.

4. R.Agaiev, V.Vlasenko and E.Kliuev (2014), “Methane receiving from coal and technogenic deposits”, Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining, CRC Press/Balkema: EN Leiden, The Netherlands, pp. 113–119

5. Zabigaylo, V.E. and Nikolin, V.I. (1990), Vliyanie katogeneza gornykh porod i metamorfizma ugley na ikh vybrosopasnost [Influence katogenesis rocks and coal metamorphism on their outburst], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.

6. Zabigaylo, V.E., Lukinov, V.V. and Pimenko, L.I. (1994), Tektonika i gorno-geologicheskie usloviya razrabotki ugolnykh mestorozhdeniy Donbassa [Tectonics and geological conditions of coal mining Donbass], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.

7. Ayruni, A.T., Galazov, R.A. and Sergeev, I.V. (1990), Gazoobilnost kamennougolnykh shakht SSSR. Kompleksnoe osvoenie gazonosnykh ugolnykh mestorozhdeniy [Gassy coal mines of the USSR. Integrated development of gas-bearing coal deposits], Nauka, Moskva, Russia

8. Abramov, F.A. and Shevelev G.A. (1972), Svoystva vybrosopasnykh peschanikov kak porody-kollektora [Properties outburst as sandstone reservoir rock], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.

Об авторах

Агаев Руслан Агагулевиич, младший научный сотрудник в отделе проблем технологии подземной разработки угольных месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальная академия наук Украины, Днепропетровск, Украина, igtm16@yandex.ua

Прытула Дмитрий Александрович, инженер в отделе проблем технологии подземной разработки угольных месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальная академия наук Украины, Днепропетровск, Украина, igtm16@yandex.ua

About the authors

Agaiev Ruslan Agagulevich, Master of Science, Junior Researcher in Department of Underground Coal Mines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics of National Academy of Science of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine, igtm16@yandex.ua

Prytula Dmytro Oleksandrovysh., Master of Science, Engineer in Department of Underground Coal Mines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics of National Academy of Science of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine, igtm16@yandex.ua

Анотація. В даній статті розглядається актуальність видобутку шахтного метану. На основі зібраних геологічних даних підраховано обсяг вмісту метану в геоелектричних аномальних зонах вуглепородного масиву двома методами. Моніторинг роботи пробурених з поверхні свердловин до пласта i_3^I у межах шахтного поля шахтоуправління "Суходольська-східна" ВАТ «Краснодонуголь» підтвердив точність одного з методів, що дозволило оцінити

ефективність кожної свердловини окремо і у взаємозв'язку між собою.

Ключові слова: дегазация, шахтний метан, шахтне поле, дебіт, концентрація, поверхневі свердловини.

Abstract. In this article described relevance of the production of methane from mine. Was calculated the volume of the methane concentration in the geoelectric anomalous zones coal rock mass in two ways by using geological data. Presented monitoring of the wells which were drilled from the surface to the reservoir i_3^1 within the mine field mine office "Sukhodilskoe-Vostochnoe" JSC "Krasnodonugol" which confirmed the accuracy of one of the methods, made it possibility to evaluate the effectiveness of each well individually and in relation with each other.

Keywords: degassation, coal mine methane, flow rate, concentration, surface boreholes.

Стаття поступила в редакцію 17.06.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук К.К. Софийским