

УДК 622.4.332:023.623

Безручко К.А., д-р геол. наук, ст. науч. сотр.,
Тихонов А.А., мл. науч. сотр.,
Переверзьев В.Н., инженер
(ИГТМ НАН Украины)

**ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА СПОСОБА
ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ДЕГАЗАЦИИ ПОРОД КРОВЛИ НА
ШАХТЕ «СТЕПНАЯ»**

Безручко К.А., д-р геол. наук, ст. науч. співр.,
Тихонов О.А., мол. науч. співр.,
Переверзьєв В.М., інженер
(ИГТМ НАН України)

**ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВА ПЕРЕВІРКА СПОСОБУ
ВИПЕРЕДЖАЮЧОЇ ДЕГАЗАЦІЇ ПОРІД ПОКРІВЛІ НА ШАХТІ
«СТЕПОВА»**

Bezruchko K. A., D. Sc. (Geol.), Senior Researcher,
Tikhonov O. A., Junior Researcher,
Pereverzev V.N., M.S (Tech)
(IGTM NAS of Ukraine)

**TEST-INDUSTRIAL METHOD VERIFICATION OF OUTFRONTING
DEGASSING OF ROOF ROCK AT THE MINE «STEPNAYA»**

Аннотация. С целью дальнейшего внедрения способа опережающей дегазации пород кровли была проведена его опытно-промышленная проверка в условиях шахт Западного Донбасса. В качестве объекта исследований были выбраны участки 165 и 167 лав шахты «Степная» ПАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ», на которой глубины ведения очистных работ составляют более 400 м. Опережающая дегазация является одним из подвидов предварительной дегазации пород кровли, которая выполняется из участков подготовительных выработок во время подготовки участка или в процессе работы лавы, но не в зоне ее влияния, и направлена на извлечение свободного метана из газоносных пород нетронутого массива скважинами, пробуренными в зоны наибольшего прогиба пород с улучшенными коллекторскими свойствами, вследствие разуплотнения и образования трещин. Сущность способа заключается в использовании особенностей зон наибольшего прогиба пород, сформировавшихся вследствие геомеханических процессов, происходящих на границе подработанных угленосных толщ и нетронутого массива.

Зона наибольшего прогиба пород ограничена зоной активного сдвижения пород со стороны обрушенных пород и зоной опорного давления – со стороны нетронутого массива. Исследования включали в себя предварительный сбор геолого-технологической информации на шахте, анализ полученных материалов, прогнозный расчет газовыделения из пород кровли 167 лавы и определение геологического объекта опережающей дегазации, разработку параметров бурения скважин в условиях 165 лавы, анализ газодинамических показателей скважин, корректировку параметров бурения скважин и, в заключение, определение эффективности скважин опережающей дегазации.

Ключевые слова: опережающая дегазация, скважины, газодинамические показатели, геологический объект, прогнозный расчет, эффективность.

Прогнозные ресурсы метана в Украине по обновленным оценкам отечественных и зарубежных специалистов в угольных пластах и вмещающих породах составляют 12,0-25,4 трлн. м³ [1]. Поскольку в настоящее время используется лишь 8 % (120 млн м³) добываемого метана, вовлечение угольного метана в топливно-энергетический баланс страны является актуальной задачей.

Значительный опыт по извлечению и утилизации угольного метана был накоплен и успешно используется в США и Канаде, где добыча метана поставлена на промышленную основу и характеризуется широкомасштабностью подхода. По данным Института газа США добыча метана на газугольных месторождениях к 2010 году в мире возросла до 470-610 млрд м³ (15-20 % от общей добычи горючего газа), в том числе в самих США не менее 60 млрд м³ [2].

Для предварительной дегазации угольных пластов применяют метод гидро-разрыва, с последующей откачкой воды и извлечением метана [3]. Добыча шахтного метана производится путём бурения подземных дегазационных скважин и скважин, пробуренных с поверхности.

На некоторых шахтах Украины, с марками углей Д, Г, Ж, К до 80 % ресурсов метана на добычных участках сосредоточены в газоносных породах кровли и составляют угрозу загазирования выработок при посадке основной кровли и расслоении подработанной толщи. Как правило, с увеличением глубины разработки и объема добычи угля увеличивается метанообильность горных выработок действующих шахт. Способы текущей дегазации подрабатываемых угольных пластов и газоносных пород на таких шахтах, направленные на извлечение метана непосредственно во время работы очистных забоев, усложняют технологию добычи угля из-за концентрации технологических процессов и больших пиковых газовыделений метана из кровли. Поэтому заблаговременное снижение газоносности пород кровли до начала работ по добыче угля является актуальной задачей дегазационных мероприятий.

Способ опережающей дегазации [4], разработанный совместно специалистами ИГТМ НАН Украины и МакНИИ, предназначен для снижения природной газоносности пород кровли в подработанной толще до начала работ по очистной выемке угля. Опережающая дегазация является одним из подвидов предварительной дегазации пород кровли, которая выполняется из участковых подготовительных выработок во время подготовки участка или в процессе работы лавы, но не в зоне ее влияния, и направлена на извлечение свободного метана из газоносных пород нетронутого массива скважинами, пробуренными в зоны наибольшего прогиба пород с улучшенными коллекторскими свойствами, вследствие разуплотнения и образования трещин. Сущность способа заключается в использовании особенностей зон наибольшего прогиба пород, сформировавшихся вследствие геомеханических процессов, происходящих на границе подработанных углепородных толщ и нетронутого массива. Зона наибольшего прогиба пород ограничена зоной активного сдвижения пород со стороны обрушенных пород и зоной опорного давления – со стороны нетронутого массива. Способ опережающей дегазации включает следующие операции: выбор геологических объектов дегазации; бурение скважин, их обсадку, герметизацию и

подключение к участковому дегазационному трубопроводу; извлечение метана. Скважины бурятся в направлении пород кровли отработанной лавы, смежной с лавой, для которой выполняется опережающая дегазация, перебуривая на полную мощность геологические объекты дегазации.

Способ опережающей дегазации пород кровли высоконагруженных лав ранее был проверен на 4-х добычных участках шахты им. А.Ф. Засядько, показал положительные результаты и на сегодня является наиболее передовым в дегазационных мероприятиях [4].

С целью дальнейшего внедрения способа опережающей дегазации пород кровли была проведена его опытно-промышленная проверка в условиях шахт Западного Донбасса. В качестве объекта исследований были выбраны участки 165 и 167 лав шахты «Степная» ПАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ», на которой глубины ведения очистных работ практически достигли глубины более 400 м. Исследования включали в себя предварительный сбор геологическо-технологической информации на шахте, анализ полученных материалов, прогнозный расчет газовыделения из пород кровли 167 лавы и определение геологического объекта опережающей дегазации, разработку параметров бурения скважин в условиях 165 лавы, анализ газодинамических показателей скважин, корректировку параметров бурения скважин и, в заключение, определение эффективности скважин опережающей дегазации.

В качестве вертикального разреза пород кровли для исследуемого участка 165 и 167 лав принят геологический разрез по скважине № 3521. Для прогноза газовыделения из углепородного массива кровли, интервалы разгрузки для подработанных угольных пластов-спутников h_c , песчаников и алевролитов h_s , аргиллитов h_{ar} с учетом средних значений предельных деформаций растяжения углей и пород, при которой происходит разрыв сплошности, и способа управления кровлей – полное обрушение, определяются по формуле, приведенной в [4]:

$$h_{д.т} \leq 250k_l \cdot k_{у.к} \cdot m_g / \varepsilon_{кр} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где $k_{у.к}$ – коэффициент, учитывающий влияние способа управления кровлей, б/р; k_l – коэффициент, учитывающий влияние степени метаморфизма на величину свода разгрузки, б/р; $\varepsilon_{кр}$ – предельная деформация растяжения углей и пород, при которой происходит разрыв сплошности, б/р; m_g – вынимаемая мощность рабочего пласта, м.

Коэффициенты $k_{у.к}$ и k_l выбираются согласно Руководства по проектированию вентиляции угольных шахт [5].

Значения предельных деформаций растяжения $\varepsilon_{кр}$, при которых породы теряют сплошность, нарушаются трещинами и начинают пропускать через себя флюиды, для условий Донбасса находятся в следующих пределах: для углей $\varepsilon_{кр.с} = (2-3) \cdot 10^{-3}$; для песчаников $\varepsilon_{кр.с} = (3-4) \cdot 10^{-3}$; для аргиллитов $\varepsilon_{кр.ар} = (6-8) \cdot 10^{-3}$ [6]. Для алевролитов коэффициент $\varepsilon_{кр.с}$ также принят равным $(3-4) \cdot 10^{-3}$.

В горногеологических условиях выемочных участков 165 и 167 лав зона разгрузки пород выше рабочего пласта c_6 после его подработки составит: для углей $h_c=100$ м; для песчаников и алевролитов $h_s=70$ м; для аргиллитов $h_{ar} = 35$ м. В пределах разгруженной зоны залегают 5 угольных пластов-спутников и 4 газоносных алевролита.

Газоупором, препятствующим процессу перетока метана из газоносных пород, залегающих выше последнего, в выработки участка, являются два слоя аргиллита $c_6^3 Arc_7$ общей мощностью около 10 м, которые расположены в 46 м выше (почва) рабочего пласта. В разгруженной зоне ниже газоупора расположены 2 угольных пласта-спутника c_6^1 и c_6^3 , два слоя алевролита $c_6^1 Al$ и $c_6^2 Al$ мощностью 3,4 и 4,6 м и слой газоносных алевролитов и песчаников $c_6^1 3 Al Sc_6^3$ общей мощностью 13,4 м.

Показатели метаноносности угольных пластов-спутников и газоносных пород, залегающих в кровле пласта c_6 (по скважине № 3521), приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Показатели метаноносности угольных пластов-спутников, залегающих в кровле пласта c_6

Символ пласта-спутника	Мощность, м	V^{daf} , %	x_y , м ³ /т с.б.м	x_o , м ³ /т с.б.м	W_t , %	A_3 , %	k_{WA_3}	$x_{y.пл.}$, м ³ /т	$x_{o.пл.}$, м ³ /т
c_6^1	0,6	39,7	12–13	2,0	3,8	7,0–12,4	0,865	10,8	1,7
c_6^3	0,4	39,7	12–13	2,0	3,8	7,0–12,4	0,865	10,8	1,7
c_7	0,5	39,7	12–13	2,0	3,8	7,8–13,8	0,854	10,7	1,7
c_8^H	0,4	39,7	12–13	2,0	3,8	7,8–13,8	0,854	10,7	1,7
c_8^B	0,5	40,2	12–13	2,0	3,5	7,0–13,9	0,860	10,7	1,7

Таблица 2 – Показатели метаноносности пород в кровле пласта c_6

Символ породы	Глубина залегания H , м	Мощность породы, м	Расстояние до рабочего пласта M_n , м	Коэффициент пористости, %		Газоносность x_n , м ³ /м ³	Газопроницаемость k_{np} , мД
				открытой	эффективной		
$c_6^1 Al$	447,6	3,4	18,2	7,7	3,9	1,5	0,32
$c_6^2 Al$	440,0	4,6	25,8	7,7	3,9	1,45	0,32
$c_6^1 3 Al Sc_6^3$	428,3	13,4	37,5	7,7	3,9	1,45	0,32
$c_6^3 Alc_7$	405,7	6,0	60,1	7,7	3,9	1,4	0,32

В таблице 1 приняты следующие обозначения: V^{daf} – выход летучих веществ, %; x_y – природная газоносность угля, м³/т.с.б.м; x_o – природная остаточная газоносность угля, м³/т.с.б.м; W_t – влажность пластовая, %; A_3 – пласто-

вая зольність, %; k_{WA_3} – коефіцієнт пересчета газоносности пласта; $x_{y.пл.}$ – пластовая газоносность, м³/т; $x_{o.пл.}$ – остаточная пластовая газоносность, м³/т.

Показатели пластовой газоносности определены расчетным путем в соответствии с положениями руководства [5], значения коэффициента пористости определялись лабораторным путём в процессе ведения геологоразведочных работ в пределах шахтного поля, а газоносность пород определена расчетным путем.

Плотность ресурсов метана P_p и плотность извлекаемых запасов метана $P_{з.д.}$, которые после подработки могут быть извлечены дегазационными скважинами (в интервалах h_c – для углей и h_s – для песчаников и алевролитов) определяется в кубических метрах метана на один квадратный метр площади лавы в соответствии с приложением А стандарта [4] как сумма всех ресурсов или запасов метана, содержащихся в угольных пластах и газоносных породах. Плотность извлекаемых запасов метана определяется отдельно для каждого пласта-спутника или газоносной породы по формуле:

$$P_{з.д.} = P_p(1 - M_i/h_c) \quad (2)$$

где M_i – расстояние по нормали, соответственно, от угольного пласта-спутника или газоносной породы до кровли рабочего пласта, м.

Плотность ресурсов метана P_p определяется как произведение пластовой газоносности на мощность пласта-спутника или породы. Показатели ресурсов и запасов метана в кровле пласта c_6 приведены в табл. 3 и 4. В табл. 3 и 4 символами $P_{з.л.у}$ и $P_{з.л.п}$ обозначены величины плотности запасов метана в угольных пластах-спутниках и газоносных породах, расположенных ниже газоупорного аргиллита $c_6^3 Arc_7$. Метан из этих геологических объектов после подработки может быть извлечен дегазационными скважинами или будет перетекать в лаву и участковые выработки при отсутствии дегазации.

Таблица 3 – Ресурсы и запасы метана в пластах-спутниках в кровле пласта c_6 на участке 165 лавы

Символ угольного пласта-спутника	Мощность пласта-спутника, м	Расстояние до рабочего пласта, M_n , м	$(x_{y.пл.} - x_{o.пл.})$, м ³ /т	$P_{p.у}$, м ³ /м ²	$P_{з.д.у}$, м ³ /м ²	$P_{з.л.у}$, м ³ /м ²
c_6^1	0,6	11,4	9,1	7,8	6,9	6,9
c_6^3	0,4	46,5	9,1	5,1	2,7	2,7
c_7	0,5	63,5	9,0	6,4	2,3	–
c_8^H	0,4	88,8	9,0	5,1	0,6	–
c_8^B	0,5	92,4	9,0	6,4	0,5	–
Итого				30,8	13,0	9,6

Таблица 4 – Ресурсы и запасы метана в породах кровли пласта C_6 на участке 165 лавы

Символ породы	Мощность породы, м	Расстояние до рабочего пласта, M_n , м	Газоносность χ_n , м ³ /м ³	$P_{p.n}$, м ³ /м ²	$P_{з.д.н}$, м ³ /м ²	$P_{з.л.н}$, м ³ /м ²
c_6^1Al	3,4	18,2	1,5	4,9	3,6	3,6
c_6^12Al	4,6	25,8	1,45	6,7	4,2	4,2
$c_6^13AlSc_6^3$	13,4	37,5	1,45	19,4	9,0	9,0
$c_6^3Alc_7$	6,0	60,1	1,4	8,4	1,2	–
Итого				39,4	18,8	16,8

Таким образом, плотность извлекаемых запасов метана в разгруженной зоне ниже газупора составляет 26,4 м³/м², в том числе: в углях – 9,6 м³/м², в газоносных породах – 16,8 м³/м². При суточной нагрузке на лаву 3000 т газовыделение из пород кровли составит 32,1 м³/мин или 15,4 м³/т.с.д. Аналогичные показатели прогнозируются и на участке 167 лавы.

Геологическими объектами опережающей дегазации определены алевролиты c_6^1Al , c_6^12Al и слой алевролита с песчаником $c_6^13AlSc_6^3$ общей мощностью 21,4 м. Плотность извлекаемых запасов метана в этих объектах равна 16,8 м³/м², что составляет 63 % извлекаемых запасов метана в разгруженной зоне выше рабочего пласта.

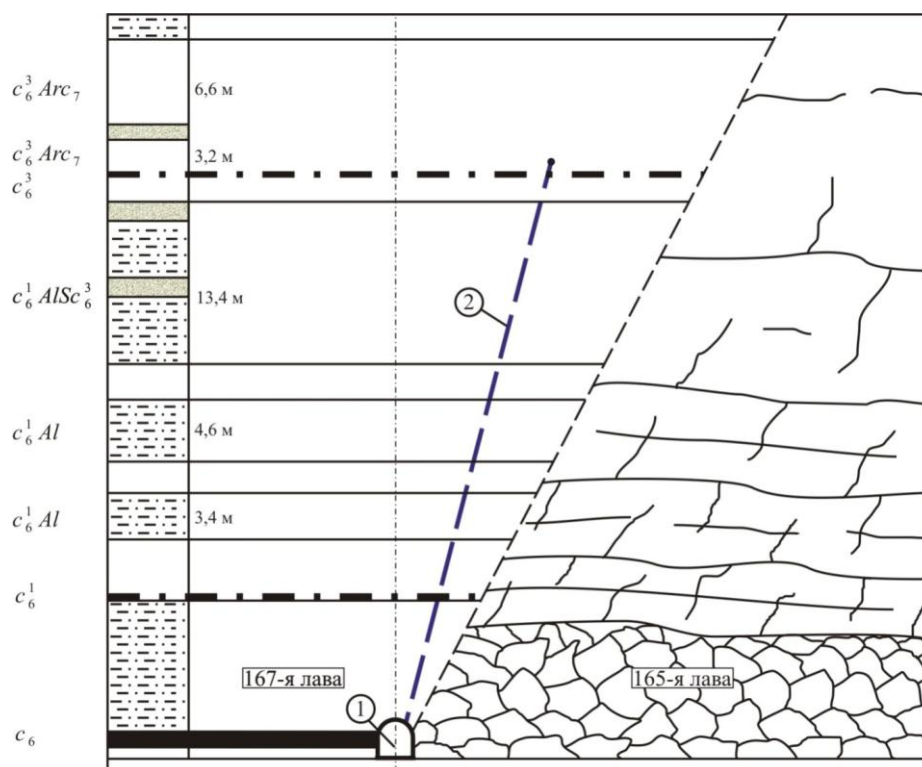
На основании выполненных исследований разработаны рекомендации по бурению экспериментальной скважины в условиях 165 лавы с целью опережающей дегазации пород кровли на участке 167 лавы. После совместного со специалистами ДТЭК и шахты «Степная» анализа состояния участковых выработок 165 лавы и условий сдвижения пород после посадки основной кровли было принято решение об увеличении угла подъема скважины к горизонту с 72 до 80 град., а устье скважины заложить на ПК 219.

На первом этапе исследований из 167 сборного штрека (165 бортовой штрек) на ПК 218+8м (152 м от монтажной ниши 165 лавы) и на ПК 209+7м пробурены 2 экспериментальные скважины опережающей дегазации с параметрами, приведенными в табл. 5.

Таблица 5 – Параметры бурения экспериментальных скважин опережающей дегазации пород кровли участка 167 лавы

Наименование	Параметры	Примечания
Угол разворота от оси 167 сборного штрека в сторону 165 лавы, град.	90	
Угол подъема к горизонту, град.	80±2	
Диаметр скважины, мм	93	
Длина скважины, м	48	Добурить до пласта C_6^3
Глубина герметизации, м	12	

Схема размещения скважин опережающей дегазации в вертикальном разрезе показана на рис. 1.



1 – 167-й сборный штрек; 2 – скважина опережающей дегазации

Рисунок 1 – Схема размещения скважин опережающей дегазации в вертикальном разрезе

По состоянию на 01.12.2013 г. пробурено 16 скважин опережающей дегазации. Скважины оборудованы водоотделителем, узлом замера газодинамических показателей и подключены к дегазационному трубопроводу. Ежедневно специалистами участка ПРТБ шахты в устье скважин производились замеры дебита газа, концентрации метана и величины разрежения.

Всего по состоянию на 01.12.2013г. пробурено 16 скважин опережающей дегазации, которыми извлечено 1020,3 тыс. м³ метана. Газодинамические показатели работы экспериментальных скважин опережающей дегазации приведены в таблице 6. Для сравнения в таблице 7 приведены газодинамические показатели работы скважин текущей дегазации 165 лавы, пробуренных на соседних с экспериментальными пикетах.

Сравнительный анализ средних показателей работы скважин текущей дегазации и экспериментальных скважин опережающей дегазации показал, что дебит и концентрация метана в последних на 16,8 % и 11,6 % соответственно выше, а количество извлеченного одной скважиной метана оказалось почти на 36,0 % больше.

Эффективность способа опережающей дегазации оценивается после отработки выемочного участка как отношение объема метана, извлеченного всеми скважинами опережающей дегазации, к суммарному объему метана, который выделялся на участке за весь период работы, что согласуется с нормативными требованиями к способам дегазации угольных шахт [7].

Таблица 6 – Показатели работы скважин опережающей дегазации 167 лавы пласта c_6

№ скважины	Место бурения, ПК	Продолжительность работы, суток	Время работы: начало – конец, дата	Средние показатели работы скважин		Кол-во извлеченного метана, тыс. м ³	Метанодобываемость скважины, м ³ /м
				Содержание метана в газе, %	Дебит метана, м ³ /мин		
17	218	45	11.01 – 24.02.13 г	56,0	1,63	105,60	2200,0
24	210	33	01.02 – 05.03.13 г	58,0	1,69	80,60	1680,0
49	179	53	30.03 – 21.05.13 г	37,0	1,03	78,60	1630,0
59	168	47	26.04 – 11.06.13 г	55,0	1,55	104,80	2180,0
63	163	20	16.05 – 04.06.13 г	51,0	1,48	42,60	887,0
71	152	28	01.06 – 28.06.13 г	58,0	1,67	67,33	1402,0
75	148	29	05.06 – 03.07.13 г	67,0	2,01	83,94	1748,0
80	143	34	19.06 – 22.07.13 г	55,0	1,59	77,85	1621,0
100	120	23	01.08 – 24.08.13 г	54,0	1,61	53,32	1110,0
110	105	28	19.08 – 15.09.13 г	69,0	2,21	89,11	1856,0
115	100	25	30.08 – 23.09.13 г	58,0	1,64	59,04	1230,0
120	91	24	09.09 – 03.10.13 г	40,0	1,11	38,36	799,0
125	84	22	18.09 – 15.10.13 г	44,0	1,24	39,28	818,0
130	80	24	27.09 – 21.10.13 г	38,0	1,02	35,25	733,0
135	75	24	06.10 – 29.10.13 г	37,0	0,95	32,83	683,0
140	70	23	14.10 – 05.11.13 г	35,0	0,96	31,80	662,0
Всего по 16 скважинам:						1020,31	
Средние показатели				50,7	1,46	63,77	1327,0

В соответствии со стандартом [4], критерием эффективности опережающей дегазации является объем извлеченного метана.

Коэффициентом эффективности работы скважин опережающей дегазации $k_{эф.с}$ является отношение объема извлеченного метана W_c к объему его извлекаемых запасов в геологическом объекте дегазации в границах дегазируемого участка $W_{д.з}$:

$$k_{эф.с} = \frac{W_c}{W_{д.з}}, \quad (3)$$

$$W_{д.з} = P_{зан.н} \cdot l_{оч} \cdot R_c \cdot n_c, \quad (4)$$

где: $l_{оч}$ – длина очистного забоя, м; R_c – расстояние между скважинами, м; n_c – количество скважин, шт.

В связи с тем, что выемочный столб 165 лавы отрабатывается в направлении восстания, газоносность пород кровли по его длине будет различной. Поэтому столб по восстанию условно разделили на 5 зон. В соответствии с показателями эффективной пористости пород и глубиной залегания определяется объем извлекаемых запасов метана в геологическом объекте опережающей дегазации для каждой зоны.

Таблица 7 – Показатели работы скважин текущей дегазации 165 лавы пласта c_6

№ скважины	Место бурения, ПК	Продолжительность работы, суток	Время работы: начало – конец, дата	Средние показатели работы скважин		Кол-во извлеченного метана, тыс. м ³
				Содержание метана в газе, %	Дебит метана, м ³ /мин	
16	222	25	31.01 – 22.02.13 г	56,0	1,60	57,60
18	221	28	02.02 – 29.02.13 г	50,0	1,40	56,45
23	213	2	03.03 – 04.03.13 г	30,0	0,73	2,10
25	209	1	03.03 – 03.03.13 г	10,0	0,25	0,36
48	183	38	27.03 – 03.05.13 г	52,0	1,52	83,17
50	179	51	02.04 – 22.05.13 г	50,0	1,39	102,08
58	169	37	23.04 – 29.05.13 г	47,0	1,31	69,80
60	167	36	27.04 – 01.06.13 г	50,0	1,39	72,06
62	164	25	14.05 – 07.06.13 г	42,0	1,14	41,04
64	162	21	19.05 – 09.06.13 г	48,0	1,34	40,52
70	153	22	31.05 – 21.06.13 г	56,0	1,63	51,64
72	151	25	03.06 – 27.06.13 г	48,0	1,36	48,96
74	149	25	05.06 – 29.06.13 г	58,0	1,68	60,48
76	147	22	05.06 – 30.06.13 г	63,0	1,87	59,24
79	144	35	17.06 – 17.07.13 г	56,0	1,60	80,64
81	142	34	21.06 – 24.07.13 г	50,0	1,40	68,54
99	121	23	30.07 – 22.08.13 г	53,0	1,60	52,99
101	118	25	03.08 – 27.08.13 г	56,0	1,82	65,52
109	106	26	18.08 – 12.09.13 г	28,0	0,86	32, 20
111	104	28	21.08 – 17.09.13 г	43,0	1,47	59,27
114	101	25	28.08 – 21.09.13 г	43,0	1,73	62,28
116	99	26	01.09 – 26.09.13 г	43,0	1,16	43,43
119	93	23	07.09 – 29.09.13 г	44,0	1,20	39,74
121	91	20	11.09 – 01.10.13 г	34,0	0,92	26,50
124	86	20	16.09 – 06.10.13 г	45,0	1,27	36,58
126	84	27	20.09 – 17.10.13 г	39,0	1,02	39,66
129	81	29	25.09 – 19.10.13 г	31,0	0,77	32,16
131	79	23	28.09 – 21.10.13 г	45,0	1,22	40,41
134	76	21	04.10 – 24.10.13 г	30,0	0,73	22,08
136	74	24	08.10 – 31.10.13 г	40,0	1,09	37,67
139	71	24	12.10 – 04.11.13 г	29,0	0,72	24,88
141	69	22	16.10 – 06.11.13 г	29,0	0,73	23,13
Всего по 32 скважинам:						1500,98
Средние показатели				43,7	1,25	46,90

Результаты определений приведены в табл. 8 и 9.

По результатам работ геологическими объектами опережающей дегазации были определены алевролиты c_6^1Al , c_6^2Al и слой алевролита с песчаником $c_6^3AlSc_6^3$ общей мощностью 21,4 м. Плотность извлекаемых запасов метана в этих объектах по длине выемочного столба различна и составляет от 16,8 м³/м² до 12,3 м³/м², что составляет около 60 % извлекаемых запасов метана в разгруженной зоне выше рабочего пласта.

Таблица 8 – Газонасыщенность пород геологического объекта опережающей дегазации в кровле 165 лавы

№ зоны	Протяженность зоны, ПК–ПК	Глубина залега-ния, м	Газоносность пород, м ³ /м ³	Плотность извлекаемых запасов метана, м ³ /м ²
1	224–184	490–460	1,45	16,8
2	184–144	460–430	1,37	15,8
3	144–104	430–400	1,27	14,7
4	104–64	400–370	1,17	13,5
5	64–10	370–325	1,06	12,3

Таблица 9 – Эффективность скважин опережающей дегазации

№ скважины	Место бурения, ПК	Полоса дегазации скважины, м	Плотность извлекаемых запасов метана, м ³ /м ²	Объем извлекаемых запасов метана, тыс. м ³	Объем извлеченного метана, тыс. м ³	Эффективность скважины, %
17	218	80	16,8	389,7	105,6	27,0
24	210	195	16,8	950,0	80,6	8,5
49	179	210	15,8	962,2	78,6	8,1
59	168	80	15,8	366,5	104,8	28,6
63	163	80	15,8	366,5	42,6	11,6
71	152	75	15,8	343,6	67,3	19,5
75	148	45	15,8	206,1	83,9	40,7
80	143	135	14,7	575,5	77,8	13,5
100	120	190	14,7	809,9	53,3	6,6
110	105	100	14,7	426,3	89,1	20,9
115	100	70	13,5	274,0	59,0	21,5
120	91	80	13,5	313,2	38,4	12,2
125	84	55	13,5	215,3	39,3	18,2
130	80	45	13,5	176,2	35,2	19,9
135	75	50	13,5	195,7	32,8	16,7
140	70	50	13,5	195,7	31,8	16,2

По состоянию на 01.12.2013 г. пробурено 16 скважин, извлечено 1020,3 тыс. м³ метана. Сравнительный анализ средних показателей работы скважин текущей дегазации и экспериментальных скважин опережающей дегазации показал, что дебит и концентрация метана в последних на 16,8 % и 16,0 % соответственно выше, а количество извлеченного одной скважиной метана почти на 36,0 % больше.

Эффективность скважин опережающей дегазации различается в широких пределах – от 6,6 % до 40,7 %. Это связано с неравномерностью расстояния между скважинами и, соответственно, различными объемами извлекаемых запасов метана в дегазируемой зоне.

Недостаточно высокая эффективность скважин опережающей дегазации объясняется сложными горно-геологическими и горно-техническими условиями, а в некоторых случаях и невозможностью применения способа, связанной с

технологией ведения горных работ на шахте «Степная», а также малой продолжительностью работы скважин. Система разработки длинными столбами по восстанию с проветриванием участка по прямоточной схеме с подсвежением исходящей струи не позволила бурение скважин в зоны повышенной проницаемости, сформировавшиеся после посадки основной кровли смежной отработанной лавы, и их последующую эксплуатацию.

Для наиболее эффективного применения способа опережающей дегазации на шахте «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» необходимо согласование правил применения способа с системой разработки и схемой проветривания выемочных участков. Например, поддержание вентиляционной выработки за лавой и оставления в ней дегазационного трубопровода.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудько, Г.І. Енергетичні ресурси геологічного середовища України (стан та перспективи): у 2 т. / Г.І. Рудько. – Чернівці : Букрек, 2014. – Т.1. – 528 с.
2. Комплексне освоєння газовугільних родовищ на основі поточкових технологій буріння свердловин / В.М. Мойсичин, І.М. Наумко, В.І. Пилипець [та ін.] – К.: Наукова думка, 2013. – 310 с.
3. Лукинов, В. В. Геологические и технические условия добычи метана на угольных месторождениях бассейна Блэк Ворриер / В. В. Лукинов // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины - Днепропетровск, 2000. – Вып. 17. – С. 11–15.
4. Випереджаюча дегазація порід покрівлі високопродуктивних лав. Правила застосування: СОУ 10.1.001174088.023:2010 / О.І. Касімов, В.М. Кочерга, А.М. Брюханов [та ін.]. – Затверджено наказом Мінвуглепрому № 325 від 31 серпня 2010 року. – Макіївка : МакНДІ, 2010. – 21 с.
5. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 312 с.
6. Иофис, М.А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М.А. Иофис, А.И. Шмелёв. – М.: Недра, 1985. – 248 с.
7. Дегазація вугільних шахт. Вимоги до способів та схеми дегазації: СОУ 10.1.00174088.001:2004. – [Чинний від 2005-01-01] / О.І. Касімов, В.М. Кочерга, В.О. Маркін [та ін.]. – К.: Мінпаливенерго України, 2005. – 169 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України. Стандарт).

REFERENCES

1. Rudko, G.I. (2014), *Energetychni resursy geologichnogo seredovishcha Ukrainyi (stan ta perspektivi)* [Energy Resources Geology of Ukraine (state and prospects)]: Vol. 1, Bukrek, Chernivtsi, UA.
2. Moysyshyn, V.M., Naumko, I.N., Pylypec, V.I. [and others] (2013), *Kompleksne osvoyennya gazovugil'nykh rodovishch na osnovi potokovykh tekhnologiy burinnya sverdlovyn* [Integrated development hazovuhil'nyh fields based streaming technologies drilling], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.
3. Lukinov, V.V. (2000), «Geological and technical conditions of production of methane from coal deposits of the basin Black Vorrier», *Geo-Technical Mechanics*, no. 17, pp. 11-15.
4. Ukraine Ministry of Coal Industry (2010), *10.1.001174088.023: 2010. Viperedzhayucha degazaciya porid pokrivli vysokoproduktyvnykh lav. Pravila zastosuvannya: Normatyvny dokument Minvuhlepromu Ukrainy. Standart* [10.1.001174088.023: 2010. Anticipating degassing roof rocks ranks highly. Terms of use. Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard], Makiyivka, Ukraine.
5. *Rukovodstvo po proyektirovaniyu ventilyatsii ugolnykh shaht* [Design Manual ventilation of coal mines] (1994), Osнова, Kiev, Ukraine.
6. Iofis, M.A. and Shmelev, A.I. (1985), *Inzhenernaya geomekhanika pri podzemnykh razrobotkakh* [Engineering Geomechanics in underground], Nedra, Moscow, SU.
7. Ukraine Ministry of Coal Industry (2005), *10.1.00174088.001:2004. Degazaciya vugil'nih shaht. Vimogi do sposobiv ta skhemi degazacii: Normatyvnyy dokument Minvuhlepromu Ukrainy. Standart* [10.1.00174088.001:2004. Degassing coal mines. Requirements for ways and drainage schemes: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.

Об авторах

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

Тихонов Алексей Анатолиевич, младший научный сотрудник в отделе геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, atikhonov77@mail.ru

Переверзев Виктор Николаевич, ведущий инженер в отделе геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, perik-regbi@mail.ru

About the authors

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

Tikhonov Alexey Anatoliyevich, Master of Science, Junior Research in the Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, atikhonov77@mail.ru

Pereverzev Viktor Nikolaevich, Master of Science, Principal Engineer in the Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, perik-regbi@mail.ru

Анотація. З метою подальшого впровадження способу випереджаючої дегазації порід покрівлі була проведена його дослідно-промислова перевірка в умовах шахт Західного Донбасу. Як об'єкт досліджень були вибрані ділянки 165 і 167 лав шахти «Степова» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», на якій глибини ведення очисних робіт досягли більше 400 м.

Випереджаюча дегазація є одним з підвидів попередньої дегазації порід покрівлі, яка виконується з дільничних підготовчих виробок під час підготовки ділянки або в процесі роботи лави, але не в зоні її впливу, і спрямована на вилучення вільного метану з газоносних порід непорушеного масиву свердловин, пробурених в зоні найбільшого прогину порід з поліпшеними колекторськими властивостями, внаслідок розущільнення і утворення тріщин. Сутність способу полягає у використанні особливостей зон найбільшого прогину порід, сформованих внаслідок геомеханічних процесів, що відбуваються на кордоні подроблених вуглепородних товщ і непорушеного масиву. Зона найбільшого прогину порід обмежена зоною активного зсування порід з боку порід що обрушилися і зоною опорного тиску - з боку непорушеного масиву.

Дослідження включали в себе попередній збір геолого-технологічної інформації на шахті, аналіз отриманих матеріалів, прогнозний розрахунок газовиділення з порід покрівлі 167 лави і визначення геологічного об'єкта випереджаючої дегазації, розробку параметрів буріння свердловин в умовах 165 лави, аналіз газодинамічних показників свердловин, коригування параметрів буріння свердловин і, на закінчення, визначення ефективності свердловин випереджаючої дегазації.

Ключові слова: випереджаюча дегазація, свердловини, газодинамічні показники, геологічний об'єкт, прогнозний розрахунок, ефективність.

Abstract. In order to further implementation the outrunning degassing method of rock roof it was carried out its test-industrial verification at mines of Western Donbas. As the object of research, sections number 165 and 167 of longwall at mine "Stepnaya" PJSC "DTEK Pavlogradugol", where the depth of coal-extraction works is more than 400 m. Outrunning degassing is one of preliminary degassing subspecies of roof rock that runs from the section preparatory mine workings during the sector preparation or in the process of longwall operation, but not in its influence area, and directs on methane extraction from gas-bearing rocks of unmined ground by wells that were

drilled in the areas of most rocks deflection with improved collector properties due to softening and formation of cracks. The essence of the method is in the zone peculiarities usage of the largest rocks deflection formed as a result of geomechanical processes that occur at the border of unmined ground and undermined thick. The zone of maximum rocks deflection is limited by a zone of active rock displacement from the side of rock falls and zone of bearing pressure - from undermined massive. The studies involved a preliminary gathering of geological and technological information at the mine, analysis of obtained materials, prediction of gas-emission rate of the roof rocks of 167 longwall and geological object determination of outrunning degassing, drilling parameters development of wells in 165 longwall conditions, gas-dynamic parameters analysis of wells, adjustment of drilling parameters and, finally, wells effectiveness determination of outrunning degassing.

Keywords: outrunning degassing, wells, gas-dynamic parameters, geological object, prediction calculation, efficiency.

Стаття поступила в редакцію 28.10. 2015

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