

УДК 622.817.47

© Л.Н. Ширин, Э.А. Федоренко, А.П. Клец

ОСОБЕННОСТИ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ДЕГАЗАЦИИ ПОРОД КРОВЛИ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ ШАХТЫ «СТЕПНАЯ»

© L. Shyrin, E. Fedorenko, A. Klets

FEATURES OF ADVANCE DEGASIFICATION OF ROOF ROCKS IN THE STOPE OF «STEPNAIA» MINE

Изложены результаты исследований по совершенствованию технологии дегазации для снижения газоносности углепородного массива. Для этого предложено применять опережающую дегазацию. Обоснован выбор геологических объектов с улучшенными коллекторскими свойствами для бурения в них дегазационных скважин.

Викладено результати досліджень з удосконалення технології дегазації для зниження газоносності вуглепородного масиву. Для цього запропоновано застосовувати випереджальну дегазацию. Обґрунтовано вибір геологічних об'єктів з поліпшеними колекторськими властивостями для буріння в них дегазацийних свердловин.

Вступление. При отработке газоносных пластов с суточной добычей более 2000 т. особенно остро стоит вопрос проветривания добычных участков. Для снижения газовой выделения предусматриваются дегазационные скважины, пробуренных навстречу очистному забою в направлении пород кровли отрабатываемой лавы.

На некоторых шахтах с марками углей Г, Д, Ж, К, в том числе и на шахте «Степная», 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. Способы текущей дегазации подрабатываемых угольных пластов и газоносных пород, направленные на извлечение метана непосредственно в процессе работы очистных забоев, усложняют технологию добычи угля из-за концентрации работ и больших пиковых газовойделений метана из кровли. Поэтому снижение газоносности пород кровли до начала работ по добыче угля является актуальной задачей дегазационных мероприятий [1].

Состояние вопроса. Предлагаемая технология предназначена для снижения природной газоносности пород кровли в подработанной толще до начала работ по очистной выемке угля. Такая 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.

Сущность данной дегазации 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. Технология 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, при этом перебуриваются геологические объекты дегазации на полную мощность.

Основная часть. Для выполнения прогноза газовыделения из углепородного массива кровли на шахте «Степная» на участках 165 и 167 лав, рассмотрим технико-экономические показатели их работы и техническую характеристику пласта с₆, приведенные в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Технико-экономические показатели работы 165 лавы

Наименование	Показатели
Средняя вынимаемая мощность пласта, м	1,05
Длина лавы, м	290
Длина выемочного столба, м	2140

Вертикальный разрез пород кровли участка взят по скважине № 3521. Интервалы разгрузки для подработанных угольных пластов-спутников h_c , песчанников 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, изложенной в [2]:

$$h_{\partial.m} \leq 250k_l \cdot k_{y.k} \cdot m_g / \varepsilon_{kp} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где $k_{y.k}$ – коэффициент, учитывающий влияние способа управления кровлей;

k_l – коэффициент, учитывающий влияние степени метаморфизма на величину свода разгрузки;

ε_{kp} – предельная деформация растяжения углей и пород, при которой происходит разрыв сплошности;

m_g – вынимаемая мощность рабочего пласта, м.

Техническая характеристика пласта c_6	
Наименование	Среднее значение
Марка угля	$\Gamma_{\text{кокс}}$
Мощность, м	0,93
Угол падения, град.	4
Зольность угля A^d , %	8,5
Содержание серы S_t^d , %	1,99
Выход летучих V^{daf} , %	38,6
Природная газоносность угля, x_y , м ³ /т с.б.м	15 – 17
Остаточная газоносность угля, x_o , м ³ /т с.б.м	2,0
Пластовая газоносность $x_{y.пл.}$, м ³ /т	10 – 12
Пластовая остаточная газоносность $x_{o.пл.}$, м ³ /т	1,7
Влажность угля W_t , %	4,4
Пластовая плотность угля ρ_y , т/м ³	1,42–1,66
Пластовая зольность	29 – 38

Коэффициенты $k_{y,k}$ и k_l выбираются из Руководства по проектированию вентиляции угольных шахт [3]. 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 $\varepsilon_{кр.c} = (2-3) \cdot 10^{-3}$; для песчаников и алевролитов $\varepsilon_{кр.s} = (3-4) \cdot 10^{-3}$; для аргиллитов $\varepsilon_{кр.ar} = (6-8) \cdot 10^{-3}$ [4].

В горно-геологических 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 разгруженной зоне залегают 5 угольных пластов-спутников и 4 газоносных алевролита.

Газоупором, препятствующим процессу перетока метана из газоносных пород, залегающих выше, 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 два 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. 3 и 4.

Таблица 3

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

В табл. 3 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 – пластовая зольность, %;

k_{WA_3} – коэффициент пересчета газоносности пласта;

$x_{y.пл.}$ – пластовая газоносность, м³/т;

$x_{o.пл.}$ – остаточная пластовая газоносность, м³/т.

Таблица 4

Показатели метаноносности пород в кровле пласта c_6

Символ породы	Глубина залегания H , м	Мощность породы, м	Расстояние до рабочего пласта M_n , м	Пористость n , %		Газоносность x_n , м ³ /м ²	Газопроницаемость k_{np} , мД
				открытая	эффект.		
$c_6^1 Al$	447,6	3,4	18,2	7,7	3,9	1,5	0,32
$c_6^1 2Al$	440,0	4,6	25,8	7,7	3,9	1,45	0,32
$c_6^1 3Al / Sc_6^3$	428,3	13,4	37,5	7,7	3,9	1,45	0,32
$c_6^3 Al c_7$	405,7	6,0	60,1	7,7	3,9	1,4	0,32

Показатели пластовой газоносности определены расчетным путем в соответствии с положениями руководства [3], величины пористости взяты из геологического отчета по шахте, 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 [2] 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. 5 и 6.

В табл. 5 и 6 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 5

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	$(x_{унл.} - x_{онл.})$, 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

Таким образом, плотность извлекаемых запасов метана в разгруженной зоне ниже газопора составляет $26,4 \text{ м}^3/\text{м}^2$, в том числе: в углях – $9,6 \text{ м}^3/\text{м}^2$, в газоносных породах – $16,8 \text{ м}^3/\text{м}^2$. При суточной нагрузке на лаву 3000 т газовыделение из пород кровли составит $32,1 \text{ м}^3/\text{мин}$ или $15,4 \text{ м}^3 / \text{т. с. д.}$ 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 $16,8 \text{ м}^3/\text{м}^2$, что составляет 63 % извлекаемых запасов метана в разгруженной зоне выше рабочего пласта.

Таблица 6

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 , $\text{м}^3/\text{м}^2$	$P_{p.n}$, $\text{м}^3/\text{м}^2$	$P_{з.д.п}$, $\text{м}^3/\text{м}^2$	$P_{з.л.п}$, $\text{м}^3/\text{м}^2$
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

На основании выполненных исследований разработаны рекомендации по бурению экспериментальной скважины в условиях 165 лавы с целью дегазации пород кровли на участке 167 лавы. На первом этапе исследований из 167 сборного штрека (165 бортовой штрек) на пикете (ПК) 218+8м (152 м от монтажной ниши 165 лавы) и на ПК 209+7м пробурены экспериментальные скважины опережающей дегазации с параметрами, приведенными в табл. 7

Всего было пробурено 16 скважин опережающей дегазации. Скважины оборудованы водоотделителем, узлом замера газодинамических показателей и подключены к дегазационному трубопроводу. Ежедневно специалистами участка ПРТБ шахты в устьях всех исследуемых скважин производились замеры дебита газа, концентрации метана и величины разрежения.

Скважина № 17 на ПК 218 проработала 45 суток (до демонтажа трубопровода в районе ПК 218), всего извлечено $105,6 \text{ тыс. м}^3$ метана. Средние величины газодинамических показателей составили: концентрация метана в извлекаемом газе – 56 %; дебит чистого метана – $1,63 \text{ м}^3/\text{мин}$. Метанодобываемость скважины равна $2200 \text{ м}^3/\text{м}$ (кубометров метана на один погонный метр скважины).

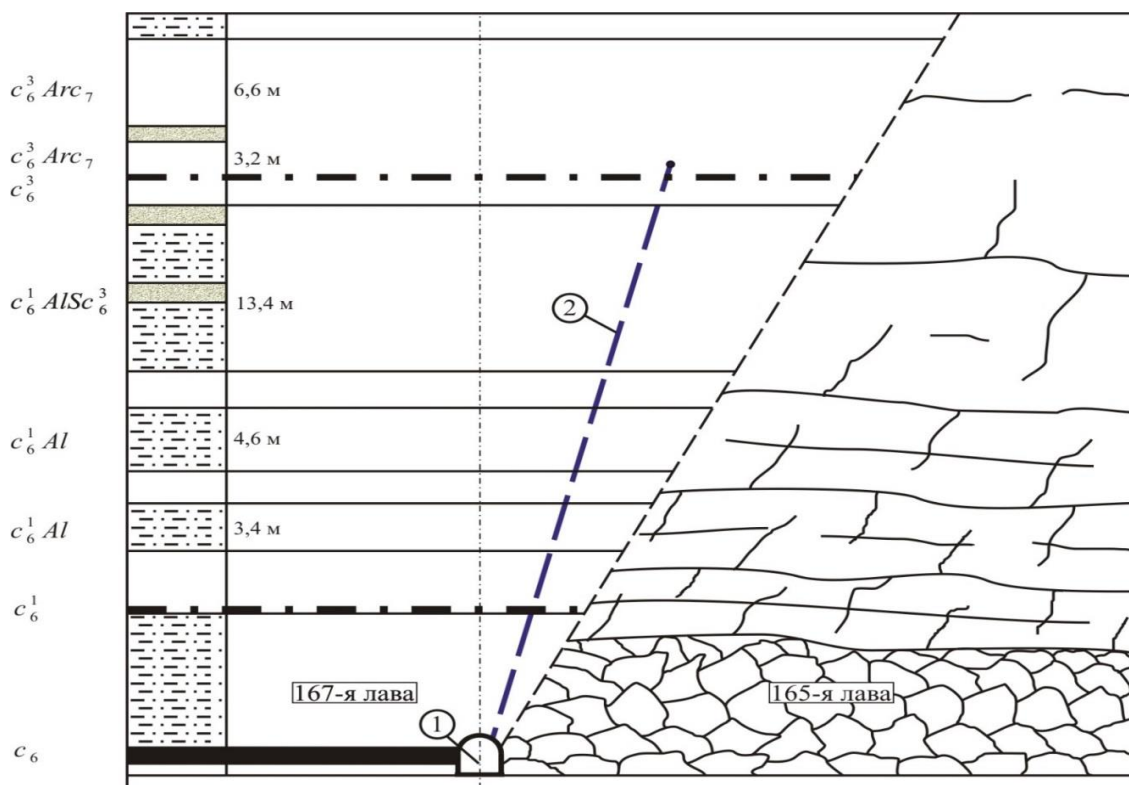
Всего 16 скважинами извлечено 1020,3 тыс. м³ метана.

Таблица 7

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 в вертикальном разрезе показана на рис. 1.



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

Рис. 1. Схема размещения дегазационных скважин в вертикальном разрезе

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

Таким образом, по результатам работ 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 по длине выемочного столба по восстанию 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.

Всего было пробурено 16 скважин, из которых 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 11,6 %, соответственно, выше, а количество извлеченного одной скважиной метана почти на 36,0 % больше.

Определена эффективность скважин опережающей дегазации, которая 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. Низкая эффективность скважин опережающей дегазации объясняется несоблюдением правил применения предложенного способа в условиях шахты «Степная», а также малой продолжительностью работы скважин. Система разработки длинными столбами по восстанию с проветриванием участка по прямоточной схеме с подсыжением исходящей струи не позволила осуществить бурение скважин в зоны повышенной проницаемости, сформировавшиеся после посадки основной кровли смежной отработанной лавы, и их последующую эксплуатацию [5].

Для внедрения способа опережающей дегазации на шахте «Степная» 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.

Перечень ссылок

1. Коровяка, Е., Манукян, Э., Василенко, Е. (2011). Перспективы извлечения шахтного метана и его утилизация в условиях шахты «Западно-Донбасская» ОАО «Павлоградуголь». Науковий вісник НГУ, (4), 39-44.
2. СОУ 10.1.001174088.023:2010. (2010). Випереджаюча дегазація порід покрівлі високопродуктивних лав. Правила застосування: Затверджено наказом Мінвуглепрому № 325 від 31 серпня 2010 року. – Макіївка : МакНДІ, 2010. – 21 с.
3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. (1994). Киев: Основа.
4. Иофис, М., Шмелёв, И. (1985). Инженерная геомеханика при подземных разработках. Москва : Недра.
5. СОУ 10.1.00174088.001:2004 (2005). Дегазація вугільних шахт. Вимоги до способів та схеми дегазації. Київ: Мінпаливенерго України. – 169 с.

ABSTRACT

Purpose. Purpose is to determine the features of methane extraction by means of degasification wells from gas-bearing rocks and adjacent seams in the context of Stepnaia mine.

The methodology. Reservoir characteristics of enclosing rocks have been studied. Relying upon the carried-out research and analysis of the obtained results the most efficient technique to perform degasification operations aimed at the decrease in natural gas-bearing capacity of roof rocks within undermined rock mass before mining has started has been selected.

Findings. Geological objects of advance degasification have been determined; activities which took place within them have shown higher efficiency of mine methane extraction by means of advance degasification wells in the context of the selected zone under degasification.

The originality. The results of the carried-out studies have helped select two types of aleurites and a layer of sandy siltstone with the highest density of methane reserves in them as the geological objects of the advance degasification.

Practical implications. Drilling parameters with the improved output efficiency have been determined according to the technology of advance degasification. It has been concluded that the developed method can be used in the context of mining areas of Stepnaia mine.

Keywords: *advance degasification, well parameters, gasdynamic indices, degasification efficiency*