

УДК 622.831.325

С.П. МИНЕЕВ (д-р техн. наук, проф., зав. отделом)

В.Н. КОЧЕРГА, (гл. технолог)

М.В. ЛЫЖКОВ (инженер)

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины

### ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСНОЙ ДЕГАЗАЦИИ ДОБЫЧНЫХ УЧАСТКОВ НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «КРАСНОЛИМАНСКАЯ»

Приведены результаты исследований направленные на повышение эффективности дегазации за счет изменения технологических параметров дегазационной схемы. Показана эффективность примененной на шахте «Краснолиманская» комплексной дегазации выемочных участков, которая позволила обеспечить фактическую нагрузку на очистные забои до 3000- 4000 т/сут в условиях высокой метанообильности пласта.

**Ключевые слова:** дегазация, метановыделение, угольный пласт, подземные дегазационные установки.

Увеличение глубины и повышение интенсивности разработки газоносных угольных пластов на шахтах Донбасса сопровождается значительным повышением выделения метана в горные выработки, что нередко приводит к взрывам и вспышкам метана. В целях безопасности допустимая нагрузка на очистные забои ограничивается нормами действующих нормативных документов [1, 2] в зависимости от интенсивности метановыделения, количества воздуха, подаваемого для проветривания выработок, и эффективности дегазации источников газовой выработки.

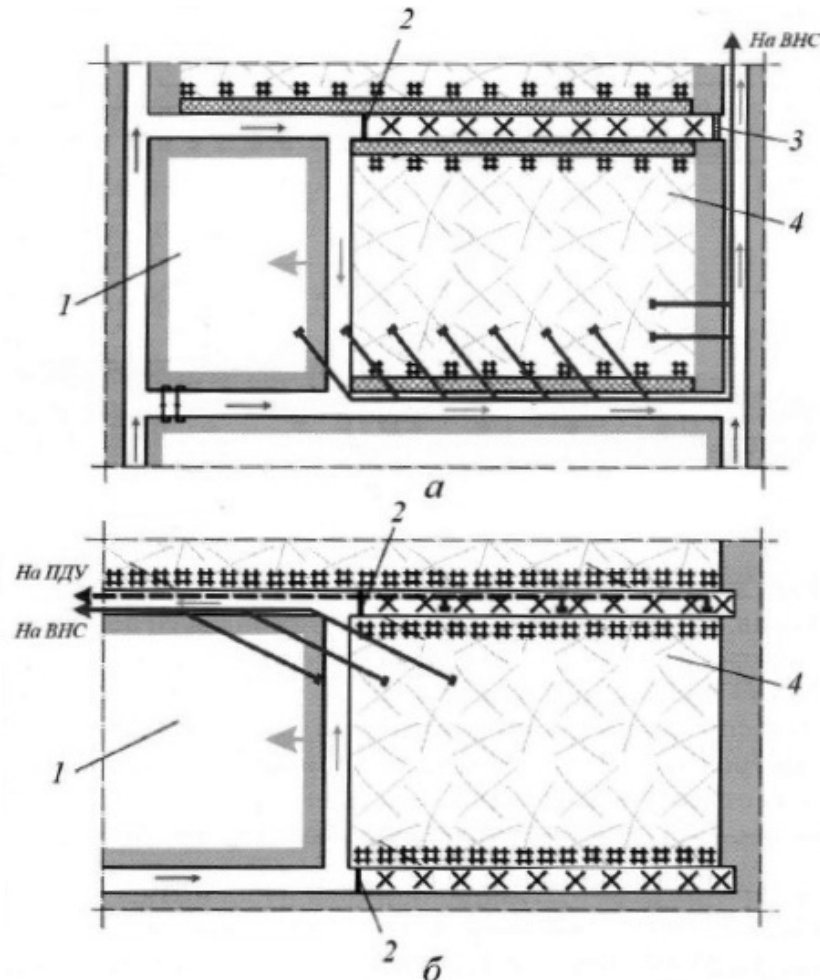
Разбавить воздухом метан до безопасных концентраций на существующих глубинах отработки практически невозможно. Поэтому основное средство для снижения метановыделения в горные выработки и обеспечения газовой безопасности при увеличении угледобычи - высокоэффективная дегазация. В настоящее время ее осуществляют, руководствуясь отраслевым стандартом [3], разработанным по результатам исследований, проведенных до 2003 г.

Известно, что высокая производительность выемки угля достигается при столбовых системах разработки с применением в основном двух схем проветривания типов 3-В (2-В) и 1-М [5].

При использовании *схемы проветривания типа 3-В (2-В)* предполагается подача свежих вентиляционных струй воздуха по двум выработкам, примыкающим к отработываемому угольному массиву, а исходящая струя отводится по поддерживаемой за лавой выработке, которая примыкает к выработанному пространству. При использовании такой схемы дегазационные скважины бурят, как правило, позади очистного забоя (рис. 1, а). При этом эффективность дегазации кровли может достигать 70-80 %, когда в работе будет 8-12 скважин на расстоянии до 200-250 м от очистного забоя. Оставшийся после дегазации метан предусмотрено разбавлять воздухом [3, 5].

При использовании на выемочных участках *проветривание по схеме 1-М*, исходящая вентиляционная струя попадает в выработку, примыкающую к отработываемому угольному массиву (вентиляционная выработка за лавой не поддерживается и не контролируется). В таких условиях дегазационные скважины можно бурить только впереди очистного забоя навстречу его движению (рис. 1, б). Количество одновременно работающих скважин до подработки их устья не превышает трех [3, 5]. Скважины попадают в зону разгруженных от горного давления пород в непосредственной близости от очистного забоя, где метановыделение из угольных пластов и пород кровли не достигает максимума. После прохода лавы под устьями таких скважин они разрушаются. Поэтому предусмотрено [3] их отключать от дегазационной системы, а газопровод укорачивать. Дебит метана по таким скважинам невелик, и их эффективность, как правило, не превышает 30 %. Оставшийся после дегазации кровли скважинами метан поступает в выработанное пространство, а затем выносится утечками воздуха на сопряжение лавы с вентиляционной выработкой. Для снижения метановыделения из выработанного пространства в гор-

ные выработки используется дегазация по отдельному газопроводу, остающемуся в неконтролируемой части вентиляционной выработки. Эффективность этого способа дегазации зависит от доли утечек воздуха через выработанное пространство, которую каптирует дегазационная система [5]. В горно-геологических условиях шахты «Краснолиманская» не удавалось поддерживать вентиляционную выработку за лавой, поэтому применяли схему проветривания типа 1-М (см. рис. 1ку, б).



**Рис. 1.** Основные типовые схемы дегазации кровли скважинами: *а* - прямоточная проветривания типа 3-В (2-В); *б* - возвратноточная проветривания типа 1-М; 1 - разрабатываемый угольный пласт; 2 - переносная перемышка; 3 - глухая перемышка; 4 - выработанное пространство; 5 - дегазационный газопровод; 6 - скважины в кровлю; 7 - газоотсасывающий трубопровод; 8 - «свечи»; 9 - свежая струя воздуха; 10 - исходящая струя воздуха.

Горный массив, сложенный отложениями свит  $C_2^5$ ,  $C_2^6$ ,  $C_2^7$  и  $C_3^1$ , содержит около 60 угольных пластов и пропластков, Залегание каменноугольных пород - моноклиальное с падением пластов на восток и северо-восток под углом 3-15°.

Шахта разрабатывает газоносные угольные пласты  $k_5$ ,  $l_3$  и  $m_2^4$  мощностью 1,5-2,5 м, 2,1-3,3 м и 1-1,2 м. При метаноносности 15-25 м<sup>3</sup>/т с. б. м. пластов угля  $k_5$ , и  $l_3$  средняя абсолютная метанообильность выемочных участков при суточной добыче 2000-4000 т достигает 30-45 м<sup>3</sup>/мин. Угольный пласт  $m_2^4$  имеет метаноносность 5,7-12,7 м<sup>3</sup>/т с. б. м., поэтому при нагрузках на очистные забои 1000-2000 т абсолютная метанообильность выемочных участков здесь уже ниже и составляет 7-12 м<sup>3</sup>/мин.

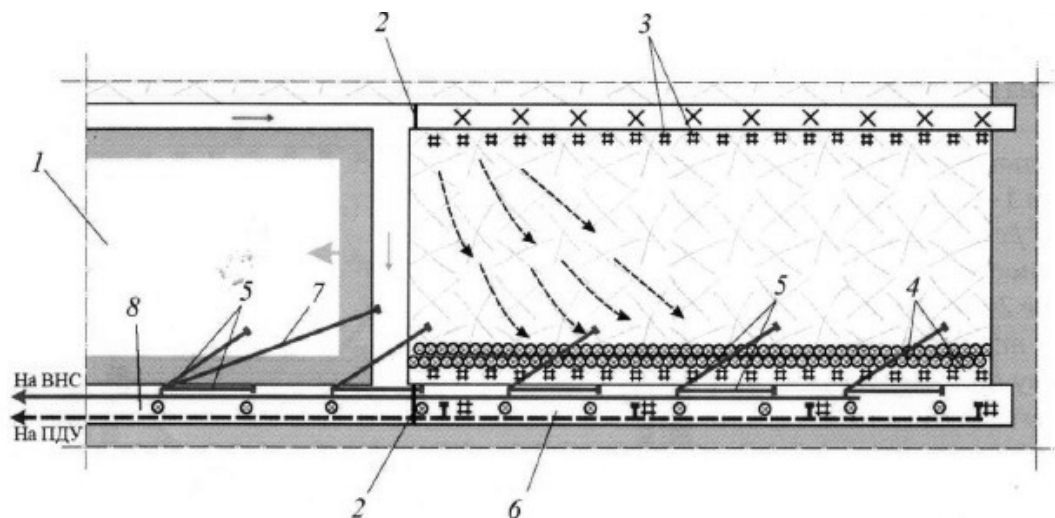
Для обеспечения газовой безопасности на шахте при отработке пластов  $k_5$ , и  $l_3$  применяется дегазация кровли скважинами, пробуренными из вентиляционного штрека навстречу очистному забою, и дегазацию выработанного пространства отрезками газопровода («свечи»), оставляемыми в неконтролируемой части вентиляционной выработки. На выемочных

участках пласта  $m_4^2$ , ввиду невысокой метанообильности, осуществляется дегазация только выработанного пространства. Дополнительно для борьбы с местными скоплениями метана на сопряжении лавы и вентиляционной выработки применяется изолированный отвод метана за пределы выемочного участка газоотсасывающими установками с вентиляторами типа ВМЦГ-7М. Кроме того, на шахте используются две вакуум-насосные станции (ВНС). Для дегазации выемочных участков по пласту  $k_5$  используют ВНС № 1, а по пласту  $l_3$  - ВНС № 2.

До 2004 г. дегазационные скважины бурились диаметрами 76 и 93 мм, а газ из них и выработанного пространства отсасывали на поверхность по одному газопроводу. Малая производительность дегазационной системы не позволяла одновременно эффективно каптировать газ из скважин и выработанного пространства на поверхность. Исследования метанообильности выемочных участков и оценка достигнутой эффективности дегазации показали, что эффективность дегазации кровли скважинами не превышала 20 % при диаметре бурения 76 мм и 25-30 % при диаметре бурения 93 мм. Из выработанного пространства каптировалось 25-35 % метана, выделяющегося в него после дегазации кровли. Эффективность комплексной дегазации скважинами и «свечами» составляла 30-42,5 %, а доля каптируемого метана в газовом балансе выемочных участков не превышала 35,6 %.

При такой низкой эффективности дегазации метан, выделяющийся в горные выработки, является основным сдерживающим фактором в повышении нагрузок на очистные забои. Допустимая по газовому фактору суточная добыча угля на выемочных участках не превышала 1300 т.

Для увеличения объемов добычи угля шахтой, необходимо было повысить пропускную способность дегазационной системы путем сооружения двух магистральных дегазационных скважин с поверхности диаметром не менее 426 мм и увеличить количество вакуум-насосов на ВНС. Кроме этого, для дегазации лав на пласте нужно было построить поверхностную ВНС № 3 на промплощадке воздухоподающего ствола № 1 и проложить в стволе газопровод диаметром не менее 426 мм. Однако не возможно осуществить такую реконструкцию в короткие сроки.



**Рис. 2.** Схема дегазации выемочного участка с помощью скважин и газопроводов, остающихся в неконтролируемой части вентиляционной выработки: 1 - разрабатываемый пласт; 2 - переносная перемишка; 3 - деревянные костры; 4 - два ряда органической крепи; 5 - скважины, остающиеся подключенными к газопроводу в неконтролируемой части вентиляционной выработки; 6 - неконтролируемая часть вентиляционной выработки; 7 - скважины, отключаемые от газопровода перед очистным забоем; 8 - вентиляционная выработка.

Поэтому в 2004 г. после мощного взрыва метана в 11-й южной лаве пласта  $l_3$ , шахтой было принято решение дегазировать выработанное пространство с помощью подземных дегазационных установок ПДУ-50, а газ из скважин каптировать поверхностными ВНС. При этом параметры способа дегазации корректировались в зависимости от геологических условий и фактической эффективности по мере обработки лавы.

Обычно скважина № 1, параметры которой рассчитывались по СОУ [3], начинала работать на расстоянии 20-30 м впереди лавы, а прекращала, когда очистной забой проходил под ее устьем. В это время скважину, согласно требований СОУ [3], отключали от газопровода, а на обсадную трубу устанавливали заглушку. Скважины № 2 и № 3 начинали работать на расстоянии 3-8 м впереди очистного забоя. После прохода лавы под их устьями скважины не отключали от газопровода, а оставляли работать в неконтролируемой части вентиляционной выработки. Для обеспечения сохранности дегазационных скважин и газопроводов в неконтролируемой части вентиляционной выработки ее охраняли деревянными кострами, двумя рядами органного крепления и усиливали стойками под верхняки рам. В местах установки «свечей» выкладывали костры. Эта схема комплексной дегазации показана на рис. 2.

Чтобы оценить достигнутую эффективность дегазации кровли скважинами и выработанным пространством с помощью ПДУ были проведены исследования метанообильности выемочных участков по результатам наблюдений за метановыделением и контрольных газовых съемом, периодически выполняемых специалистами МакНИИ и шахтой [5]. Эффективность дегазации кровли скважинами, %,

$$k_{d.c} = 100 \sum I_{ск} / I_{кр} ,$$

где  $\sum I_{ск}$  - сумма дебитов метана, каптированного скважинами, м<sup>3</sup>/мин;

$I_{кр}$  - метановыделение из кровли, м<sup>3</sup>/мин,

$$I_{кр} = (I_{уч} - I_{оч}) \cdot d_{кр} = I_{в.п} \cdot d_{кр} ,$$

$I_{кр}$  - общий дебит метана на участке, м<sup>3</sup>/мин;

$I_{оч}$  - расход метана в лаве на расстоянии 10-15 м от вентиляционной выработки, м<sup>3</sup>/мин;

$d_{кр}$  - доля метановыделения из кровли в газовом балансе выработанного пространства, доли ед., рассчитывают по методике прогноза метанообильности [2];

$I_{в.п}$  - метановыделение из угольных пластов и пород кровли и почвы в выработанное пространство, м<sup>3</sup>/мин.

Эффективность дегазации выработанного пространства отрезками газопровода («свечами») с помощью ПДУ %, определяли как отношение дебита каптируемого ими метана ( $I_{св}$ , м<sup>3</sup>/мин) к метановыделению в выработанное пространство после дегазации кровли скважинами:

$$k_{св} = 100 I_{св} / (I_{в.п} - \sum I_{ск}) .$$

Общая эффективность комплексной дегазации скважинами и «свечами», %,

$$k_{дег} = 100 (\sum I_{ск} + I_{св}) / I_{в.п}$$

Эффективность изолированного отвода метана из выработанного пространства за пределы выемочного участка по жесткому трубопроводу с помощью вентилятора ВМЦГ-7М %, рассчитывали по формуле

$$k_{зо} = 100 \cdot I_{зо} (I_{в.п} - \sum I_{ск} - I_{св}) ,$$

где  $I_{зо}$  - расход метана на выхлопе газоотсасывающей установки, м<sup>3</sup>/мин.

Общую метанообильность выемочного участка определяли как сумму дебита метана в исходящей струе ( $I_{исх}$ , м<sup>3</sup>/мин) и дебита метана, каптированного скважинами, «свечами» и газоотсасывающей станцией с вентилятором ВМЦГ-7М:

$$I_{уч} = I_{исх} + \sum I_{ск} + I_{св} + I_{зо} .$$

Проведенные исследования метанообильности выемочных участков (табл. 1) и оценка эффективности дегазации показали, что эффективность скважин возросла более чем в 2 раза с 18,5-25 % до 52,7-67,7 % (табл. 2) [5], выработанного пространства «свечами» с 25,8-30,6 до 45,9-68,3 %, комплексной дегазации с 29,9-42,5 до 70,3-86,5 %, а доля капируемого метана в газовом балансе увеличилась с 23,2-35,6 до 63,0-80,7 %.

**Таблица 1.** Метановыделение при средней нагрузке на очистной забой.

Лава	Средняя нагрузка на очистной забой, т/сут	Среднее метановыделение, м <sup>3</sup> /мин				
		в очистную выработку	в исходящую струю участка	в дегазационные скважины	в газоотсывающие «свечи»	в газоотводящий трубопро-
11-я южная «бис» центрального уклона пласта $l_3$	1900	3,1	6,2	12,0	6,7	4,8
7-я южная южного уклона пласта $k_5$	4000	4,5	4,8	19,6	7,5	6,8
8-я южная южного уклона пласта $k_5$	3100	4,3	4,5	12,7	8,6	5,8
2-я южная уклона № 1-бис пласта $k_{55}$	2200	4,6	4,8	16,5	8,4	3,7
2-я западная засбросовой части пласта $l_3$	2900	2,2	5,5	22,2	12,1	3,4
3-я западная засбросовой части пласта $l_3$	2300	2,0	3,2	20,3	8,2	3,6

**Таблица 2.** Оценка эффективности дегазации выемочных участков.

Лава	Метанообильность выемочного участка, м <sup>3</sup> /мин	Эффективность дегазации, %				Доля капируемого метана в газовом балансе
		скважин	«свечей»	газоотвода	комплексной дегазации скважинами и	
11-я южная «бис» центрального уклона пласта $l_3$	29,7	53,1	45,9	60,7	70,3	63,0
7-я южная южного уклона пласта $k_5$	38,7	63,7	51,4	95,8	79,2	70,0
8-я южная южного уклона пласта $k_5$	31,6	52,7	58,9	95,1	78,0	67,4
2-я южная уклона № 1-бис пласта $k_5$	33,4	63,6	68,3	94,9	86,5	74,6
2-я западная засбросовой части пласта $l_3$	43,2	60,2	64,4	50,8	83,7	79,4
3-я западная засбросовой части пласта $l_3$	35,3	67,7	63,1	74,5	85,6	80,7

Эффективность работы скважин возросла за счет увеличения диаметра их бурения с 76-93 до 114-132 мм, улучшения качества герметизации, охраны устьев от разрушения и повышения вакуума в устьях, что было невозможно при работе «свечей» и скважин на один газопровод. Выполнение исследования позволили обеспечить газовую безопасность выемочных участков и повысить суточные нагрузки на очистные забои до 3000-4000 т.

**Выводы.** При столбовой системе разработки выемочных участков, проветриваемых по возвратноточной схеме типа 1-М, комплексная дегазация с использованием скважин и газопроводов, остающихся в неконтролируемой части вентиляционной выработки дает возможность на 70-90 % снизить метановыделение из выработанного пространства. Результативность дегазации

кровли скважинами может составлять 60-75 % в зависимости от диаметра бурения и способа охраны устьев от разрушения, а дегазации «свечами» - 50-70 % и более в зависимости от доли утечек воздуха через выработанное пространство, которое каптирует дегазационная система.

Высокоэффективная комплексная дегазация позволяет при внедрении схемы проветривания типа 1-М обеспечить газовую безопасность и существенно увеличить нагрузку на очистной забой.

#### Библиографический список

1. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10. – К.: Держпромнагляд України, 2010. – 212 с.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: НПАОП 10.0-1.7.08-93 – К.: Госгортехнадзор Украины, 1994. – 312 с.
3. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации: СОУ 10.1.00174088.001-2004. – К.: Минтопэнерго Украины, 2004. – 167 с.
4. Правила застосування способу дегазації виїмкової ділянки з використанням свердловин і газопроводів, що залишаються в неконтрольованих виробках. Доповнення до СОУ 10.1.00174088.001-2004. «Дегазация вугільних шахт. Вимоги до способів та схеми дегазації». – К.: Минтопэнерго Украины, 2012. – 20 с.
5. Кочерга В.Н. Эффективность комплексной дегазации выемочных участков на шахте «Краснолиманская» / В.Н. Кочерга, И.В. Сытник, Г.С. Левчинский // Уголь Украины. – 2014. – №11. – С. 26-30.

*Надійшла до редакції 20.11.2014*

**С.П. Мінєєв, В.М. Кочерга, М.В. Лижков**

Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України

#### ПИТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ДЕГАЗАЦІЇ ВИЇМКОВИХ ДІЛЬНИЦЬ НА ПРИКЛАДІ ШАХТИ «КРАСНОЛИМАНСЬКА»

Наведено результати досліджень спрямовані на підвищення ефективності дегазації за рахунок зміни технологічних параметрів дегазаційної схеми. Показано ефективність застосованої на шахті «Краснолиманська» комплексної дегазації виїмкових ділянок, яка дозволила забезпечити фактичне навантаження на очисні вибої до 3000- 4000 т/добу в умовах високої метанообільності пласта.

**Ключові слова:** дегазація, метановиділення, вугільний пласт, підземні дегазаційні установки.

**S.P. Mineev, V.N. Kocherga, M.V. Lyzhkov**

M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics Institute

#### COMPLEX DEGASSING OF EXCAVATION SITES ON THE EXAMPLE OF KRASNOLIMANSKAYA MINE

The results of the research aimed at improving the efficiency of degassing due to changes in the technological parameters of the degassing scheme are provided. The efficiency of degassing excavation sites at the mine «Krasnolimanskaya», which has allowed for the actual load on the stope of the 3000- 4000 tons / day under the conditions of high volumes of methane.

**Keywords:** degassing, methane, coal seam, underground degassing installation.