
УДК 622.411.33**Б.Н. ИОТЕНКО, канд. техн. наук, ведущий науч. сотрудник,
Е.В. БЕЛЯЕВА, зав. лаб.; МакНИИ, г. Макеевка****ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ВЫДЕЛЕНИЯ МЕТАНА
ИЗ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ d_4 и l_3
ШАХТОУПРАВЛЕНИЯ «ПОКРОВСКОЕ»
И ШАХТЫ «АЛМАЗНАЯ» ПО «ДОБРОПОЛЬЕУГОЛЬ»**

Представлены результаты исследований источников выделения метана из угольных пластов d_4 и l_3 высоконагруженных лав шахтоуправления «Покровское» и шахты «Алмазная». Определено газовыделение из пласта и других источников в очистную выработку, позволяющее рассчитать допустимую газообильность высоконагруженных лав.

Ключевые слова: шахта, источники метановыделения, газообильность, газовыделение.

На шахтах ДНР в настоящее время при использовании высокопроизводительной выемочной техники отмечается тенденция роста нагрузки на очистный забой, что приводит к увеличению метанообильности выемочного участка. Согласно требованиям НПА ОТ 10.0-1.01-16 «Правила безопасности в угольных шахтах» (ПБ) [1] дебит метана в выработке не должен превышать определенного предела, зависящего от скорости воздуха, площади поперечного сечения выработки и допустимой концентрации метана. Данное требование часто приводит к ограничению нагрузки на очистную выработку по газовому фактору. Это объясняется тем, что существует определенная зависимость между объемом добываемого угля и дебитом метана, выделяющегося из разрабатываемого пласта. Для изучения данного вопроса возникла необходимость проведения детального исследования источников метановыделения из вынимаемого пласта d_4 в условиях наиболее производительных 2-ой южной бремсберговой лавы блока 5 шахтоуправления «Покровское» и пласта l_3 2 южной лавы ЮПУ шахты «Алмазная» ПО «Добропольеуголь». Эта работа выполнялась по результатам шахтных наблюдений, лабораторных и аналитических исследований.

Цель работы - определение зависимости между отдельными источниками выделения метана из пластов d_4 и l_3 при их разработке высокопроизводительными выемочными механизмами от скорости подвигания очистного забоя.

В данной статье впервые приведены результаты исследований от-

дельных источников выделения метана в очистную выработку с использованием метода прогноза по природной газоносности пластов угля.

Известно, что при разработке каменных углей и антрацитов с объемом летучих веществ ($V_{об}^{daf}$) более 165 мл/г с. б. м. для схем проветривания выемочных участков с обособленным разбавлением метана по источникам его выделения (схема типа 3-В), относительное метановыделение из разрабатываемого пласта в очистную выработку определяется по формуле

$$q_{пл} = q_{о.п} + q_{о.у} + k_{э.п}(x - x_0), \quad (1)$$

где $q_{пл}$ – относительное метановыделение из разрабатываемого пласта, м³/т;

$q_{о.п}$ – относительное метановыделение из обнаженной поверхности разрабатываемого пласта, м³/т;

$q_{о.у}$ – относительное метановыделение из отбитого угля, которое определяется по формуле

$$q_{о.у} = q_{о.у} + q_{о.у}, \quad (2)$$

где $q_{о.у}$ – относительное метановыделение из отбитого угля в лаве, м³/т;

$q_{о.у}$ – относительное метановыделение из отбитого угля в конвейерном, (откаточном) штреке, м³/т;

$k_{э.п}$ – коэффициент, учитывающий эксплуатационные потери угля в пределах выемочного участка;

x – природная метаноносность пласта, м³/т;

x_0 – остаточная метаноносность угля, оставленного в выработанном пространстве и целиках угля, м³/т.

Значения $q_{о.п}$ и $q_{о.у}$ определяются для схемы проветривания типа 3-В по формулам (3.35) и (3.40) Руководства по проектированию вентиляции угольных шахт [2] при двухсторонней схеме выемки угля в лаве:

$$q_{пл} = 0,85xk_{пл} \cdot \exp(-n), \quad (3)$$

$$q_{о.у} = xk_{пл} [1 - 0,85\exp(-n)]b_2k_{ту}, \quad (4)$$

где 0,85 – коэффициент, учитывающий время нахождения угля в лаве, установлен экспериментально для условий Донбасса;

$k_{пл.}$ – коэффициент, учитывающий влияние системы разработки на метановыделение из пласта;

n – показатель степени, зависящий от скорости подвигания очистного забоя ($V_{оч, м}$), степени метаморфизма угля ($V_{об}^{daf}, \%$), глубины разработки ($H, м$), определяется по формуле (3.38) [2]:

$$n = a_1 V_{оч} \exp(-0,001H + b_1 V^{daf}), \quad (5)$$

a_1 и b_1 – коэффициенты, значения которых принимаются: для углей с выходом веществ $V^{daf} \leq 22 \%$, $a_1 = 1,435$, $b_1 = -0,051$; при $V^{daf} \geq 22 \%$, $a_1 = 0,152$, $b_1 = 0,051$;

b_2 – коэффициент, учитывающий долю отбитого угля, находящегося на конвейере, доли ед.;

$k_{ту}$ – коэффициент, учитывающий долю отбитого угля в очистном забое на конвейере, доли ед., определяется по формуле (3.42) [2]:

$$k_{ту} = a T_{мл}^b, \quad (6)$$

где a и b – коэффициенты, характеризующие газоотдачу отбитого угля в зависимости от времени его транспортирования в лаве ($T_{мл}$, мин.), принимается при $T_{мл} \leq 6$ мин., соответственно равными 0,052 и 0,71, а при $T_{мл} \geq 6$ мин. – $a = 0,118$ и $b = 0,25$.

Значение $T_{мл}$ рассчитывается по формуле (3.45) [2]

$$T_{мл} = \frac{l_{оч}}{60V_{к.л}}, \quad (7)$$

где $V_{к.л}$ – скорость транспортируемого в лаве угля, м/с.

В процессе выемки угля, по мере подвигания очистного забоя, часть пласта попадает в зону опорного давления, где подвергается сжатию, способствующему повышению газоотдачи. Затем эта часть попадает в разгруженную от опорного давления зону, в которой происходит усиленное трещинообразование в призабойной части пласта и снижается его метаносность до метаносности в зоне выемки ($x_B, м^3/т$), величина которой определяется из [3-4]

$$x_B = xk_{пл.}(1 - 0,85e^{-n}), \quad (8)$$

$$k_{пл.} = \frac{l_{оч} + 2b_{з.д}}{l_{оч}}, \quad (9)$$

где $l_{оч}$ – длина очистного забоя, м;

$b_{з.д}$ – ширина условного пояса дренирования угольного пласта в подготовительных выработках, м; его величина определяется в зависимости от выхода летучих веществ (таблица 3.5) [2, 4].

График зависимости отношения $\frac{x_B}{x}$ от скорости подвигания очистного забоя разрабатываемого пласта d_4 приведен на рис. 1. Анализ зависимости показывает, что при нагрузке на очистный забой, соответствующей скорости подвигания очистного забоя 12...13 м/сут разрабатываемого пласта в зоне выемки, его метаноносность x_B начинает приближаться асимптотически к природной. В этом случае доля метановыделения из обнаженной поверхности разрабатываемого пласта в общем газовом балансе выемочного участка при указанной скорости подвигания очистного забоя начинает асимптотически приближаться к нулю.

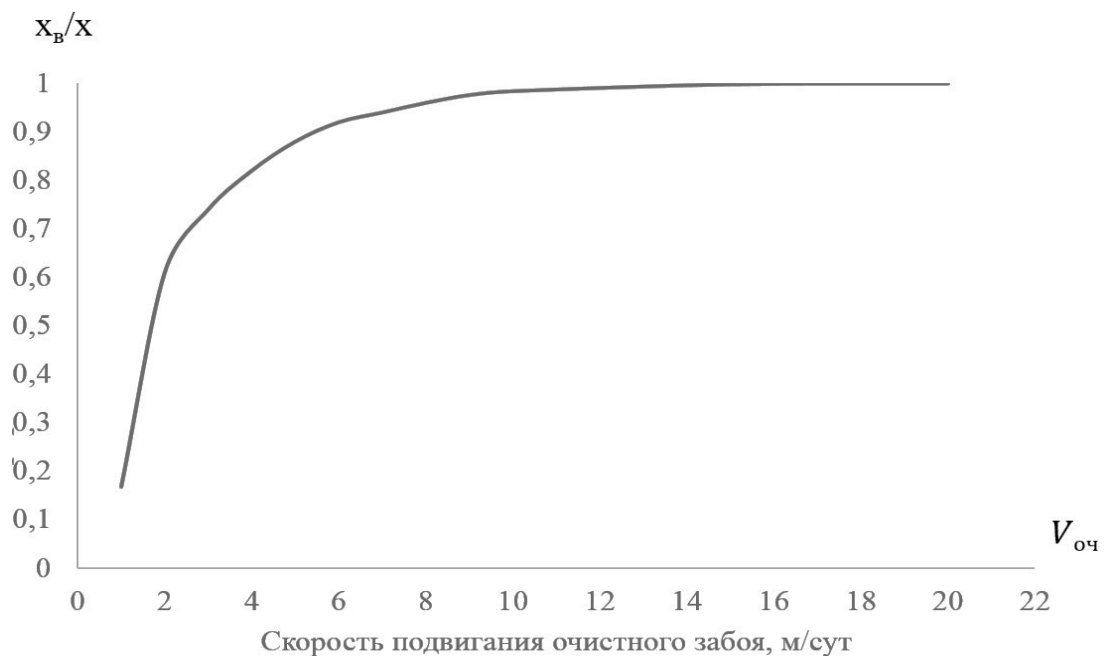


Рис. 1. График зависимости отношения $\frac{x_B}{x}$ разрабатываемого пласта от скорости подвигания очистного забоя в условиях 2-й южной бремсберговой лавы блока 5 пласта d_4 шахтоуправления «Покровское»

Доля метановыделения из разрабатываемого пласта в зоне выемки в соответствии с закономерностями, принятыми в [2], асимптотически приближается к природной газоносности пласта. В связи с этим доля метановыделения из обнаженной поверхности разрабатываемого пласта в общем газовом балансе выемочного участка при данных скоростях подвигания очистного забоя начинает асимптотически приближаться к нулю. На рис. 2 показано метановыделение разрабатываемого пласта в очистную выработку в соответствии с закономерностями, принятыми в [2], в условиях схемы проветривания типа 2-В 2-ой южной лавы бремсбергового поля блока 5 пласта d_4 .

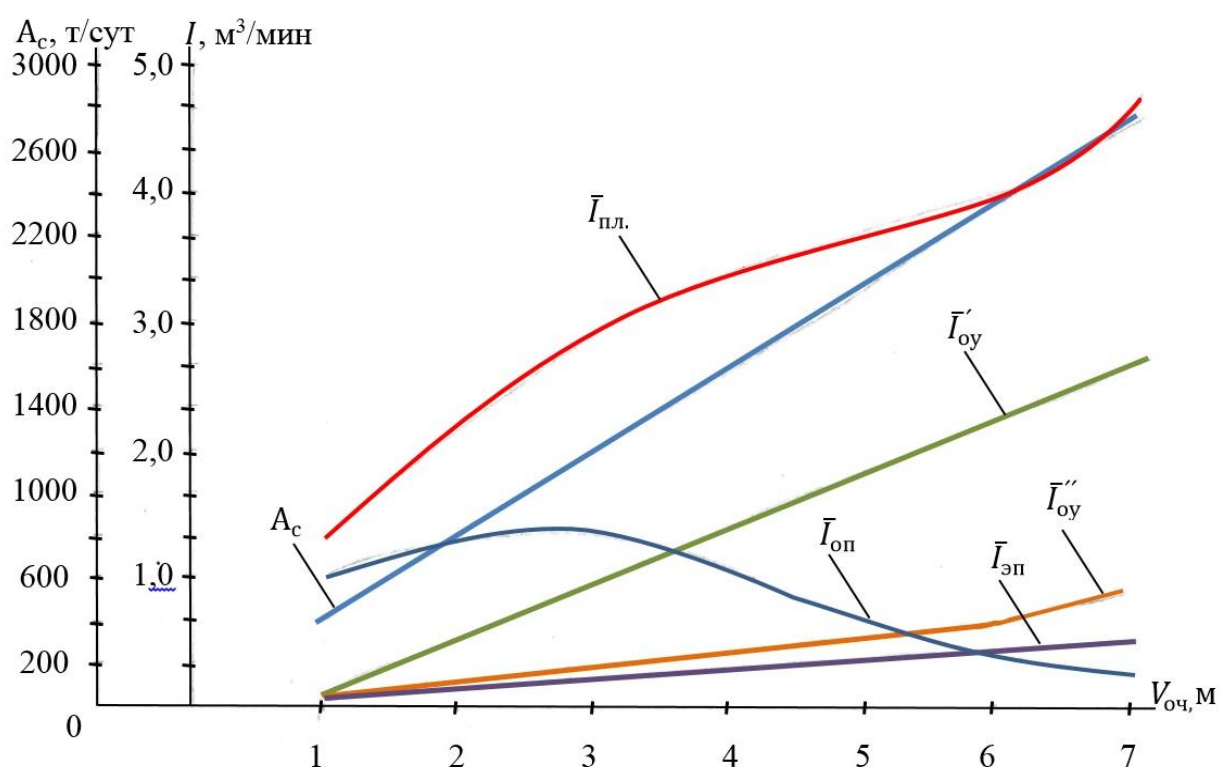


Рис. 2. Графики зависимости метановыделения пласта d_4 от скорости подвигания очистного забоя и его суточной нагрузки в условиях 2-й южной бремсберговой лавы блока 5 шахтоуправления «Покровское»:

$\bar{I}_{пл.}$ — среднее метановыделение из пласта, $м^3/мин$; $\bar{I}_{оп.}$ — среднее метановыделение из обнаженной поверхности пласта в лаве, $м^3/мин$; $\bar{I}_{оп.}$ — среднее метановыделение из отторгнутого угля в лаве, $м^3/мин$; $\bar{I}_{оп.}$ — среднее метановыделение из отторгнутого угля в конвейерном штреке, $м^3/мин$; $\bar{I}_{эп.}$ — среднее метановыделение из эксплуатационных потерь отторгнутого от массива угля на почве в лаве, $м^3/мин$; A_c — среднесуточная добыча угля в лаве, т/сут.

Анализ зависимостей, представленных на рис. 2, показывает, что доля метановыделения из обнаженной поверхности разрабатываемого пласта

в общем газовом балансе выемочного участка при скорости подвигания лавы до 3 м/сут вначале увеличивается, а при скорости более 3 м/сут – снижается и асимптотически приближается к нулю.

На основании изложенного следует, что метановыделение в очистную выработку высокопроизводительных лав из обнаженной поверхности разрабатываемого пласта почти не происходит, а газообильность очистной выработки определяется метановыделением из отбитого угля, эксплуатационных потерь отторгнутого от массива угля на почве в лаве и транспортируемого в пределах выемочного участка.

В соответствии с основными критериями при расчете нагрузки на очистный забой, согласно п. 6.1.2 и п. 6.5.4 [1], является ограничение максимальной скорости движения воздуха в очистном забое до 4 м/с и содержания метана в исходящей струе воздуха из очистной выработки до предельно допустимой величины 1 % по объему. Нагрузка на очистный забой при выполнении вышеупомянутых требований будет определяться только пропускной способностью очистной выработки по воздуху и ее допустимой газообильностью, которая рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{оч}}^{\text{доп.}} = \frac{0,6V_{\text{max}} \cdot S_{\text{оч.мин}} \cdot k_{\text{о.з}} \cdot C}{k_{\text{н}}}, \quad (10)$$

где V_{max} – максимально допустимая скорость движения воздуха в очистной выработке, согласно [1], м/с;

$S_{\text{оч.мин}}$ – минимальная площадь поперечного сечения призабойного пространства очистной выработки в свету, м²;

$k_{\text{о.з}}$ – коэффициент, учитывающий движение воздуха по части выработанного пространства, непосредственно прилегающего к призабойному пространству;

C – предельно допустимая объемная доля метана в исходящей из очистного забоя вентиляционной струе воздуха.

Допустимая газообильность очистной выработки $I_{\text{оч}}^{\text{доп.}}$, в свою очередь, зависит от природной газоносности разрабатываемого пласта и технической характеристики горно-шахтного оборудования. На рис. 2 показаны графики зависимости метановыделения из пласта в очистную выработку. Таким образом, допустимая газообильность очистной выработки при скорости подвигания 10 м и более, в основном, состоит из эксплуатационных потерь отторгнутого от массива угля на почве в лаве (17,4 %) и метановыделения из отбитого угля (76 %). В этом случае, газовыделение из обнаженной поверхности пласта составляет незначительную долю (6 %) в газовом балансе разрабатываемого пласта.

Расчеты выполнены на примере 2-ой южной лавы бремсбергового

поля блока 5 пласта d_4 шахтоуправления «Покровское» со следующими исходными данными: длина лавы ($l_{оч}$) 310 м, мощность вынимаемого пласта ($m_в$) 1,6 м, плотность угля (ρ) 1,34 т/м³, природная газоносность 18,7 м³/т, глубина разработки 553 м, скорость подвигания очистного забоя 10 м/сут, нагрузка на очистной забой 6310 т/сут.

Расчеты показали зависимости (рис. 2) среднего метановыделения из различных источников от скорости подвигания очистного забоя и его суточной нагрузки: $\bar{I}_{пл.} = 17,13$ м³/мин, $\bar{I}_{оп.} = 1,05$ м³/мин, $\bar{I}_{оу} = 13,10$ м³/мин, $\bar{I}_{эп} = 2,98$ м³/мин. Таким образом, метановыделения в этом случае из обнаженной поверхности разрабатываемого пласта в общем газовом балансе составляет только 6 %. Это свидетельствует о том, что доля газовой выделенности из обнаженной поверхности разрабатываемого пласта в общем газовом балансе пласта асимптотически приближается к нулю. На основании этого можно утверждать, что газообильность очистной выработки определяется газовой выделенностью отторгнутого от массива угля и транспортируемого в пределах выемочного участка. Данный механизм газовой выделенности имеет место при отработке угольных пластов с различной природной газоносностью (от 8 м³/т и выше), например, 2 южная лава ЮПУ пл. l_3 шахты «Алмазная» ПО «Добропольеуголь» (природная газоносность 8 м³/т), где отмечено аналогичное газовой выделенности (рис. 3).

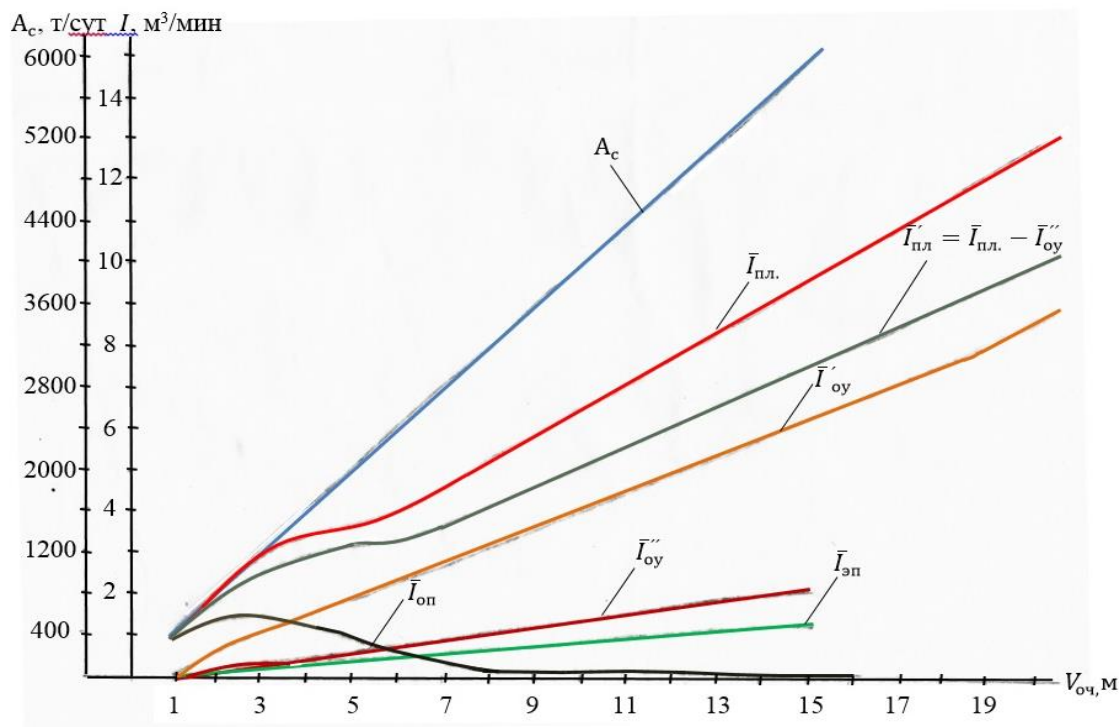


Рис. 3. Графики зависимости метановыделения из пл. l_3 от скорости подвигания очистного забоя и его суточной нагрузки в условиях 2 южной лавы ЮПУ шахты «Алмазная» ПО «Добропольеуголь»

Процесс газовыделения из разрабатываемого пласта с природной газоносностью $8 \text{ м}^3/\text{т}$ и более после его обнажения происходит продолжительное время с пиком активности в течение несколько минут и последующим затуханием в течение нескольких часов.

На практике при определении нагрузки на очистный забой при схемах проветривания 2-В и 3-В среднее газовыделение из очистного забоя измеряют в лаве на расстоянии 15 м от вентиляционного штрека, вместо замера на вентиляционном штреке на расстоянии 15...20 м от лавы. В результате получают заниженные значения величины $\bar{I}_{\text{оч}}$ и соответственно завышенные нагрузки на очистный забой. В особенности это недопустимо на выемочных участках со скоростью подвигания очистного забоя более 3 м/сут (рис. 2). Пик газовыделения из обнаженной поверхности разрабатываемого пласта определяется при $V_{\text{оч}} \geq V$ и при увеличении скорости подвигания очистного забоя доля участия в общем газовом балансе выемочного участка разрабатываемого пласта снижается и в этот же период производятся замеры $\bar{I}_{\text{оч}}$ в лаве, что недопустимо при неработающем комбайне, т.к. в этом случае не учитывается газовыделение из отторгнутого угля от массива в лаве и не может быть определена допустимая газообильность очистной выработки, рассчитанная по формуле (10) настоящей работы.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение нагрузки на очистный забой прямо пропорционально увеличивает метановыделение из пласта в целом и других источников.
2. При определении среднего метановыделения из очистной выработки замеры следует проводить на расстоянии 10...15 м перед выходом из очистной выработки и на расстоянии 10...15 м за ней.
3. Замеры метановыделения необходимо проводить в процессе выемки угля при максимально допустимой нагрузке на очистный забой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НПАОТ 10.0-1.01-16 Правила безопасности в угольных шахтах: Донецк, 2016. – 216 с. – (Нормативно-правовой документ Госгортехнадзора ДНР).
2. НПАОП 10.0-7.08-93 Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: – Офиц. изд. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
3. Инструкция по применению схем проветривания выемочных участков угольных шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок. – М.: ФГУП

НТЦ «Промышленная безопасность», 2009. – 161 с.

4. Некоторые аспекты применения нормативных документов при проектировании высокопроизводительных выемочных участков угольных шахт / [А. М. Тимошенко, М. Н. Баранова, Д. В. Никифоров, Л. П. Беловенцев] // Вестн. НЦ по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, 2010. – № 1. – С.5-15.

Получено: 07.08.17

**STUDY OF METHANE RELEASE SOURCES FROM
MINED COALS BEDS d_4 AND l_3
OF “POKROVSKOYE” MINE OFFICE AND
“ALMAZNAYA” MINE OF “DOBROPOLYEUGOL”
PRODUCTION ENTERPRISE**

The study results have been presented for methane release sources from coal beds d_4 and l_3 of high-load longwall faces of “Pokrovskoye” mine office and «Almaznaya» mine. The gas release from the bed and from other sources into the stope ore has been determined which allows to calculate the permissible volume of gas of high-load longwall faces.

Keywords: mine, methane release sources, volume of gas, gas release.