
УДК 622.831.242

Минеев С.П., д.т.н., профессор
(ИГТМ НАН Украины)

Лыжков М.В.

Феськова Л.В.

Шевченко В.В.

(ГВУЗ «НГУ»)

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ В ВЫРАБОТКИ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА

Минєєв С.П., д.т.н., професор
(ІГТМ НАН України)

Лижков М.В.

Феськова Л.В.

Шевченко В.В.

(ДВНЗ «НГУ»)

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ МЕТАНОВИДІЛЕННЯ У ВИРОБКИ ВИЙМКОВОЇ ДІЛЬНИЦІ

Mineev S.P., D.Sc. (Tech.), Professor
(IGTM NAS of Ukraine)

Lyzhkov M.V.

Feskova L.V.

Shevchenko V.V.

(SHEI "NMU")

METHOD FOR DETERMINING METHANE EMISSION INTO TUNNELS OF PANELS

Аннотация. Рассмотрена методика определения метанообильности выемочного участка, прогнозируемой как суммарное газовыделение из отработываемого пласта, сближенных угольных пластов, вмещающих пород, а также из отбитых кусков угля, транспортируемых по участку и некоторых зон выработанного пространства. Приведены расчеты дебита метана в забой выемочной выработки с учетом различных темпов добычи и геологических характеристик выбросоопасного угольного пласта. Проведен анализ возможного поступления метана в воздушное пространство забоя. Показано, что действующее «Руководство по расчету вентиляции ...» не в полной мере обеспечивает современные требования к расчету допустимого уровня угледобычи по величине метанообильности выемочного участка применительно к существующим высокопроизводительным выемочным механизмам.

Ключевые слова: методика определения метанообильности выемочного участка, дебит метана, уровень угледобычи.

Вполне очевидна необходимость повышения темпов угледобычи, особенно из очистных забоев оборудованных высокопроизводительными выемочными

механизмами. Вместе с тем, в практике ныне действующих шахт на уровень угледобычи из забоя отрицательное влияние оказывает так называемый «газовый фактор», особенно остро этот вопрос стоит при обработке выбросоопасных угольных пластов. Повышение концентрации метана в исходящей струе воздуха приводят к значительному повышению опасности, в частности взрывоопасности воздушной среды. Так, по данным работы [1] наибольшее количество взрывов метана и угольной пыли происходят в подготовительных выработках, проветриваемых за счет вентиляторов местного проветривания (35 %), очистных выработках (28 %) и выработках с исходящей их очистных забоев вентиляционной струи (23 %). Существенному повышению взрывоопасности в выработках способствует реализация газодинамических явлений, особенно таких, как выбросы угля и газа, прорывы метана и суфлярные выделения в забой. При этом в настоящее время на шахтах Украины по данным на 2012 г. горные работы на пластах, склонных к газодинамическим явлениям (ГДЯ), велись на 57 шахтах, разрабатывающих опасные и угрожаемые по ГДЯ пласты, из них на 18 шахтах - только опасные, на 23 - опасные и угрожаемые и на 16 - только угрожаемые по ГДЯ. На 69 шахтопластах, опасных по газодинамическим явлениям, включая 3 особо выбросоопасных шахтопласта, в течение 2012 г. обрабатывалось 85 очистных и 164 подготовительных выработки (включая нарезные и монтажные), на 77 угрожаемых - 97 очистных и 238 подготовительных выработки.

Общеизвестно, что метанообильность выемочного участка при ведении горных работ прогнозируется как суммарное ожидаемое газовыделение из обрабатываемого пласта, сближенных угольных пластов – спутников, вмещающих пород, а также из отбитых кусков угля, транспортируемых по участку и некоторых зон выработанного пространства [2- 5].

К настоящему времени существует нормативная методика оценки метанообильности выемочного участка, по которой и определяется максимально допустимый уровень угледобычи из этого участка [3]. Так, согласно этой нормативной методике, расчет среднего ожидаемого метановыделения в проектируемые выемочные участки выполняется по формуле

$$I_{уч} = I_{уч.ф} \left(\frac{l_{оч.р}}{l_{оч.ф}} \right)^{0,4} \left(\frac{A_p}{A_{ф}} \right)^{0,6} k_{с.р} k_{г.р}, \quad (1)$$

где $l_{оч.р}$ -длина очистной выработки, для которой рассчитывается ожидаемое метановыделение, м; $l_{оч.ф}$ -длина очистной выработки, для которой определено фактическое метановыделение, т/сут.; A_p -планируемая добыча угля, т/сут; $A_{ф}$ -средняя добыча угля, при которой определялось фактическое метановыделение, т/сут.; $k_{с.р}$ -коэффициент, учитывающий изменение системы разработ-

ки; $k_{z.p}$ -коэффициент, учитывающий изменение метанообильности выработок с глубиной.

$$k_{z.p} = \frac{x_{z.p} - x_{o2}}{x_2 - x_{o2}}, \quad (2)$$

где $x_{z.p}$ -природная метаноносность пласта на планируемой глубине разработки, м³/т. с.б.м. (по данным исследуемой шахты максимальное значение составляет 20 м³/т. с.б.м.) ; x_2 -природная метаноносность пласта, м³/т. с.б.м., принимается на глубине разработки, для которой определено фактическое метановыделение.

Проведенные исследования [5- 7] метановыделения из угольного пласта позволили сделать вывод о влиянии выбросоопасности пласта на параметры процесса выделения метана из угля. Так, при планировании ведения горных работ, необходимо иметь в виду, что газовая обстановка при выемке угля в выбросоопасной зоне существенно отличается от обстановки в невыбросоопасной зоне и зависит в большей мере от газопроницаемости угольного массива, степени нарушенности угля и других характеристик углепородного массива. В зоне выбросов, во-первых, из-за низкой газопроницаемости дегазация пласта в призабойной области происходит медленно, вследствие чего значительная часть природного газа сохраняется и приближается вплоть до кромки забоя, и, во-вторых, по причине сильной нарушенности угля происходит более бурное газовыделение при его разрушении. Оба эти фактора в совокупности способствуют существенному повышению удельного метановыделения при выемке угля, например, комбайном в сравнении с невыбросоопасной зоной. В невыбросоопасной зоне, в отличие от выбросоопасной, газопроницаемость угольного массива относительно высокая, вследствие чего имеются условия для более эффективной дегазации пласта в призабойной области, а уголь менее нарушен и поэтому не способен к быстрой газоотдаче при его отторжении от массива. Все это способствует тому, что в невыбросоопасных зонах поступление газа в атмосферу выработки при разрушении угля комбайном будет менее значительным, поэтому и удельное метановыделение в данном случае будет несколько меньшим.

В качестве примера рассмотрим расчет оценки характеристик метановыделения, для чего используем фактические данные по шахте «Суходольская Восточная», отработывающей выбросоопасный угольный пласт i_3^1 . Схема проветривания выемочных участков на этой шахте принята прямоточной с подсвежением. Система разработки угольных пластов принята столбовой, а основные геологические характеристики пласта приведены в таблице 1.

Результаты расчета дебита метана в воздушную среду выработки выполнены с учетом зависимостей (1) – (2). Средние результаты расчета газового баланса выемочных участков для 3-х блоков (1-й блок при нагрузке 1000 т/сут. и при длине лавы 250 м; 2-й блок при нагрузке 1500 т/сут. и при длине лавы 250 м; 3-й блок при

нагрузке 1000 т/сут. и длине лавы 180 м) приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Геологическая характеристика пласта i_3^1

№ блока	Вынимаемая мощность пласта, м	Мощность угольных пачек, м	Плотность угля, т/м ³	Зольность угля, %	Влажность угля, %	Выход летучих, %	Природная метаносность, м ³ /т с.б.м.
1	2,0	2,0	1,42	17	0,7	25	20
2	2,3	2,1	1,42	17	0,7	25	20
3	1,0	1,0	1,42	17	0,7	25	20

Таблица 2 – Баланс газовый выемочных участков

Источник метановыделения	Дебит метана, м ³ /мин		
	блок №1	блок №2	блок №3
Разрабатываемый пласт	7,8	10,0	7,4
Угольные пропластки в кровле	7,9	13,6	4,1
Угольные пропластки в почве	0,5	0,8	1,2
Породы кровли	6,5	10,1	6,4
Всего на участке	22,7	34,5	19,2

Далее расчеты дебита метана в воздушную среду выработки были выполнены в зависимости от скорости перемещения забоя, различной длины очистного забоя и суточной добычи. Результаты приведены на графиках (рис. 1-3).

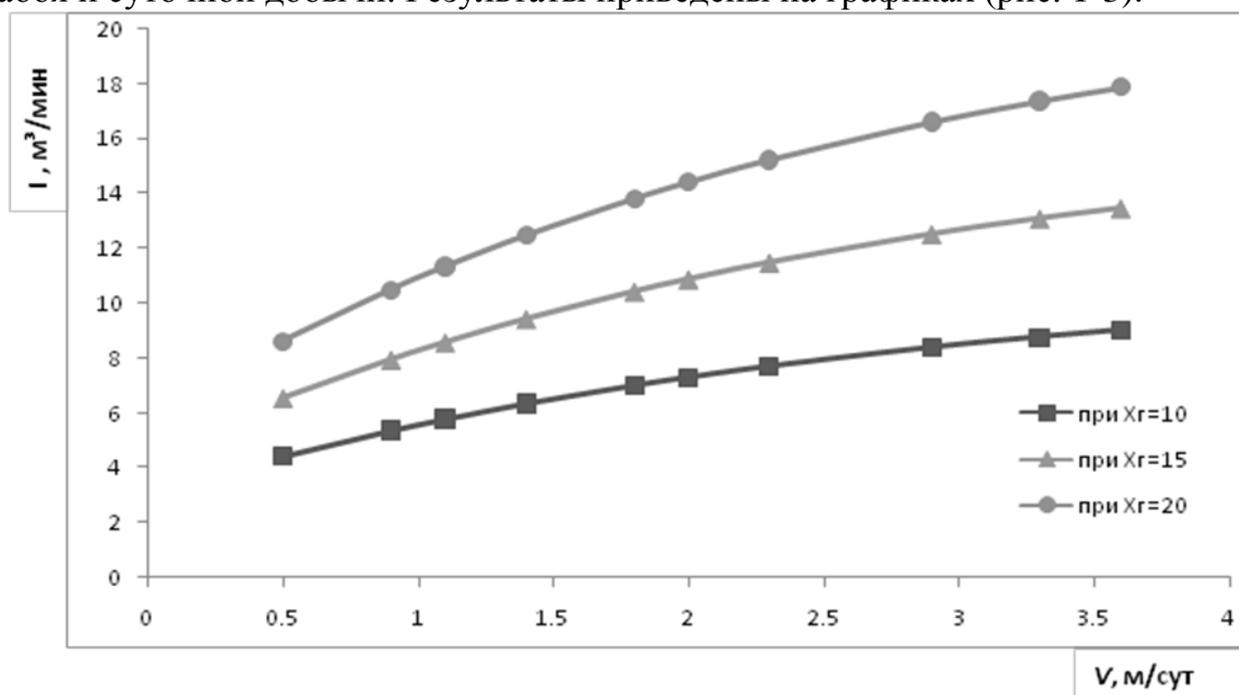


Рис. 1 – Газовыделение в забой выработки от изменения скорости продвижения забоя при разной природной газоносности: 1- 10 м³/т; 2- 15 м³/т; 3- 20 м³/т

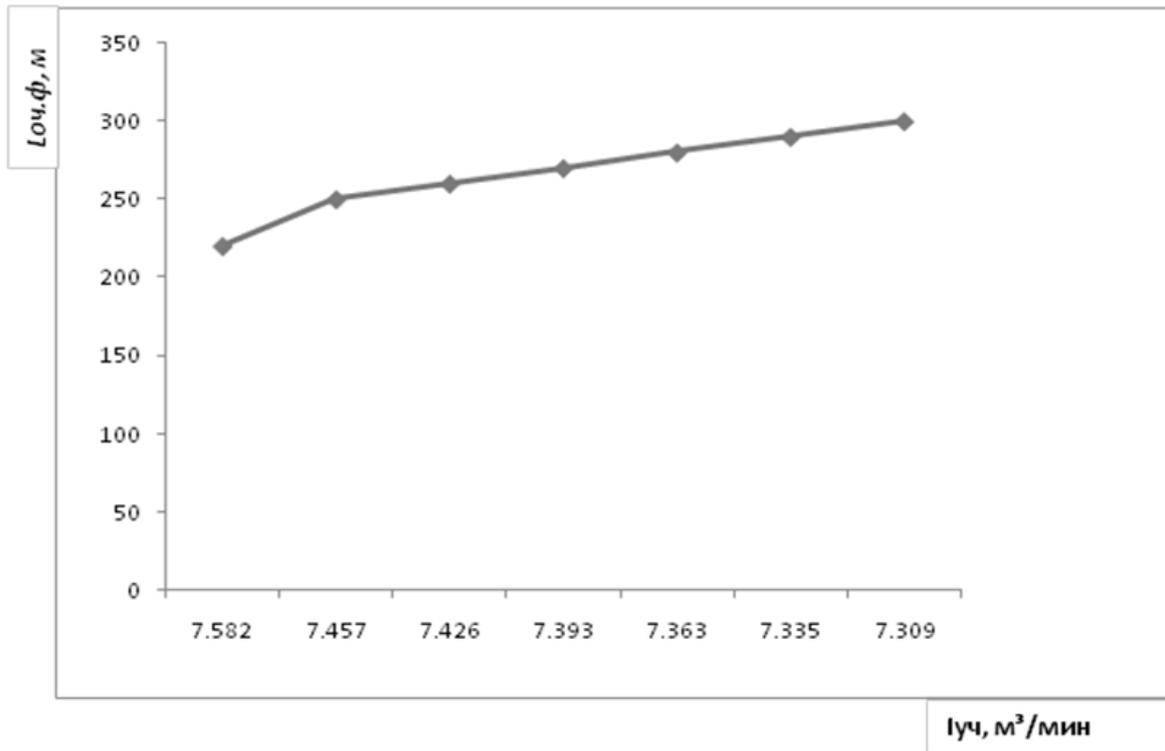


Рис.2 – Газовыделение в забой выработки от изменения протяженности очистного забоя

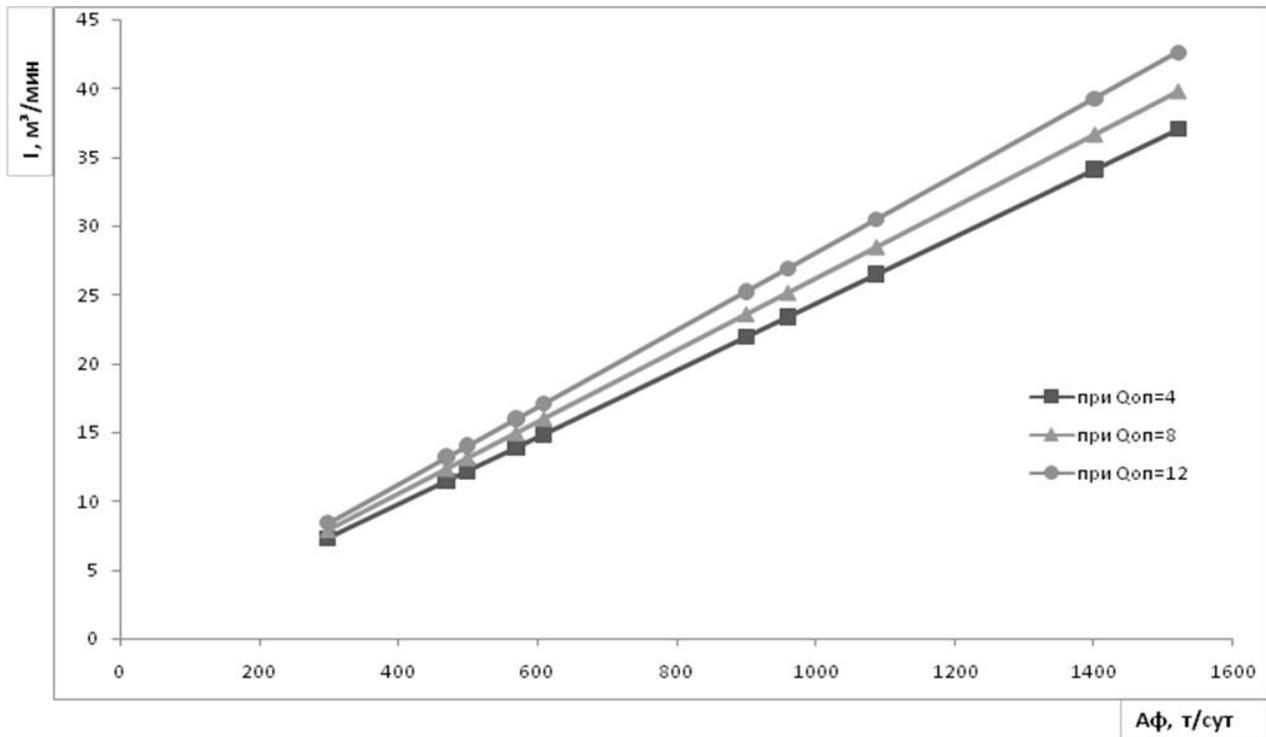


Рис. 3 – Зависимость расчетного дебита метана в очистной забой от величины суточной добычи при различном метановыделении из забоя: 1 – 4 м³/т; 2 – 8 м³/т; 3 – 12 м³/т

При этом очевидно, что для повышения уровня угледобычи участка необходимо либо уменьшение поступления метана в забой, либо полная или частичная

локализация каких - либо из источников его поступления в забой. Причем, как считается, что на многих шахтах при выемке угля выбросоопасность угольных пластов существенно ограничивает темпы добычи и является одной из главных причин их снижения. На самом деле, несмотря на вроде бы очевидность такого заключения оно не достаточно однозначно. Результаты исследований, выполненные рядом организаций, показывают, что нередко за устойчивым мнением о влиянии выбросоопасности скрывается неспособность шахтой заблаговременно ликвидировать ряд узких мест, таких как полная подготовка очистного забоя, поддержание выработок на необходимом уровне, решение вопросов управления горным давлением, газовый фактор, применение региональные противовыбросных мероприятий и др.

Некоторые из этих мероприятий могли бы несколько снизить метановыделение в забой, в частности отработка обратным ходом, предварительное бурение дегазационных скважин, как из горных выработок, так и с поверхности и другие.

Кроме того, в последнее время, появилось много исследований показывающих, что практическое и расчетно-проектное газовыделение на выемочном участке не соответствует одно другому, что говорит о необходимости уточнения этих методик. Кроме того, необходимо отметить, что даже при успешном выполнении мероприятий по снижению метановыделения в забой, темпы перемещения очистного забоя все равно будут ограничены, что в свою очередь толкает шахты на скрытие фактических темпов перемещения забоя и метановыделения в него.

В качестве предварительных рекомендаций из результатов расчета можно выделить следующее. При увеличении нагрузки на очистные забои до 1000-1500 т/сут среднее метановыделение может ожидать в пределах 19- 35 м³/мин (смотри таблицу 2). При этом для обеспечения газовой безопасности необходимо осуществлять дегазацию разрабатываемого пласта и пород кровли с эффективностью не менее 0,6-0,8.

Учитывая изложенное, авторы проанализировали основные влияющие факторы на работу выемочного участка, по уровню максимально допустимой угледобычи из него. Анализ показал, что, к примеру, увеличение длины очистного забоя на опасных пластах не позволит значительно увеличить производительность угледобычи, а остаточная газоносность пласта является не главным фактором ограничения уровня угледобычи. Немаловажное значение на уровень максимальной угледобычи оказывает величина предельно допустимой концентрации метана в забое. Так, при ее увеличении с 0,5 % до 1,5 % максимально допустимая нагрузка может повыситься в 4-5 раз. Увеличение скорости воздуха в очистном пространстве в 1,5- 2 раза позволит увеличить максимально допустимый уровень угледобычи, не менее чем в 2-3 раза. Тем не менее, в ПБ максимально допустимая скорость движения воздуха в забое ограничена 4 м/с, а ограничение содержания метана в исходящей струе из очистного забоя равна 1 %. Это является одним из главных ограничений при добыче угля, т.е. уровень угледобычи определяется в основном пропускной способностью очистного за-

боя с учетом газообильности выемочного участка. Если пропускная способность зависит в основном от использованной технологии выемки и горношахтного оборудования, то газообильность забоя определяется природной газоносностью, параметрами дегазации и других мероприятий. Т.е. существующая нормативная методика [3] расчета максимально допустимого уровня угледобычи не в полной мере объективна и не соответствует существующим требованиям выемки выбросоопасных угольных пластов современной высокопроизводительной техникой и, вполне понятно, требует определенной корректировки. Однако все предлагаемые решения требуют детальной проработки, корректировки нормативной методики и широкого промышленного опробования в установленном порядке.

Применение региональных противовыбросных мероприятий приводит к значительному изменению остаточной газоносности пласта, а ее уменьшение, например с $10 \text{ м}^3/\text{т}$ до $5 \text{ м}^3/\text{т}$ позволит увеличить допустимую нагрузку на выемочный участок 8-10 раз. В качестве предложения следует учитывать необходимость в каждом конкретном забое рассмотрение возможности дополнительного газоизвлечения из углепородного массива, причем осуществлять его по возможности минуя выемочное пространство, а также использование дополнительного воздухоподпитывания забоя с использованием известных технических решений. Кроме того, в дальнейшем необходимо, по нашему мнению, разработать скорректированное официальное обоснование на уровне нормативного документа, которое будет устанавливать пределы метаноносности угольных пластов (возможна отработка пласта с природной газоносностью $9 \text{ м}^3/\text{т}$ только с предварительной дегазацией или другими мероприятиями).

При этом, следует учитывать, что существующий нормативный документ по определению прогнозной газоносности угольных пластов по геологоразведочным данным [8] не может считаться достаточно точным для установления предельных критериев газоносности при отработке шахтами угольных пластов. В подтверждение этого вывода можно отметить, что даже в самом документе [8], сказано о недостаточном совершенстве существующих технических средств и методов оценки газоносности, а также требования в нем о необходимости уточнения прогнозных данных в процессе дальнейшего строительства и эксплуатации конкретной шахты. Кроме того, необходимо акцентировать внимание на работу [9], в которой отмечено, что «значение нижнего предела метаноносности пласта, равного $13 \text{ м}^3/\text{т}$ с. б. м., дано исходя из имеющегося опыта предварительной дегазации неразгруженных пластов скважинами. В тоже время для разнообразных горнотехнических условий отработки угольных пластов с различными газодинамическими и физико-механическими свойствами нижний предел может быть другим». Очевидно, что установление одинакового для всех шахт нижнего предела метаноносности угольных пластов для которых необходимо проведение предварительно дегазации или других мероприятий не совсем корректно. Поэтому нижний предел метаноносности угольных пластов необходимо рассчитывать при дополнительном учете ряда новых факторов, например, таких как: скорость газоотдачи угля и давление газа в массиве, десорб-

ционно-сорбционные свойства угля, фактическая концентрация метана в поступающем в лаву и исходящем из нее воздухе, зональная метаноносность угольного массива и другие характеристики.

Таким образом, можно сделать вывод, о том, что действующее в настоящее время «Руководство ...» [3] не обеспечивает в полной мере объективного расчета допустимого уровня угледобычи и требует корректировки. В частности, необходимо также привести некоторые уточнения требований ПБ, которые могут увеличить допустимый уровень угледобычи без ущерба безопасности.

Так, отдельные положения «Руководства ...», принятые на базе научных исследований, выполненных более четверти века назад, не соответствуют существующему в настоящее время опыту проектирования выемочных участков с современно возможными нагрузками на очистные забои более 2-5 тыс. тонн в сутки. При этом, современным требованиям также не соответствует ограничение скорости подвигания очистного забоя на невыбросоопасных угольных пластах величиной 6 м/сут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов, А.М. Условия формирования взрывоопасной среды после внезапного выброса угля и метана // А.М.Брюханов / Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2007.- № 1 (15). –С. 23-27.
2. Лукинов, В.В. Прогноз метановыделения из подработанных пород в выработки выемочного участка / В.В.Лукинов, А.П.Клец, Б.В. Бокий // Уголь Украины.- 2011.- №7. – С.50-53.
3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: ДНАОТ 1.130-6.09.93. – Киев: Основа, 1994. -312 с.
4. Зборщик, М.П. Предотвращение притоков метана в призабойное пространство высоконагруженных лав / М.П. Зборщик // Уголь Украины.- 2012.- № 12.- С. 11-16.
5. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах / С.П. Минеев, А.А. Рубинский, О.В. Витушко [и др.]- Донецк: Східний видавничий дім, 2010.- 604 с.
6. Ольховиченко, А.Е. Прогноз выбросоопасности угольных пластов / А.Е. Ольховиченко. –М. Недра, 1982.- 278 с.
7. Минеев, С.П. Активация десорбции метана в угольных пластах/ С.П.Минеев, А.А.Прусова, М.Г.Корнилов. – Днепропетровск: Вебер, 2007.- 252 с.
8. Инструкция по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. – М.: Недра, 1977. – 96 с.
9. Забурдяев, В.С. Обоснование нижнего предела метаноносности подвергаемого дегазации угольного пласта / В.С. Забурдяев// Горный информационно-аналитический бюллетень «Метан»; Сборник научных трудов. - 2007. – С. 12-16.

REFERENCES

1. Bryuhanov, AM. (2007), “Conditions of formation of an explosive atmosphere after a sudden outburst of coal and methane”, *Naukovyi visnyk UkrNDIPB*, no. 1 (15), pp. 23-27 .
2. Lukinov , V.V., Klets, A.P. and Bokiy, B.V. (2011), “Prediction of methane production undermined rocks excavation site”, *Coal of Ukraine* , no.7, pp.50 -53 .
3. *Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyatsii ugolnykh shakht: DNAOT 1.130-6.09.93* (1994) [Design Manual ventilation of coal mines: DNAOT 1.130-6.09.93], Osнова, Kiev, Ukraine.
- 4 . Zborschik, M. P. (2012), “Preventing tributaries of methane in the bottom hole space heavily lavas”, *Coal of Ukraine* , no. 12, pp. 11-16 .
- 5 . Mineev, S.P., Rubinsky, A.A., Vitushko, O.V. and Radchenko, A.G. (2010), *Gornye raboty v slozhnykh usloviyakh na vybrosoopasnykh ugolnykh plastakh* [Mining operations in the difficult conditions on the outburst coal seams], Skhidnyi vydavnychiy dim, Donetsk, Ukraine.
6. Olhovichenko , A.E. (1982), *Prognoz vybrosoopasnosti ugolnykh plastov* [Weather outburst coal seams], Nedra, Moscow, Russia.
7. Mineev, S.P., Prusova, A.A. and Kornilov, M.G. (2007), *Aktivatsiya desorbtsii metana v ugolnykh plastakh* [Desorption activation of methane in coal seams], Weber, Dnepropetrovsk, Ukraine .

8. Instructions for determining the prognosis and the gas content of coal seams and the surrounding rocks in geological prospecting (1977), Nedra, Moscow, Russia.

9 Ziburdaev, V.S. (2007), "Justification lower limit methane degassed coal seam", *Gornyi informatsionno - analyticheskii byulleten "Metane "*, Proceedings , pp.12-16.

Об авторах

Минеев Сергей Павлович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом управления динамическими проявлениями горного давления, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, sergminee@gmail.com.

Лыжков Максим Владимирович, студент, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, maks.lyzha@gmail.com.

Феськова Людмила Владимировна, студентка, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, persifona11@yandex.ru.

Шевченко Виорика Викторовна, студентка, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, viorika.shevchenko@gmail.com.

About the authors

Mineev Sergei Pavlovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Head of Department of Pressure Dynamics Control in Rock, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, sergminee@gmail.com.

Lyzhkov Maxim Vladimirovich, student, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnepropetrovsk, Ukraine, maks.lyzha@gmail.com.

Feskova Lyudmila Vladimirovna, student, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnepropetrovsk, Ukraine, persifona11@yandex.ru.

Shevchenko Viorica Viktorovna, student, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnepropetrovsk, Ukraine, viorika.shevchenko@gmail.com.

Анотація. Розглянуто методику визначення метанообільності виїмкової дільниці прогнозованої як сумарне газовиділення з пласта, зближених вугільних пластів, вміщуючих порід, а також з відбитих шматків вугілля, що транспортуються по ділянці і деяких зонах виробленого простору. Наведено розрахунки дебіту метану в забій виїмкової виробки з урахуванням різних темпів видобутку і геологічних характеристик викидонебезпечного вугільного пласта. Проведено аналіз можливого надходження метану в повітряний простір вибою. Показано, що чинні «Інструкції з розрахунку вентиляції ...» не в повній мірі забезпечують сучасні вимоги до розрахунку допустимого рівня вуглевидобутку за величиною метанообільності виїмкової дільниці стосовно існуючих вископродуктивних виїмкових механізмів.

Ключові слова: методика визначення метанообільності виїмкової дільниці, дебіт метану, рівень вуглевидобутку.

Abstract. A method for determining methane content in the panels considers the methane content as total amount of gas emitted from the undermining seam, contiguous coal seams, enclosing rocks and loose lumps transported on the site and from some areas of goafs. Methane discharge into the panel face is calculated with taking into account different production rates and geological characteristics of outburst-prone coal seam. Potential methane discharge into the air space of the face is considered.

It is shown that "The Guidelines on Calculation of Ventilation ..." being currently in force do not fully comply with modern requirements for calculating dependence between total coal output and acceptable level of methane content in the panels with taking into account high production of existing mining-and-hauling machines.

Key words: methods of determining methane content excavation site, the methane production rate, the level of coal mining.

Стаття поступила в редакцію 24.09.2013
Рекомендовано к публікації д.геол.н. Л.И. Пимоненко

