

УДК 622.831

ПРОВЕТРИВАНИЕ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА ПРИ ИНТЕНСИВНОМ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИИ ИЗ ОТРАБАТЫВАЕМОГО ПЛАСТА

VENTILATION IN THE PANEL AT THE INTENSITY OF METHANE-ABUNDANCE FROM THE COALSEAM

Шинкевич Максим Валериевич^{1,2},

кандидат техн. наук, старший научн. сотр., доцент, e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru

Shinkevich Maksim V.^{1,2}, C. Sc., Senior research associate, Associate Professor

Козырева Елена Николаевна¹,

кандидат техн. наук, зав. лабораторией, e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru

Kozyreva Elena N.¹, C. Sc., Head of the laboratory

¹ Институт угля Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН» (ИУ ФИЦ УУХ); Россия, 650065, г. Кемерово, проспект Ленинградский, 10

¹ Institute of Coal of The Federal Research Centre of Coal and Chemistry Siberian Branch of the Russian Academy of Science; Russia, 650065, Kemerovo, Leningradskij, 10

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

² T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация. Для обеспечения эффективного проветривания выемочных участков необходимы новые методические разработки по прогнозу динамики метанообильности высокопроизводительного выемочного участка при отработке пологих и наклонных пластов с полным обрушением кровли, учитывающие конкретные горно-геологические и технологические условия ведения горных работ. Цель исследования: определить горнотехнологические параметры современного выемочного участка, меняющие динамику реализации газового потенциала массива и интенсифицирующие аэrogазовый обмен на границе очистной забой – выработанное пространство и выполнить прогноз ожидаемой газообильности горных выработок. Адаптивность прогноза обеспечивается выполнением оценок на базе горно-геологических данных о свойствах массива в конкретном горном блоке с учетом их изменчивости, применением новых знаний о природных формах и состояниях метана в угольном пласте и динамики метановыделения в зоне ведения очистных работ. Предлагаемый метод прогноза позволяет более подробно рассмотреть реакцию газовой компоненты отрабатываемого пласта на изменение геомеханической обстановки в массиве горных пород для повышения надежности технологических решений по управлению метанообильностью выемочного участка, в том числе конкретизировать требования к способам и схемам проветривания.

Abstract. The new methodical developments according to the forecast of methane-abundance dynamics of the high-productive panel at working flat and inclined seams with a complete collapse of the roof, considering specific mining-and-geological and technological conditions of conducting mining operations are necessary for ensuring effective airing of extraction sites. The main aim of the study: to determine the mining-and-technological parameters of the modern panel, changing dynamics of implementation of gas capacity of the massif and intensifying aero-gas exchange on border a face working – the developed space and to execute the forecast of the expected gas content of excavations. Adaptability of the forecast is provided with accomplishment of estimates based on mining-and-geological data on properties of the massif in the specific mountain block taking into account their variability, use of new knowledge of natural forms and conditions of methane in coal layer and dynamics of methane emission in a zone of conducting clearing works. The proposed prediction method allows closer looks at the reaction of the gas components are working on the formation to change the situation in the geomechanical rock mass. The results: increase of reliability of technological solutions and management of methane-abundance panel, including specification of the requirements for the methods and schemes of ventilation.

Ключевые слова: угольный пласт, выемочный участок, очистной забой, метанообильность, прогноз, проветривание.

Keywords: coalseam, panel, face working, methane-abundance, forecast, ventilation.

Одна из наиболее серьезных проблем на шахтах при отработке угольных пластов – точность прогноза ожидаемой газообильности горных выработок и обеспечение эффективного проветривания выемочных участков при интенсивном выделении метана из отрабатываемого пласта. Отработка многих лав ведется с существенно ограниченной по газовому фактору производительностью. Практически до конца 70-х годов прошлого века единственной технологией капитирования метана с целью его изолированного вывода на поверхность являлась дегазация угольных шахт. В дальнейшем началось активное внедрение системы отвода метана через выработанные пространства действующих выемочных участков средствами вентиляции. Обе технологии достаточно близки, так как в конечном итоге направлены на снижение поступления метана в действующие горные выработки. Наиболее распространенная в Кузбассе комбинированная схема проветривания высокопроизводительного выемочного участка, основанная на разжижении части выделяющегося метана вентиляционной струей требует своего совершенствования. Проблемой газовой безопасности угольных шахт и прогнозом метановыделения занимаются многие научные учреждения в России, например, ТулГУ, КузГТУ, Институт угля СО РАН и др. [1 - 12] и за рубежом. В Институте угля СО РАН ФИЦ УУХ СО РАН выполняются работы по прогнозу метановыделения из угольного пласта с учётом изменения геомеханической обстановки во вмещающем угольный пласт массиве горных пород [13 – 15].

Для обоснования величин подаваемого на участок воздуха и коэффициента его распределения, характеризующего количество метановоздушной смеси, отводимой через выработанное пространство при комбинированной схеме проветривания, необходим, в первую очередь, достоверный прогноз динамики метанообильности выемочного участка.

Расчет метанообильности выполняется в настоящее время, как по геологоразведочным данным, так и по фактическим значениям, зарегистрированным при отработке лавы-аналога. Однако в последнее десятилетие геометрические размеры выемочных столбов и скорости их отработки стали изменяться столь существенно, что понятие «лава-аналог» приобретает условное значение. Все чаще применяются комплексные подходы.

Наиболее надежным является адаптивный прогноз метанообильности выемочного участка по источникам газовыделения, в основе которого лежат разработки, выполненные в Институте угля СО РАН, включающие:

- расчет газового потенциала по трассе выработки или по оси выемочного столба по гео-

логоразведочной информации по скважинам в пределах рассматриваемого шахтоучастка;

- динамическое моделирование процессов реализации газового потенциала массива горных пород в зонах интенсивных технологических возмущений;
- прогноз динамики метанообильности выемочного участка по источникам газовыделения на интервалах подвигания очистного забоя;
- расчет параметров аэrogазового обмена в очистном забое на основе значений расхода воздуха и коэффициентов его распределения;
- рекомендации по управлению газовыделением на выемочном участке.

Основным источником сведений о свойствах месторождения являются данные его геологической разведки (по геологоразведочным скважинам). Каждая скважина содержит в себе горно-геологические данные о мощности пласта, глубине его залегания, природной газоносности, выходе летучих, зольности, влажности. Однако, если на рассматриваемом участке мало скважин, то выполнить требования по высокой надежности информационного обеспечения при существующей сетке газового опробования невозможно. Так на некоторых участках месторождений приходится всего 1-2 геологоразведочные скважины на 1 км² площади шахтного поля. Поэтому в предлагаемом методе для повышения плотности информационных моделей между реальными скважинами вводятся дополнительные скважины, осреднённые данные для которых снимаются с соответствующих карт и разрезов. Этот процесс автоматизирован, что позволяет значительно снизить трудоемкость расчетов и повысить их точность. Формируются достаточно ёмкие информационные массивы, содержащие данные для пластов, пропластков и пород между пластами. По этим данным рассчитываются искомые значения в прямоугольной призме с площадью основания 1 м², ось которой совпадает с линией, имеющей координаты оси скважины. Таким образом, имеем удельные значения для точечной зоны каждой скважины и можем построить соответствующие карты путем интерполяции уже конечного результата «точечной» оценки, полностью отражающей данные геологической разведки. В результате, для любого рассматриваемого участка можно создать информационно-аналитические пространственные модели и построить компьютерные карты искомого параметра, например, газоносности разрабатываемого пласта или газового потенциала массива. А трассирование карт позволяет учесть пространственно-временную изменчивость горно-геологических характеристик массива и технологических факторов на основе расчетов не на средней по длине выемочного столба скорости отработки, а на её интервальных значениях за достаточно малые периоды подви-

гания. Далее моделируется процесс газовыделения из основных источников (отрабатываемый пласт, пласти-спутники), попадающих в зону влияния горных работ и прогнозируется динамика метанообильности выемочного участка на интервалах подвигания очистного забоя. Такая информация служит основой для дальнейшего решения соответствующих задач рудничной аэрогидродинамики.

Рассмотрим реализацию изложенного подхода на примере лавы № 567 шахты «Чертинская-Коксовая» и некоторые рекомендации к схемам проветривания.

Выемочный блок лавы № 567 расположен на северо-западе от вентиляционного уклона № 15 и не ограничен ранее отработанными лавами (находится в целиках). Длина выемочного столба – 1850 м, длина лавы – 164 м. Глубина отработки 300 – 360 м. Угол падения пласта по лаве – 8 – 14

град. Мощность пласта от 1,8 до 2,3 м. Уголь хрупкий, трещиноватый, выход летучих 37,5 %. Пласт включает прослои алевролитов мелкозернистых от одного до трех, мощностью от 0,03 до 0,1 м. Отрабатываемый пласт отнесен к опасным по внезапным выбросам угля и газа, лава находится ниже границы выбросоопасности.

Горно-геологические условия залегания пласта 5 в окрестности выемочного столба № 567 и свойства газоносного массива горных пород устанавливались по данным 15-ти геологоразведочных скважин. Схема их расположения представлена на рис. 1.

Из 15-ти геологоразведочных скважин, принятых для расчетов, в пределы выемочного столба № 567 попали только три скважины. Для использования данных оставшихся 12-ти скважин их характеристики вынесены на ось выемочного столба (ось в/с) согласно требованиям маркшей-

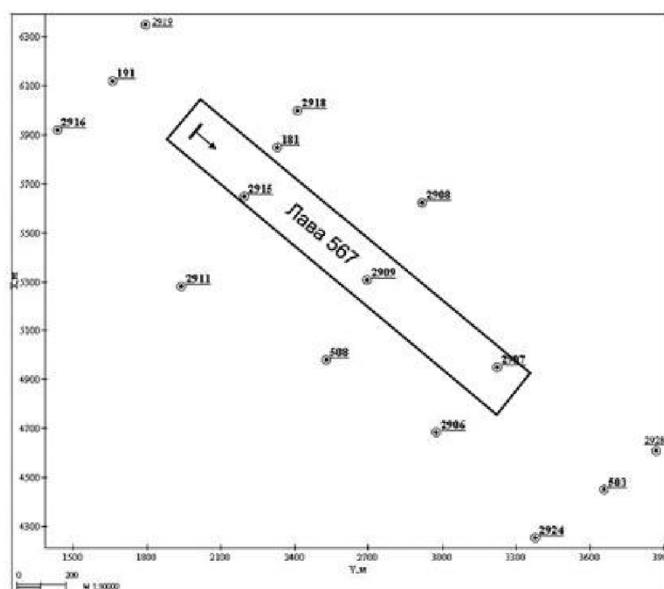


Рис. 1. Схема расположения геологоразведочных скважин в окрестности лавы № 567

Fig. 1. The scheme of an arrangement of prospecting wells in the neighborhood of a panel No. 567

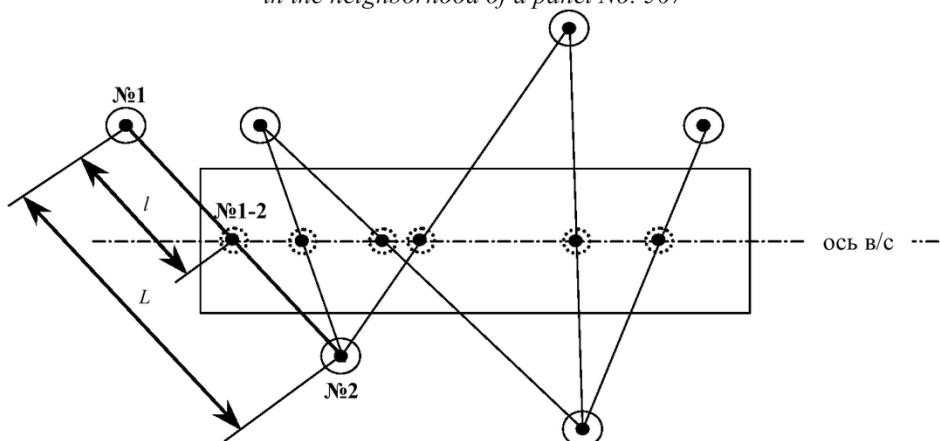


Рис. 2. Построение дополнительных скважин по оси выемочного столба № 567

Fig. 2. Creation of additional wells on an axis of a panel No. 567

дерии по следующему алгоритму (рис. 2). Скважины № 1 и № 2 соединены отрезком, длиной L , пересечение которого с осью выемочного столба, дает новую, дополнительную скважину № 1-2. На рис. 2 обозначено l , как расстояние между скважинами № 1 и № 1-2, причем $l < (L-l)$. Каждая дополнительная скважина включает в себя все пластопересечения, которые есть в реальных скважинах, а горно-геологические характеристики рассчитываются методом линейной интерполяции данных. Таким образом, по оси рассматрив-

аемости выемочного участка. Эти процессы, непрерывно регистрируемые системой мониторинга рудничной атмосферы, служат индикатором изменений свойств и состояний вмещающих пород, особенностей их сдвигов. Знание этих особенностей позволяет с большей надежностью судить, например, об одном из основных в рудничной аэрогазодинамике показателе – относительной метанообильности выемочного участка. Объективность подобных суждений для существенно различных по своим горнотехнологиче-

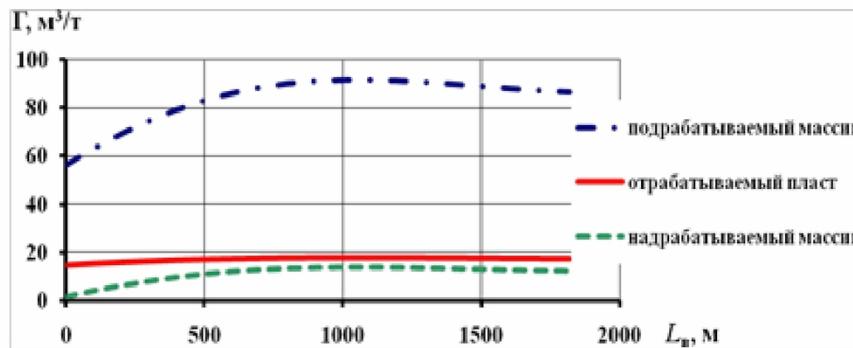


Рис. 3. Значения газовых потенциалов горного блока по оси выемочного столба № 567

Fig. 3. The values of the gas potentials in mining block on the panel axis No. 567

ваемого выемочного столба имеем дополнительные горно-геологические данные, позволяющие уточнить распределение газовых потенциалов по выемочному столбу по направлению от монтажной камеры до уклона.

Газовый потенциал – потенциально возможный объем выделения метана из основных источников: разрабатываемый пласт, подрабатываемый массив, надрабатываемый массив и является базовым показателем для определения метанообильности горных выработок. Методические основы к оценке газовых потенциалов и алгоритмы расчетов изложены в работах [14, 15]. Потенциалы рассчитываются как на м^2 дневной поверхности, так и на тонну добываемого угля. Расчетные значения газовых потенциалов по оси выемочного столба № 567 показаны графиками на рис. 3.

Дальнейшие расчеты выполнены с применением комплексного метода на основе современных представлений: о газокинетических процессах в массиве горных пород с учетом изменчивости его свойств в горном блоке, о природных формах и состояниях метана в угольном пласте, динамики метановыделения в зоне ведения очистных работ.

Интенсивная разгрузка газоносных массивов горных пород при отработке выемочных столбов сопровождается адекватной реакцией их газового потенциала. В подавляющем большинстве случаев она проявляется в виде соответствующих периодических динамических изменений в метано-

ским параметрам объектов наблюдений возможна лишь при наличии некоторого базового критерия, достаточно полно нивелирующего влияния не принимаемых к анализу факторов. Например, при анализе динамики метанообильности выработанного пространства действующего выемочного участка нежелательно влияние изменчивости метановыделения из разрабатываемого пласта и отбитого угля, связанного с целым комплексом свойств и параметров, весьма далеких от процессов, протекающих в подрабатываемых и надрабатываемых массивах. Возможный путь решения этой задачи – максимально полное привлечение апробированных методов исследования газодинамических процессов из пласта в очистном забое выемочного участка.

Фундаментальный научный задел в области описания газоносных пластов как углеметановых геоматериалов сформулирован российскими учеными в 80-х годах прошлого века, а в 90-х годах он признан научным открытием [16] и в последние годы активно развивается [17, 18]. Исходя из современных представлений о свойствах органического вещества угля образовывать с газами метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов, метан в угольном пласте содержится в трех основных состояниях: растворенном, сорбированном и свободном. Эти положения легли в основу расчета метановыделения из разрабатываемого пласта, отбитого и транспортируемого угля.

Метановыделение через поверхность забоя

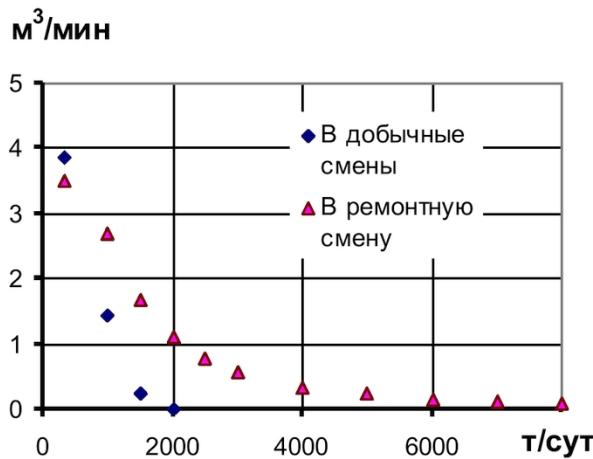


Рис. 4. Метановыделение через поверхность забоя лавы № 567
 в зависимости от суточной добычи
 Fig. 4. Methane emission through a surface of a face of a lava No. 567
 depending on daily production

лавы № 567 в зависимости от суточной добычи представлена на рисунке 4.

В связи с небольшой мощностью и глубиной залегания разрабатываемого пласта, но большой мощностью и крепостью пород основной кровли линия зоны газового дренирования призабойной части пласта уже при суточной добыче 2000 т/сут приближается к плоскости забоя. Поэтому при увеличении нагрузки на забой метановыделение из призабойной части пласта в период цикла выемки угля будет незначительным.

За время ремонтной смены, в связи с прекращением выемки угля, происходит увеличение зоны изменений напряженно-деформированного состояния призабойной части угольного пласта и соответственно зоны дренирования, что приводит к росту метановыделения до 0,3 м³/мин при 4000 т суточной добычи.

Кинетика газоистощения отбитого угля определяется по условию распада твердых углеметановых растворов в результате снятия внешней механической нагрузки [14, 17].

Функция кинетики газовыделения [17]

$$C_i = C_3 \exp(4,9 - (1 - C_3) \ln(1 + t_i)), \quad (1)$$

где C_3 — константа твердого углегазового раствора равна 0,71.

Общее количество газа, выделившееся в лаву из отбитого угля, транспортируемого по лаве и конвейерному штреку, определяется как

$$Q = 0,15\chi + \int_0^G dx \int_0^{x/g} C_3 \exp\left(\frac{4,9 - (1 - C_3)}{\ln(1 + \tau)}\right) \left(\frac{0,8\chi - 1,1\chi_1}{C_0 - C_k}\right) d\tau = \quad (2)$$

$$0,15\chi + C_3 \exp(4,9) \left(\frac{0,8\chi - 1,1\chi_1}{C_0 - C_k}\right)$$

$$\left(G - \frac{g}{C_3} \left(1 + \frac{G}{g}\right)^{C_3} + \frac{g}{C_3}\right), \text{ м}^3$$

Относительное метановыделение в лаву из отбитого угля, транспортируемого по лаве и конвейерному штреку

$$q = \frac{dQ}{dG} = \\ = 0,15\chi + 134 \left(\frac{0,8\chi - 1,1\chi_1}{C_0 - C_k}\right) C_3 \left(1 - (1 + T)^{C_3 - 1}\right) \text{ м}^3/\text{т}, \quad (3)$$

$$\chi_1 = 10,5(V^{daf})^{-0,36} 0,01(100 - W - A^c), \text{ м}^3/\text{т}, \quad (4)$$

где χ — природная метаноносность угля, м³/т; χ_1 — сорбционная метаноемкость при абсолютном давлении 0,1 МПа, м³/т; C_0 и C_k — коэффициенты, вычисляемые по C_i при t_i , равном 0 и 180 мин, соответственно; $T = G/g$ — время транспортирования отбитого угля по лаве и конвейерному штреку, мин; G — добыча угля с 1 метра пласта по длине лавы, т; g — производительность комбайна, т/мин; V^{daf} — выход летучих, %; W — влажность, %; A^c — зольность, %.

Результаты расчетов без дегазации отрабатываемого пласта и с дегазацией (K_{deg} — коэффициент дегазации) представлены на рис. 5. В расчетах газоносность пласта принята 19 м³/т с.б.м. согласно обобщенных геологоразведочных данных.

Из результатов следует, что при окончании выемки очередной стружи относительная метанообильность отбиваемого угля с природной газоносностью 19 м³/т с.б.м. и продолжительностью его транспортирования 17 мин за пределы поступающей в забой вентиляционной струи распределяется на участке следующим образом (таблица).

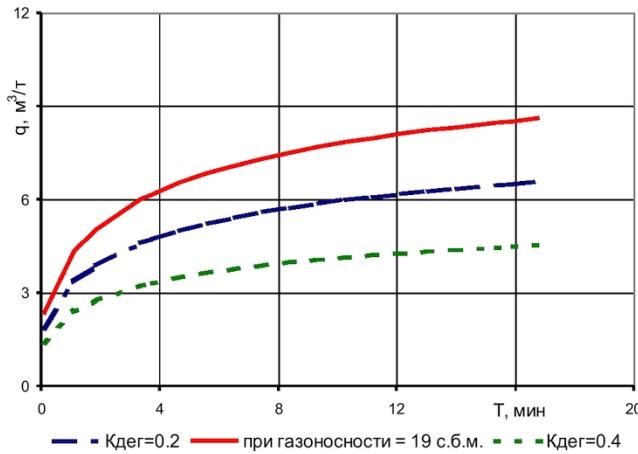


Рис. 5. Кинетика газовыделения из отбитого угля
 Fig. 5. Gas emission kinetics from the beaten-off coal

Таблица. Распределение метановыделения из отбиваемого угля по горным выработкам выемочного участка № 567

Table. Distribution of methane emission from the beaten-off coal on excavations of extraction site No. 567

Коэффициент дегазации пласта	Зона работы комбайна	Отбитый уголь в очистном забое	Отбитый уголь в конвейерном штреке	Всего
				м ³ /т
0	2,3	3,5	2,8	8,6
0,2	1,9	2,6	2,1	6,6
0,4	1,4	1,7	1,4	4,5

Установленные закономерности изменения газокинетических свойств угольного пласта при его механическом разрушении позволили разделить единый источник газа – пласт на два источника: газовыделение через поверхность забоя и из отбиваемого и транспортируемого угля, конкретизируя при этом зону работы комбайна, очистной забой и конвейерный штрек, что позволяет конкретизировать требования к способам и схемам проветривания.

По своей сути проветривание за счет общешахтной депрессии и управление средствами вентиляции через газодренажные выработки и скважины с помощью специальных всасывающих вентиляторов являются единственным нагнетательно-всасывающим способом. Однако была несколько искажена физическая суть аэrogазодинамических процессов на выемочном участке, происходящих при работе так называемых «газоотсасывающих вентиляторов», что привело к представлению о возможности движения одного компонента метановоздушной смеси – метана перпендикулярно всему потоку к всасывающему вентилятору. Этой ошибке способствует и нормативный метод расчета метановыделения из пласта и отбитого угля, согласно которому практически весь газ выделяется в очистном забое. Резкое занижение газопритока на конвейерном штреке создало видимость эффективного удаления значительной части метана из угля непосредственно в очистном забое, затруднило поиск технологических решений по

управлению газовыделением.

Изложенный выше алгоритм расчета не имеет этих недостатков, что позволяет рассматривать комплексное управление газовыделением на выемочном участке средствами вентиляции в виде нагнетательно-всасывающего способа проветривания. Другим существенным отличием предлагаемого метода является увязка метанообильности выработанного пространства и выделения метана через поверхность забоя со скоростью его подвигания, а притока метана из отбиваемого и транспортируемого угля с производительностью комбайна и временем пребывания угля в очистном забое и на конвейерном штреке. В итоге конкретизируются динамика источников метанообильности выработанного пространства и параметры способов по ее управлению, а динамика метанообильности призабойного объема наряду с аэрогазовым обменом с выработанным пространством ориентируется и на интенсивность разрушения углеметанового пласта с учетом условий транспортирования. Контрольными параметрами выступают концентрации метана на сопряжениях лавы с конвейерным и вентиляционным штреками и на выходе из выработанного пространства. Все изменения регулируемых аэрогазодинамических параметров направлены на обеспечение контрольных (допустимых) значений.

Соблюдение этих условий позволило получить следующие результаты.

1. Обеспечение производительности до 4000

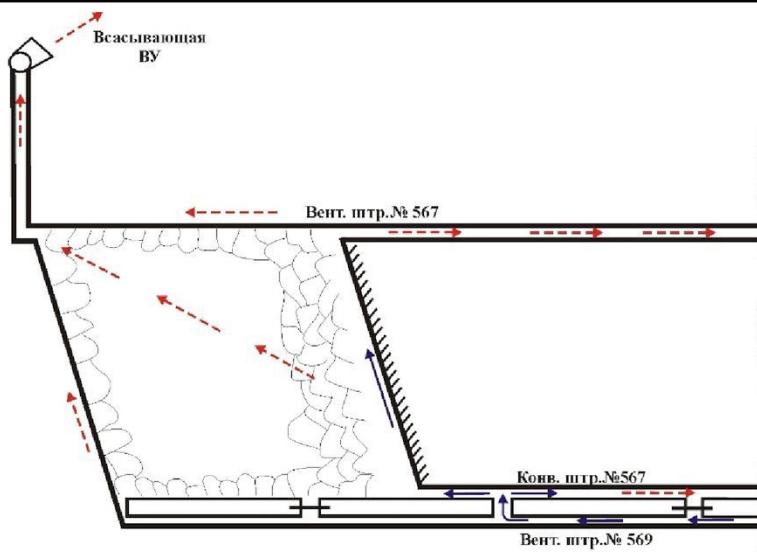


Рис. 6. Схема проветривания выемочного участка № 567 через параллельный штрек
Fig. 6. The scheme of ventilation of panel No. 567 through a parallel drift

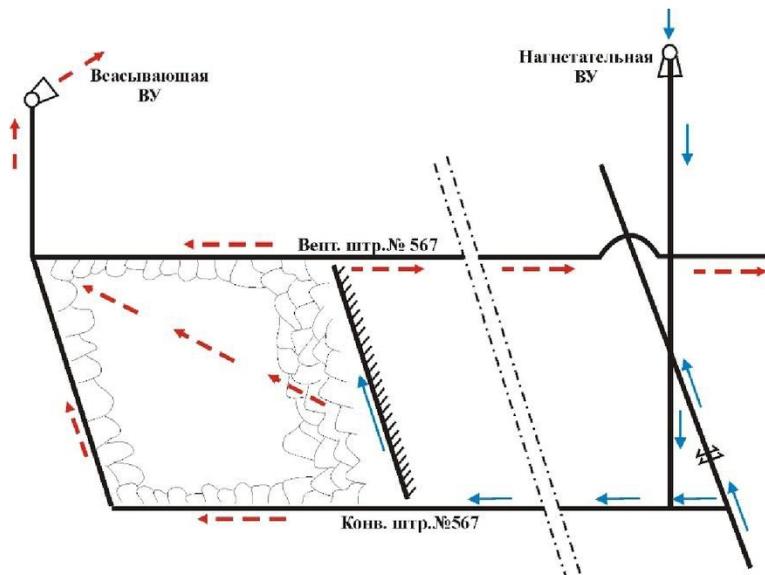


Рис. 7. Схема увеличения количества подаваемого на выемочный участок № 567 воздуха введением в действие нагнетательной вентиляционной установки
Fig. 7. The scheme of increase in the quantity given on panel No. 567 air enforcement of delivery ventilating installation

т/сут выемочных участков, подобных 567, по газовому фактору технически реально. Полученные значения основных параметров комплексного управления газовыделением не выходят за пределы установленных мировым и отечественным горным опытом показателей и не требуют создания принципиально новых для шахты технологий и технических средств.

2. Увеличение количества воздуха, подаваемого в очистной забой, и коэффициента дегазации разрабатываемого пласта до 0,4 не обеспечивает поддержание нормальной концентрации метана на сопряжении лавы с конвейерным штремком. Известным выходом является подача на участок воздуха через параллельный штремк (рис. 6) с расстоянием между сбойками между штремками 200 – 300 м.

3. Возможные затруднения с увеличением количества подаваемого на участок воздуха снимаются введением в действие дополнительной нагнетательной вентиляционной установки, близкой по характеристикам к всасывающей установке, согласно схеме на рис. 7.

4. Всасывающая часть схемы проветривания через выработанное пространство и фланговую скважину не обеспечивает нормальной концентрации метана в исходящей струе даже при увеличении коэффициента эффективности дегазации выработанного пространства до 0,6. Решением может быть проветривание с использованием газодренажного штремка. Это решение снимает вопрос о возможности замыкания всасывающей части системы на старое выработанное пространство пласта 3. Контроль работоспособности

нагнетательно-всасывающего проветривания метановоздушной смеси на вентиляционном и следует вести по величине отношения расходов конвейерном штреках у сопряжений с лавой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tailakov O.V. Justification of a Method for Determination of Gas Content in Coal Seams to Assess Degasification Efficiency / Tailakov O.V., Kormin A.N., Zastrelov D.N., Utkaev E.A., Sokolov S.V. // The 8th Russian-Chinese Symposium. Coal in 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016 – pp. 324 – 329.
2. Tailakov O.V. Utilization Prospects of Coalbed Methane in Kuzbass / O.V. Tailakov, D.N. Zastrelov, V.O. Tailakov, A.B. Efremenkov // Applied Mechanics and Materials. –Apr. 2015. – Vol 756. – Pp. 622–625.
3. Tailakov O.V. Experience for Coal Mine Methane Utilization to Generate Thermal and Electric Power / O.V. Tailakov, D.N. Zastrelov, E.A. Utkaev, A.N. Kormin, A.I. Smyslov // Taishan Academic Forum – Project on mine Disaster Prevention and Control. – Mining 2014. – Qingdao, China, 17–20 October, 2014 г. – Pp. 450–454.
4. Shevchenko L.A. Debit gas in well as a comprehensive indicator of gas permeability of the coal seam // В сборнике: Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety 2016. С. 184-187.
5. Шевченко Л.А. Влияние интенсивности отработки угольного пласта на структуру газового баланса выемочного участка / Л.А. Шевченко, В.Ю. Гришин // Современные проблемы шахтного метана. / сб. научн.тр. к 85-летию проф. Н.В.Ножкина. – М ИД. ООО Роликс. – 2014, С. 144-150
6. Шевченко Л.А. Дегазация выработанных пространств длинными скважинами / Л.А. Шевченко, В.Ю. Гришин // Известия вузов. Горный журнал. – 2014. – № 2. – С. 10-11
7. Палеев Д.Ю. Моделирование аэрогазодинамических процессов в вентиляционных сетях современных горнодобывающих предприятий / Д.Ю. Палеев, В.В. Аксенов, О.Ю. Лукашов, И.М. Васенин, А.Ю. Крайнов, Э.Р. Шрагер // ГИАБ. – 2015. – № 2 (7). – С. 224–230.
8. Прогноз метановой опасности угольных шахт при интенсивной отработке угольных пластов / Н. М. Качурин, В. И. Клишин, А. М. Борщевич, А. Н. Качурин. Тула–Кемерово: ТулГУ, 2013. 220 с.
9. Kachurin N.M. Generalized mathematical model for gases filtration in coal beds and enclosing strata / Kachurin N.M., Vorobev S.A., Vasilev P.V. // Eurasian Mining. 2015. Т. 2015. № 2. С. 40-43
10. Портола В.А. О повышении эффективности извлечения метана из шахт при эксплуатации высокогазоносных пластов // Вестник КузГТУ, 2007. - № 3. - С. 10-12.
11. Портола В.А. О возможности отработки высокогазоносных угольных пластов во взрывобезопасной газовой среде // Безопасность труда в промышленности.- 2007. - № 12. - С. 53-57.
12. Плаксин, М.С. Особенности повышения газопроницаемости угольных пластов / М.С. Плаксин, Р.И. Родин // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 42–48
13. Рябцев, А.А. Измерение газоносности угольного пласта из горных выработок / А.А. Рябцев, Е.С. Непеина, В.И. Альков // Уголь. – 2016. – № 1. – С. 68–70
14. Козырева Е.Н. Уточнение технологических решений при проектировании выемочных участков и управлении газовыделением / Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич // Вестник КузГТУ. – 2014. – № 3. – С. 28–32.
15. Полевщикова, Г.Я. Влияние процессов разгрузки и сдвижений вмещающих пород на выделение метана из разрабатываемого пласта. / Г.Я. Полевщикова, М.В. Шинкевич, Е.Н.Козырева, О.В. Брюзгина // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2008, №2.- С.139-143
16. Алексеев, А.Д. Свойства органического вещества угля образовывать с газами метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов / А.Д. Алексеев, А.Т. Айруни, В.Ф. Васючков, И.В. Зверев и др. // Диплом № 9 на научное открытие. – АЕН, 1994.
17. Алексеев А. Д., Айруни А. Т., Зверев И. Т. и др. Распад твердых углегазовых растворов // ФТПР-ПИ. — 1994. — № 3.
18. Малышев Ю. Н., Трубецкой К. Н., Айруни А. Т. Фундаментально-прикладные методы решения проблемы угольных пластов. — М.:ИАГН., 2000.

REFERENCES

1. Tailakov O.V. Justification of a Method for Determination of Gas Content in Coal Seams to Assess Degasification Efficiency / Tailakov O.V., Kormin A.N., Zastrelov D.N., Utkaev E.A., Sokolov S.V. // The 8th Russian-Chinese Symposium. Coal in 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016 – pp. 324 – 329.
2. Tailakov O.V. Utilization Prospects of Coalbed Methane in Kuzbass / O.V. Tailakov, D.N. Zastrelov, V.O. Tailakov, A.B. Efremenkov // Applied Mechanics and Materials. –Apr. 2015. – Vol 756. – Rp. 622–625.
3. Tailakov O.V. Experience for Coal Mine Methane Utilization to Generate Thermal and Electric Power / O.V. Tailakov, D.N. Zastrelov, E.A. Utkaev, A.N. Kormin, A.I. Smyslov // Taishan Academic Forum – Project

on mine Disaster Prevention and Control. – Mining 2014. – Qingdao, China, 17–20 October, 2014 g. – Rp. 450–454.

4. Shevchenko L.A. Debit gas in well as a comprehensive indicator of gas permeability of the coal seam // V sbornike: Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety 2016. S. 184-187.
5. Shevchenko L.A. Vliyanie intensivnosti otrabotki ugol'nogo plasta na strukturu gazovogo balansa vyemochnogo uchastka / L.A. Shevchenko, V.Yu. Grishin // So-vremennye problemy shakhtnogo metana. / sb. nauchn.tr. k 85-letiyu prof. N.V.Nozhkina. – M ID. OOO Roliks. – 2014, S. 144-150
6. Shevchenko L.A. Degazatsiya vyrabotannykh prostranstv dlinnymi skva-zhinami / L.A. Shevchenko, V.Yu. Grishin // Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal. – 2014. – № 2. – S. 10-11
7. Paleev D.Yu. Modelirovanie aerogazodinamicheskikh protsessov v venti-lyatsionnykh setyakh sovremennoykh gornodobyvayushchikh predpriyatiy / D.Yu. Paleev, V.V. Aksenov, O.Yu. Lukashov, I.M. Vasenin, A.Yu. Kraynov, E.R. Shrager // GIAB. – 2015. – № 2 (7). – S. 224–230.
8. Prognoz metanovoy opasnosti ugol'nykh shakht pri intensivnoy otrabotke ugol'nykh plastov / N. M. Kachurin, V. I. Klishin, A. M. Borshchevich, A. N. Kachurin. Tula–Kemerovo: TulGU, 2013. 220 s.
9. Kachurin N.M. Generalized mathematical model for gases filtration in coal beds and enclosing strata / Kachurin N.M., Vorobev S.A., Vasilev P.V. // Eurasian Mining. 2015. T. 2015. № 2. S. 40-43
10. Portola V.A. O povyshenii effektivnosti izvlecheniya metana iz shakht pri ekspluatatsii vysokogazosnykh plastov // Vestnik KuzGTU, 2007. - № 3. - S. 10-12.
11. Portola V.A. O vozmozhnosti otrabotki vysokogazonosnykh ugol'nykh plastov vo vzryvobezopasnoy gazovoy srede // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. - 2007. - № 12. - S. 53-57.
12. Plaksin, M.S. Osobennosti povysheniya gazopronitsaemosti ugol'nykh plastov / M.S. Plaksin, R.I. Rodin // Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – 2016. – № 1. – S. 42–48
13. Ryabtsev, A.A. Izmerenie gazonosnosti ugol'nogo plasta iz gornykh vyra-botok / A.A. Ryabtsev, E.S. Nepeina, V.I. Al'kov // Ugol'. – 2016. – № 1. – S. 68–70
14. Kozyreva E.N. Utochnenie tekhnologicheskikh resheniy pri proektirovaniyu vyemochnykh uchastkov i upravlenii gazovydeleniem / E.N. Kozyreva, M.V. Shinke-vich // Vestnik KuzGTU. – 2014. – № 3. – S. 28–32.
15. Polevshchikov, G.Ya. Vliyanie protsessov razgruzki i sdvizheniy vmeschchayushchikh porod na vydelenie metana iz razrabatyvaemogo plasta. / G.Ya. Polevshchikov, M.V. Shinkevich, E.N.Kozyreva, O.V. Bryuzgina // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. - 2008, №2.- S.139-143
16. Alekseev, A.D. Svoystva organicheskogo veshchestva uglya obrazovyyat's gazami metastabil'nye odnofaznye sistemy po tipu tverdykh rastvorov / A.D. Alekseev, A.T. Ayruni, V.F. Vasyuchkov, I.V. Zverev i dr. // Diplom № 9 na nauchnoe otkrytie. – AEN, 1994.
17. Alekseev A. D., Ayruni A. T., Zverev I. T. i dr. Raspad tverdykh uglego-zovykh rastvorov // FTPRPI. — 1994. — № 3.
18. Malyshov Yu. N., Trubetskoy K. N., Ayruni A. T. Fundamental'no-prikladnye metody resheniya problemy ugol'nykh plastov. — M.:IAGN., 2000.

Поступило в редакцию 19.03.2017
Received 19.03.2017