

УДК 622.814

ИЗОЛЯЦИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ В МЕТАНОВОЙ АТМОСФЕРЕ

INSOLATION OF MINING IN COAL MINING METHANE IN THE ATMOSPHERE

Портола Вячеслав Алексеевич,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: portola2@yandex.ru

Portola Vyacheslav A., Dr. Sc., Professor

Кузбасский Государственный Технический Университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya st., Kemerovo, 650000, Russia.

Аннотация. Проанализированы возможности добычи угля в метановой атмосфере. Наиболее приемлемым вариантом добычи угля в метановой атмосфере является комплекс глубокой разработки угольных пластов, не требующий присутствия людей. Предложены варианты создания завес в горных выработках, предотвращающих вынос метана в атмосферу, но позволяющих транспортировать добываемый уголь на поверхность и откачивать выделяющийся метан. Приведены схемы создания пенных завес на пути транспортируемого угля.

Abstract. The possibilities of coal methane in the atmosphere. The most acceptable option of coal mining methane in the atmosphere is a complex development of deep coal seams, which does not require the presence of people. The variants of creating screens in mines to prevent methane removal into the atmosphere, but allow to transport mined coal to the surface and pumped emit methane. The schemes create foam curtains in the path of coal transported.

Ключевые слова: шахта, метановая среда, комплекс глубокой разработки угольных пластов, пенные завесы.

Keywords: mine, methane Wednesday, complex development of deep coal seams, foam curtain

Добыча угля в подземных условиях сопровождается повышенной потенциальной опасностью возникновения аварийных ситуаций, угрожающих жизни и здоровью людей, а также работе горных предприятий. Одной из самых опасных аварий в угольных шахтах являются взрывы, приводящие к существенным разрушениям и групповым несчастным случаям, в том числе со смертельным исходом. В угольных шахтах способны взрываться скопления горючих газов, взвешенная угольная пыль, а также газопылевоздушные смеси.

Существенную опасность для угольных шахт представляют также пожары эндогенного и экзогенного происхождения. Возникновение пожаров в шахтах, особенно вследствие самовозгорания теряемого угля, приводит к значительному материальному ущербу из-за потери дорогостоящих угледобывающих комплексов, подготовленных к выемке запасов угля, горных выработок. Больших расходов требует профилактическая работа по предотвращению процессов самовозгорания угля, приобретению противопожарного оборудования.

Значительный объем работ в шахтах направлен на предотвращение образования взрывоопасных концентраций метана и угольной пыли в рудничной атмосфере. Закономерностям выделения

метана, разработке способов борьбы с метаном посвящено большое количество работ [1-6]. Однако принимаемые меры по дегазации угольных пластов, выработанного пространства, проветриванию горных выработок и контролю состава газов в рудничной атмосфере не позволяют гарантированно предотвращать образование взрывоопасных скоплений метана в шахтах. Существенную опасность для шахт представляет угольная пыль, взрывчатые свойства которой продолжают исследовать [7].

Радикально снизить вероятность возникновения взрыва газовых смесей и взвешенной угольной пыли, а также предотвратить возникновение пожаров в шахтах позволит создание в горных выработках метановой атмосферы. Так, при концентрации метана более 15 % газовая смесь не горит и не взрывается. Анализ преимуществ добычи угля в метановой атмосфере приведен в работах [8-10]. Изоляция горных выработок от проникновения атмосферного воздуха позволит создавать значительные объемы концентрированного метана. Для поддержания необходимого давления газа в горных выработках метан будут откачивать для дальнейшего использования в качестве топлива или сырья. Пребывание людей в метановой атмосфере должно быть сведено к минимуму.

В [10] предлагается использовать для пребывания людей бокс-базы, в которых поддерживается состав атмосферы, пригодный для дыхания.

Известны также предложения создания в горных выработках метаноокислородной газовой среды, пригодной для дыхания, но не способной взрываться. Так, в [11] предложено в метановую рудничную атмосферу постоянно подавать кислород для поддержания концентрации кислорода на уровне 20-39 %. Содержание метана в такой газовой смеси находится на уровне 61-80 %. Однако длительное пребывание в метановой атмосфере может быть опасным для здоровья.

Анализ показывает, что добычу угля в метановой атмосфере можно опробовать при существующем угледобывающем оборудовании, позволяющем работать без присутствия людей. Наиболее приемлемым можно считать комплекс глубокой разработки угольных пластов (КГРП), предназначенный для отработки запасов угля, добыча которых экономически неэффективна или технологически осложнена для способов открытой или подземной добычи [12]. Применение КГРП возможно в широком диапазоне по горно-геологическим параметрам: мощность отрабатываемых пластов варьируется от 0,8 до 10 м, угол падения пластов может меняться от 0° до 35°, толщина покрывающих пород составляет от 10 до 120 - 150 м.

Технология глубокого выбуривания пластов с использованием КГРП является разновидностью подземной камерно-столбовой системы разработки, позволяющей вести добычные работы с дневной поверхности. При этом пульт управления, силовые агрегаты, гидравлика, а также весь обслуживающий персонал находятся на поверхности. Доступ к пласту угля осуществляется открытыми горными работами. Преимуществами КГРП является низкие эксплуатационные затраты на тонну добычи, быстрая окупаемость (2-3 года); высокий уровень извлечения угля (до 60-75%);

Комплекс КГРП является полностью автономной, высоко производительной и экономичной угледобывающей системой, позволяющей осуществлять полностью механизированную разработку угольных пластов с дневной поверхности. При использовании КГРП не требуется присутствие людей в очистном забое. При этом пульт управления, силовые агрегаты, гидравлика, а также весь обслуживающий персонал находятся на поверхности. Извлечение угля из пласта осуществляется выемочным комбайном (режущим модулем) и по транспортно-подающим секциям шнеками транспортируется на поверхность. Оработка пласта осуществляется камерами прямоугольного сечения длиной до 300 м, высотой 0,8 до 4,8 м и шириной до 3,5 м.

Комплект необходимого основного оборудования включает: КГРП, погрузчик Cat-966

для монтажа-демонтажа секций; прочее горнотранспортное оборудование определяется горнотехническими условиями отработки. Комплект оборудования для ведения вскрышных работ (количество и тип оборудования) для подготовки добычного фронта определяется в соответствии с горно-геологическими условиями конкретного месторождения. Максимальная длина выемочной камеры составляет 300 м. Угол наклона камеры к горизонтали до 25 градусов. Среднее потребление мощности при добыче 900 кВт.

КГРП устанавливается на открытой площадке, которая формируется при вскрытии угольного пласта. Машина передвигается на четырех гидравлически управляемых гусеничных тележках и устанавливается перпендикулярно к откосу уступа (борта) траншеи или под углом до 28° к перпендикуляру. Уголь рубится специально адаптированным электроприводным комбайном «Джой». Комбайн присоединен к узлу толкателя, расположенному в центре машины, где два гидравлических цилиндра сообщают толкателю усилие, обеспечивая напор комбайна в угольный забой. Режущая головка комбайна представляет собой цилиндрический барабан с рабочими зубьями, который, вращаясь, рубит уголь.

Срубленный уголь падает на приемный поддон, на котором установлены две механические лапы, которые подбирают уголь и продвигают его в основание поддона, где он подхватывается скребковым (цепным) конвейером. Затем, уголь разгружается на пару горизонтальных шнеков, которые перемещают уголь по остальной длине комбайна. На соединении комбайна с коробчатой шнеково-транспортной секцией (корпус которой передает напорное усилие от толкателя главной машины на комбайн) оба шнека комбайна соединены со шнеками секции.

Каждый из шнеков секции приводится во вращение от электромоторов мощностью 350 л.с. (260 кВт), расположенных в задней части толкателя главной машины. Конструкция торцов муфты соединения шнеков такова, что усилие вращения от шнеков секции передается на шнеки комбайна. Достигнув конца последней секции, уголь подхватывается вертикально расположенным шнеком, который поднимает уголь, и разгружается на ленточный конвейер, который в свою очередь разгружает уголь в автосамосвалы или в конус (штабель) прямо на грунт.

Цикл резания электрического комбайна контролируется оператором машины и в основном состоит из движений по заглублиению (вруба) и скальванию (подъем и опускание стрелы комбайна так, чтобы срубить уголь на всю мощность пласта). На протяжении цикла режущая головка комбайна постепенно заглублиется в

угольный пласт на длину секции, при этом происходит автоматическое отключение режущей головки, и цилиндры толкателя втягивают головку обратно к комбайну. В это время гидравлически управляемый механический «стол» автоматически вставляет коробчатую транспортно-толкающую секцию в центральной части машины между толкателем и комбайном. Внутри секции на всей ее длине установлены два шнека, которые при небольшом перемещении толкателя вперед, соединяются со шнеками предыдущей секции. Затем рабочий цикл повторяется.

Работа продолжается до максимально возможной глубины. После этого начинается обратный процесс - вытягивается цепочка секций и режущий орган из выработки. В результате получается выработка четырехугольного сечения, шириной 3,5 м, высотой до 4,8 м. в один слой и глубиной до 300 метров. После завершения операции извлечения става из выработки, режущий барабан осматривается на предмет износа зубьев и технического осмотра. Затем главная машина перемещается и устанавливается для прохождения следующей выработки. Между каждой выработкой оставляется целик.

Наблюдение за работой комбайна производится с помощью телевизионных мониторов и трех видеокамер, установленных на комбайне так, что оператор имеет возможность видеть процесс добычи угля. Установка снабжается электроэнергией от дизель-генераторной установки, в которую входит дизель «Cummins», мощностью 1600 кВт. Дизель-генератор располагается непосредственно рядом с комплексом. Напряжение подается на комплекс через Электрический Управляющий Модуль (ЭУМ), расположенный позади кабины оператора. Трансформатор понижает исходное напряжение до используемых на установке напряжений 995, 480, 220 и 110 В.

Все необходимые электрические кабели, кабель датчика метана, гидравлические и водяные шланги, находящиеся в траковой цепи, намотаны на кабельный барабан. Во время работы комплекса, кабели и шланги подаются в забой от барабана, который автоматически разматывает и укладывает их в специальных каналах верхней части каждой транспортно-толкающей секции. В период обратного вытягивания става, барабан автоматически наматывает на себя все кабели и шланги.

Вся установка обслуживается командой, состоящей из 4-х человек: оператор машины, техник, разнорабочий и машинист погрузчика. Оператор находится в кабине управления, расположенной на высоте приблизительно 6 метров от земли, откуда он имеет полный обзор всего происходящего вокруг машины. Управляющий центр машины состоит из компьютеризированного контроллера модели «Siemens-545» с монитором и клавиатурой, который позволяет оператору выве-

сти на экран любое изображение. Используя клавиатуру, оператор может отрегулировать любое действие комплекса. Управляющий центр предупредит оператора о возможных неполадках в системе. Для специальных мер безопасности на комбайне установлены датчики наличия метана в забое.

Использование КГРП в США и России показало, что возможная производительность комплекса в зависимости от горно-геологических условий составляет от 500 до 1200 тыс.т/год. Отработка пластов с мощностью в диапазоне от 3,2 до 6,4 м возможна с использованием технологии слоевого выбуривания. Направление проведения добычной выработки осуществляется по отслеживанию положения кровли и почвы угольного пласта.

Для создаваемой метановой атмосферы в горных выработках и последующей откачки горючего газа необходимо сформировать завесу, препятствующую выходу газа в атмосферу, но позволяющую транспортировать на поверхность добываемый уголь. Существующие средства изоляции горных выработок путем возведения перемычек [13, 14] не позволяют перемещать горную массу через тело перемычки. Одним из вариантов, позволяющих поддерживать метановую атмосферу в горных выработках с возможностью транспортировать добываемый уголь, является создание пенных завес на пути движения груза. Практика показала, что пенные завесы позволяют изолировать действующие горные выработки от очагов самовозгорания, находящихся в выработанном пространстве [15, 16].

Одним из вариантов создания пенной завесы в горной выработке, предназначенной для транспортировки угля, является схема, приведенная на рис. 1.

Транспортирование горной массы из шахты на поверхность осуществляют через выработку, часть которой заполняют пеной. Причем пену подают под давлением, превышающем избыточное давление горючего газа в горной выработке. Производительность пеногенераторов должна обеспечивать заполнение всего свободного объема горной выработки. Газовой фазой подаваемой пены является инертный газ, например, азот, а создаваемая пенная завеса должна выдерживать избыточное давление горючего газа в горных выработках шахты.

Способ осуществляют следующим образом. В шахтах с интенсивным выделением горючих газов перед началом проходческих или очистных работ сооружают из горных выработок 1 выработку 2 на земную поверхность и устанавливают в ней устройство 3 для транспортирования горной массы, например, конвейер. Затем изолируют горные выработки от притока атмосферного воздуха и заполняют их инертным газом, например, азотом, до взрывобезопасных значений, а выработку 2

заполняют пеной установками, размещенными в камере 5 через скважины 6. Затем осуществляют очистные или проходческие работы, которые сопровождаются выделением горючих газов, например, метана.

После того, как за счет выделения горючих газов давление смеси газов в изолированном объеме превысит атмосферное давление на земной поверхности, начинают откачивать из изолированного объема шахты смесь горючих газов и инертного газа при условии поддержания избыточного давления газа в этом объеме. Откачка инертного газа и выделение горючего газа приводит к росту концентрации горючего газа в изолированном пеной объеме, которая достигает 100 %. Откачиваемый

горючий газ используют, например, для получения тепловой и электрической энергии. Сформированная таким образом метановая газовая среда неспособна гореть и взрываться из-за отсутствия кислорода.

Недостатком предложенной схемы транспортирования полезного ископаемого из выработок, заполненных метаном, является низкая эффективность из-за стекания пены и пенообразующей жидкости по наклонной выработке. При таком варианте пенной завесы необходимо постоянно готовить пенообразующую жидкость, теряемую при распаде пены. Существует и опасность осложнения горных работ из-за попадания пены в действующие горные выработки.

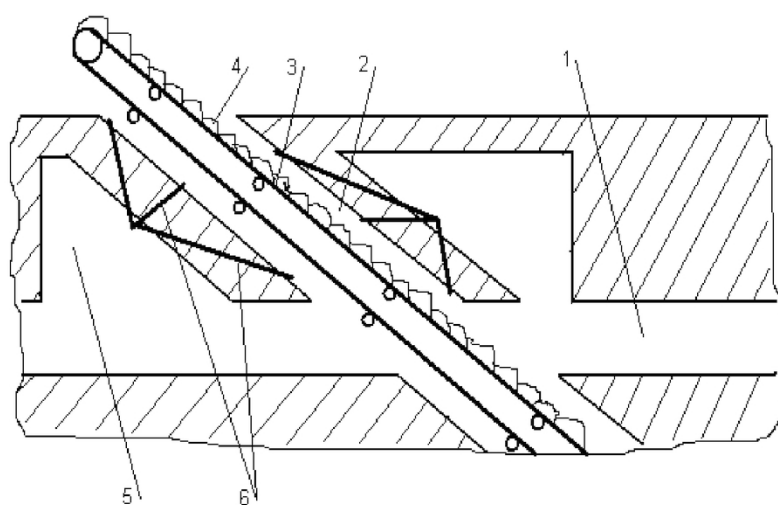


Рис. 1. Схема изоляции горных выработок, заполненных метаном, от атмосферы:
1 – выработка, заполненная метаном; 2 – выработка, выходящая на поверхность;
3 – конвейер для выдачи угля 4 на поверхность; 5 – камера, из которой подается пена;
6 – скважины, по которым подается пена

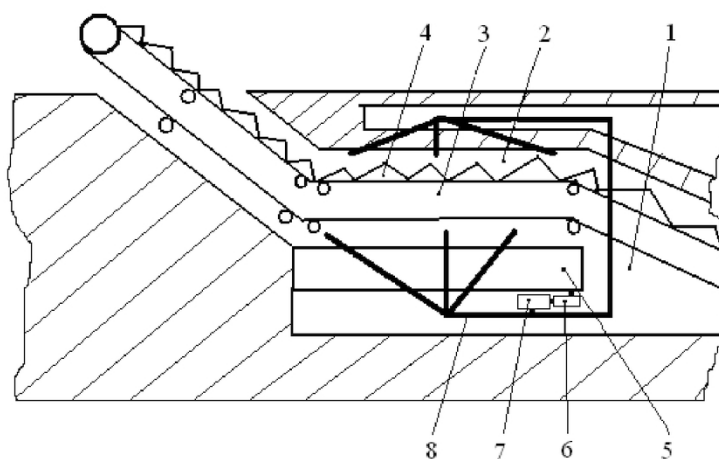


Рис.2. Схема транспортировки угля из заполненных метаном горных выработок:
1 – выработка, заполненная метаном; 2 – горизонтальный участок выработки 1;
3 – конвейер для выдачи угля 4 на поверхность; 5 – емкость для сбора пенообразующей жидкости; 6 – насос; 7 – пеногенератор; 8 – трубопровод для подачи пены

Для повышения эффективности схемы изоляции горных выработок, заполненных горючим газом, целесообразно в местах транспортирования горной массы из шахты на поверхность часть выработки, по которой выдается добываемое полезное ископаемое, располагать горизонтально. Причем под горизонтальным участком выработки помещают емкость для стекания пенообразующей жидкости из разрушающейся пены, а поступающую в емкость пенообразующую жидкость повторно используют для получения пены.

Подача пены в выработку, по которой горная масса транспортируется на поверхность, приводит к образованию пенной завесы, газовой фазой которой является азот. Пузырьки пены обволакивают транспортное устройство, например, конвейерную ленту с горной породой и препятствуют выходу горючего газа из горных выработок в атмосферный воздух. На горизонтальном участке выработки пенообразующая жидкость, выделяющаяся из распадающейся пены, поступает в установленную емкость, что предотвращает ее попа-

дание в действующие горные выработки. Выделившаяся из распавшейся пены пенообразующая жидкость откачивается из емкости насосом и подается в пеногенератор, где образуется инертная пена. Эта пена вновь подается на горизонтальный участок выработки, поддерживая пенную завесу, препятствующую попаданию горючего газа в атмосферу, а кислорода в заполненные метаном выработки.

На рис. 2 показана схема изоляции горных выработок с метановой атмосферой.

Применение предложенной схемы позволит избежать стекания пены и пенообразующей жидкости, образующейся при распаде пенной завесы, по наклонному каналу. Стеkanie жидкости в емкость позволяет предотвратить потери пенообразователя и воды, а также их попадания в действующие горные выработки. Повторное использование пенообразующей жидкости, стекающей из распавшейся пены, снизит расход пенообразователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырева, Е.Н. Некоторые особенности управления метанообильностью высокопроизводительного выемочного участка / Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич, Н.Ю. Назаров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011, № 9. – С. 322-325.
2. Пат. №2392442 С1 РФ, E21F 7/00 Способ дегазации отрабатываемого угольного пласта / Г.Я. Полевщиков, Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич; Заявлено 27.10.2008; Оpubл. 20.06.2010, Бюл. № 17; Приоритет 27.10.2008. – 8 с.: ил.
3. Полевщиков, Г.Я. Газокинетические особенности распада углеметана на конвейерном штреке выемочного участка / Г.Я. Полевщиков, М.В. Шинкевич, М.С. Плаксин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011, № 8. – С. 21-28.
4. Козырева, Е.Н. Особенности газогемеханических процессов на выемочном участке шахты / Е.Н.Козырева, М.В. Шинкевич / Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Научно-технический журнал. – Кемерово, 2010. – №2. – С. 28 – 35.
5. Шинкевич, М.В. Газовыделение из отрабатываемого пласта с учётом геомеханических процессов во вмещающем массиве / М.В. Шинкевич // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013, Отд. вып. № 6. – С. 278-285.
6. Каледина, Н.О. Управление газовыделением из выработанных пространств угольных шахт : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.26.01 / Моск. гос. горный ун-т. – Москва, 1995. – 33 с.
7. Портола В.А. Оценка концентрационных пределов взрывчатости угольной пыли. Вестник КузГТУ. – 2016. – № 5. – С. 16–21.
8. Портола В.А. О повышении эффективности извлечения метана из шахт при эксплуатации высокогазоносных пластов/В.А. Портола // Вестник КузГТУ, 2007. – № 3. – С. 10-12.
9. Портола В.А. О возможности обработки высокогазоносных угольных пластов во взрывобезопасной газовой среде/В.А.Портола//Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 12. – С. 53-57.
10. Пучков Л.А. Технология интенсивной обработки высокогазоносных пологих угольных пластов с применением автоматизированных комплексов оборудования и инертных сред/ Л.А. Пучков, Н.Н. Красюк, В.П. Мазикин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1994, № 5. – С. 3-13.
11. Пат. №2189448 С1 РФ, E21F 5/08 Способ создания в угольной шахте искусственной атмосферы / В.Д. Носенко, Е.Ф. Козловчунас; Заявлено 01.04.2001; Оpubл. 20.09.2022, Бюл. № 4.
12. Ивершина Г.Е. Открыто-подземная геотехнология освоения угольных месторождений с применением КГОП/Г.Е.Ивершина// Вестник КузГТУ, 2006. – № 3. – С. 3-7.
13. Скочинский А.А., Огиевский В.М. Рудничные пожары. – М.: Углетехиздат, 1954. – 387 с.
14. Быков Л.Н. Рудничные пожары. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 160 с.
15. Игишев В.Г., Портола В.А. Кратность пен, используемых при локализации и тушении эндогенных пожаров // Безопасность труда в промышленности. – 1983. – № 7. – С. 32.

16. Игишев В.Г. Борьба с самовозгоранием угля в шахтах. – М.: Недра, 1987. – 176 с.

REFERENCES

1. Kozyreva, E.N. Nekotorye osobennosti upravleniya metanoobil'nost'yu vy-sokoproizvoditel'nogo vyemochного uchastka / E.N. Kozyreva, M.V. SHinkevich, N.YU. Nazarov // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. – 2011, № 9. – S. 322- 325.
2. Pat. №2392442 S1 RF, E21F 7/00 Sposob degazacii otrabatyvaемого ugol'nogo plasta / G.YA. Polevshchikov, E.N. Kozyreva, M.V. SHinkevich; Zayavleno 27.10.2008; Opubl. 20.06.2010, Byul. № 17; Prioritet 27.10.2008. – 8 s.: il..
3. Polevshchikov, G.YA. Gazokineticheskie osobennosti raspada uglemetana na kon-vejernom shtreke vyemochного uchastke / G.YA. Polevshchikov, M.V. SHinkevich, M.S. Plak-sin // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. – 2011, № 8. – S. 21-28.
4. Kozyreva, E.N. Osobennosti gazogeomekhanicheskikh processov na vyemochном uchastke shahty / E.N.Kozyreva, M.V. SHinkevich / Vestnik nauchного centra po bezopas-nosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. Nauchno-tekhnicheskij zhurnal. – Kemerovo, 2010. – №2. – S. 28 – 35.
5. SHinkevich, M.V. Gazovydelenie iz otrabatyvaемого plasta s uchyotom geomeo-mekhanicheskikh processov vo vmeshchayuем massive / M.V. SHinkevich // Gornyj informa-cionno-analiticheskij byulleten'. – 2013, Otd. vyp. № 6. – S. 278-285.
6. Kaledina, N.O. Upravlenie gazovydeleniem iz vyrabotannyh prostranstv ugol'nyh shaht : avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk : 05.26.01 / Mosk. gos. gornyj un-t. – Moskva, 1995. – 33 s.
7. Portola V.A. Ocenka koncentracionnyh predelov vzryvchatosti ugol'noj pyli. Vestnik KuzGTU. – 2016. – № 5. – S. 16–21.
8. Portola V.A. O povyshenii ehffektivnosti izvlecheniya metana iz shaht pri ehkspluatácii vysokogazonosnyh plastov/V.A. Portola // Vestnik KuzGTU, 2007. – № 3. – S. 10-12.
9. Portola V.A. O vozmozhnosti otrabotki vysokogazonosnyh ugol'nyh plastov vo vzryvobezopasnoj gazovoj srede/V.A.Portola//Bezopasnost' truda v promyshlenno-sti. – 2007. – № 12. – S. 53-57.
10. Puchkov L.A. Tekhnologiya intensivnoj otrabotki vysokogazonosnyh pologih ugol'nyh plastov s primeneniem avtomatizirovannyh kompleksov oborudovaniya i inertnyh sred/ L.A. Puchkov, N.N. Krasjuk, V.P. Mazikin // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. – 1994, № 5. – S. 3-13.
11. Pat. №2189448 S1 RF, E21F 5/08 Sposob sozdaniya v ugol'noj shahte iskus-stvennoj atmosfery / V.D. Nosenko, E.F. Kozlovchunas; Zayavleno 01.04.2001; Opubl. 20.09.2022, Byul. № 4.
12. Ivershina G.E. Otkryto-podzemnaya geotekhnologiya osvoeniya ugol'nyh mesto-rozhdenij s primeneniem KGOP/G.E.Ivershina// Vestnik KuzGTU, 2006. – № 3. – S. 3-7.
13. Skochinskij A.A., Ogievskij V.M. Rudnichnye pozhary. – M.: Ugletekhizdat, 1954. – 387 s.
14. Bykov L.N. Rudnichnye pozhary. – M.: Gosgortekhzdat, 1963. – 160 s.
15. Igishev V.G., Portola V.A. Kratnost' pen, ispol'zuemyh pri lokalizacii i tushenii ehndogennyh pozharov // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 1983. – № 7. – S. 32.
16. Igishev V.G. Bor'ba s samovozgoraniem uglya v shahtah. – M.: Nedra, 1987. – 176 s.

Поступило в редакцию 28.02.2017
Received 28.02.2017