

Е. А. Воробьев¹, канд. техн. наук профессор, В. В. Чередников², канд. техн. наук,
В. Г. Заика¹

1 – Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ
«Донецкий национальный технический университет», г. Горловка;
2 – ПАО «Шахта им. А. Ф. Засядько»

УМЕНЬШЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОСФЕРЫ МЕТАНОМ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Проанализировано состояние запасов метана в угольных шахтах Украины и приведено его влияние на биосферу регионов. Рассмотрены пути решения добычи метана в подземных условиях и с поверхности путем бурения скважин с использованием гидродинамического и пневмогидравлического способов добычи газа. Рассмотрен опыт применения метана в условиях ПАО шахты им. А. Ф. Засядько.

Ключевые слова: метан, скважина, дегазация, гидродинамический способ, пневмогидродинамический способ, электроэнергия, выбросы метана

Введение

При обработке угольных месторождений выделяется в окружающую атмосферу большое количество газа – метана. Под действием выбросов метана в комплексе с другими веществами происходит изменение состава атмосферы, разрушение озонового слоя и создание условий для возникновения парникового эффекта. Кроме того, в связи с развитием горных работ в Украине, связанных с увеличением глубины разработки угольных пластов, увеличивается частота газодинамических явлений. За последние 26 лет произошло больше 2200 выбросов угля и газа, которые часто сопровождаются несчастными случаями.

Каждая тонна угля в зависимости от марочного состава содержит от 5 до 40 м³ метана. На шахтах Украины общие ресурсы метана в угле оцениваются в 1,2 трлн м³, а с учетом газа в породах, эта цифра достигает 25 трлн м³. Однако, представляя один из самых перспективных потенциальных источников энергии, метан сегодня является не только источником постоянной опасности для шахтеров, а также одним из крупнейших загрязнителей биосферы.

Использование шахтного метана дает серьезные экологические преимущества. В Украине копирование (улавливание и утилизация) шахтного метана может существенно сократить объемы его выделения в атмосферу угольных предприятий. Так, в среднем за год в результате работы шахт выделяется 1200 млн м³ метана. Из этого объема – около 357 млн м³ (29 %) копированного системами дегазации шахт и лишь 179 млн м³ было использовано. Таким образом, около 1042 млн м³ метана выброшено в атмосферу.

В связи с этим, проблема добычи и использования метана в промышленных целях и, тем самым, снижения его выброса в атмосферу, является актуальной.

Цель работы

Целью работы является анализ и исследование существующих методов добычи метана и рассмотрение опыта использования гидродинамического и пневмогидродинамических способов на угольных массивах шахт Украины промышленного получения метана и уменьшение загрязнения биосферы.

Решение задачи

В результате исследований и анализа различных способов воздействия на углепородный массив с целью добычи метана было установлено, что более эффективными и безопасными являются гидродинамические способы. К их числу относятся гидроразрыв, гидрорасчленение, кавитация и др.

© Воробьев Е. А., Чередников В. В., Заика В. Г., 2012

Наиболее простым, эффективным и экологически чистым способом попутной добычи газа углепородного массива в подземных выработках является способ гидродинамического воздействия, который успешно применяется при проведении ряда горных работ, как эффективный способ интенсификации газовыделения и снижения выбороопасности. Он заключается в создании на границе с угольным массивом знакопеременных нагрузок водой, заполняющей пробуренную в угольном массиве скважину, что приводит к частичному разрушению угля, разупрочнению его в зоне влияния скважины и интенсификации газовыделения. Это происходит благодаря созданию градиента давления, образующегося при обратной фильтрации воды в момент сброса давления в системе.

В подземных выработках гидродинамический способ используется для вскрытия выбороопасных угольных пластов, обработки пластов для дегазации с целью получения метана и снижения газодинамических явлений. Схема расположения оборудования в выработке показана на рисунке 1. В этой схеме использованы две высоконапорные насосные установки, которые служат для создания давления в скважине. Контроль давления в скважине осуществляется самопишущим манометром типа МТС-712 и манометром на пульте управления.

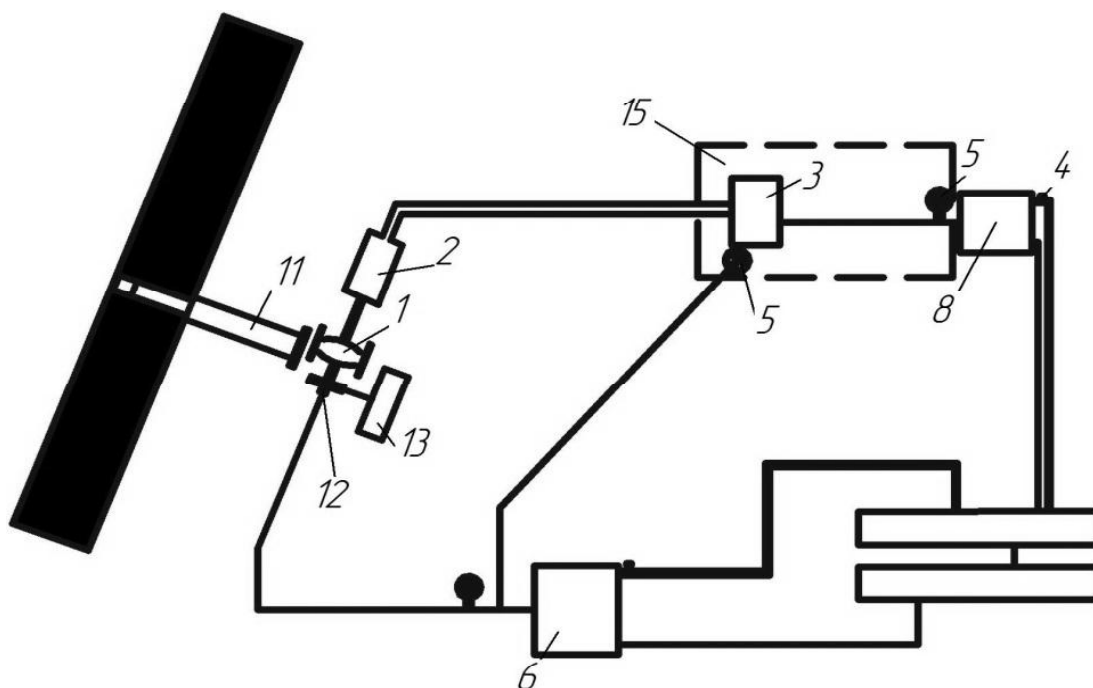


Рисунок 1 – Принципиальная схема расположения оборудования, приборов и высоконапорной арматуры:

- 1 – задвижка; 2 – механизм управления задвижкой; 3 – гидрораспределитель; 4 – вентиль;
5 – манометр; 6, 7 – насосы для подачи воды в скважину; 8 – насос для управления гидроцилиндром; 9 – обсадная труба технологической скважины; 10 – крестовина;
11, 12, 13 – клапанное устройство

Для осуществления пневмогидродинамического воздействия на угленосную толщу пород через скважину с целью интенсификации притока газа используется следующее оборудование (рисунок 1): масляный насос 50НР-32 для управления устройством гидродинамического воздействия, компрессор УКС-400, насосно-компрессорные трубы (НКТ) и устройство гидродинамического воздействия (УВГ).

Наличие высокопроизводительного компрессора высокого давления УКС-400 обеспечивает компенсацию незначительных утечек воздуха из системы (до 1,5 м³/мин) и достижение необходимого значения давления сжатого воздуха.

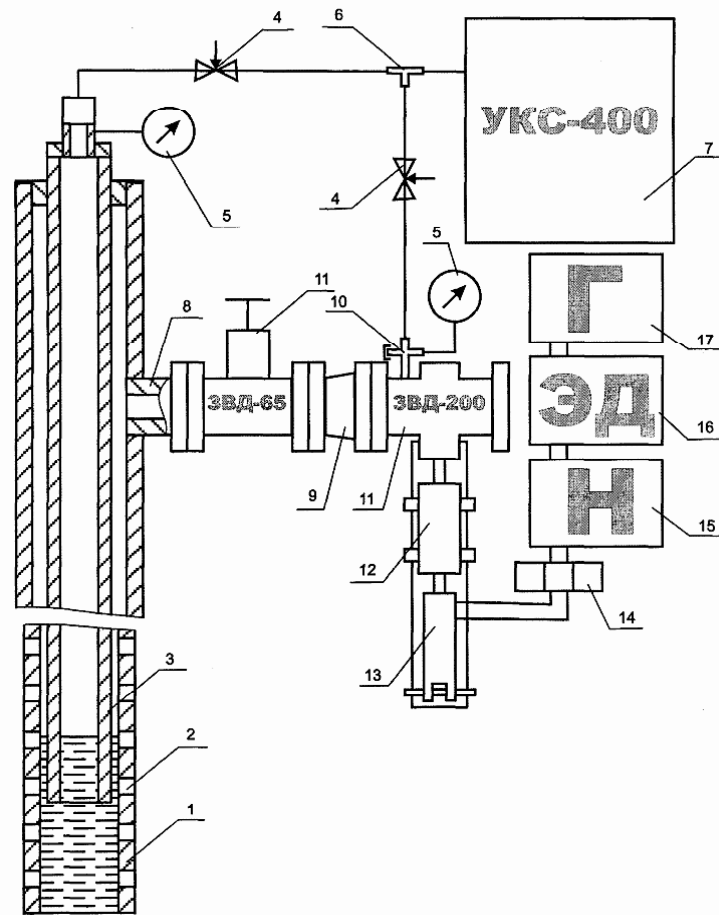


Рисунок 2 – Принципиальная схема расположения оборудования при выполнении пневмогидродинамического воздействия.

1 – обсадные трубы; 2 – перфорационные отверстия; 3 – НКТ; 4 – вентиль; 5 – манометр; 6 – тройник; 7 – компрессор; 8 – патрубок; 9 – переходник; 10 – тройник; 11 – задвижка высокого давления; 12 – пружинный механизм; 13 – гидроцилиндр; 14 – гидрораспределитель; 15 – насос; 16 – электродвигатель; 17 – генератор

Знакопеременное движение на границе «вода-массив» создается посредством действия сжатого воздуха на столб воды, заполняющей перфорированную часть скважины. Для этой цели используется то же устройство УВГ, что и для гидродинамического воздействия.

При пневмогидродинамическом воздействии подъем давления в межтрубном пространстве скважины и насосно-компрессорных трубах (НКТ) осуществляется путем нагнетания воздуха компрессором 7, а сброс давления – открытием скважины с помощью устройства гидродинамического воздействия (УВГ).

УВГ состоит из следующих составных частей: задвижки ЗВД-200-11; пружинного механизма – 12; гидроцилиндра – 13; пульта дистанционного управления – 14. Подаваемый компрессором сжатый воздух создает в скважине давление, необходимое для проникновения воды в прискважинную зону. Во время этой операции выпускное отверстие задвижки 11 закрыто, а шток с клиновым затвором полностью сдвинут в сторону задвижки. Давление сжатого воздуха в скважине выдерживается в течение времени, необходимого для фильтрации воды в массив на заданную глубину, после чего гидрораспределитель ПДУ переводится в положение, при котором шток гидроцилиндра перемещается и сжимает пружину 12, при этом клин задвижки 11 остается неподвижным за счет работы сил трения покоя. По мере движения штока, свободный ход тяги пружинного механизма выбирается и происходит перемещение корпуса пружинного механизма, приводящее к преодолению пружины сил тре-

ния покоя между клином и корпусом задвижки, при этом выпускное отверстие задвижки полностью открывается.

Давление в скважине падает, соответственно происходит обратная фильтрация жидкости из массива под действием градиента давления. Движущая жидкость выталкивает кольяматационные пробки и отмывает каналы и трещины прискважинной зоны, обеспечивая свободный выход газа из массива в скважину.

По окончании процесса обратной фильтрации шток гидрораспределителем переводится в положение, при котором задвижка закрывается и вся система возвращается в первоначальное положение.

Время открывания выпускного отверстия задвижки, не превышающее 0,5 с, позволяет создать на границе «вода-массив» градиент давления, необходимый для эффективной очистки прискважинной зоны от кольяматации.

Большой интерес представляет опыт работы по дегазации на ПАО шахты им. А. Ф. Засядько.

Для эффективного извлечения метана из очистных забоев на этой шахте, а также для увеличения скорости бурения дегазационных скважин, использовались буровые установки ТВА 84/1200 с целью обеспечения бурения по пласту вдоль очистного забоя длиной до 250 м впереди очистного забоя и разведочно-разгрузочных скважин длиной 25–50 м в подготовительных горных выработках в период их прохождения. Схема расположения скважин при текущей дегазации показана на рисунке 3.

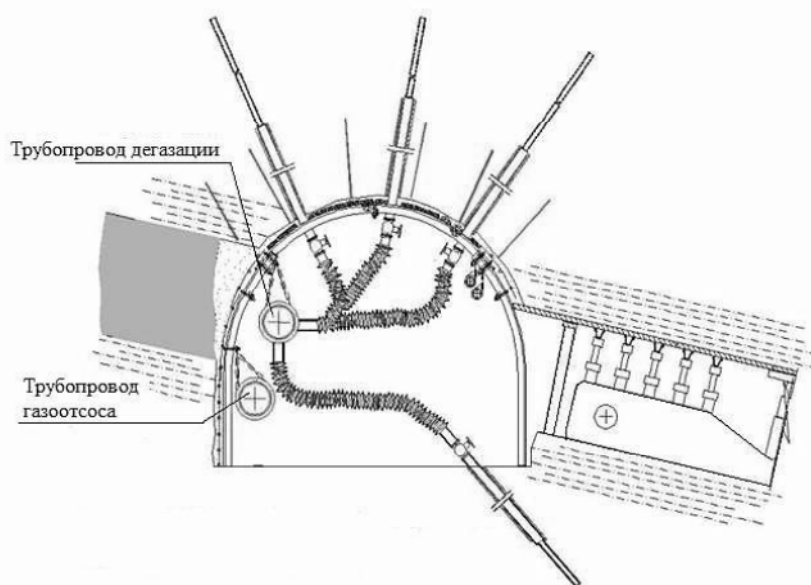


Рисунок 3 – Схема расположения скважин

Достигнуты следующие основные параметры подземных скважин для извлечения метана:

- диаметр скважин – 130 мм;
- количество пробуриваемых скважин в кусте – 4 шт.;
- расстояние между кустами – 20–25 м;
- ежемесячное бурение – 5–7 км скважин длиной до 300 м;
- длина герметизации – 15–20 м;
- эффективность подземной дегазации – до 60 %.

Схема расположения трубопроводов для дегазации и газоотсоса представлена на рисунке 4.

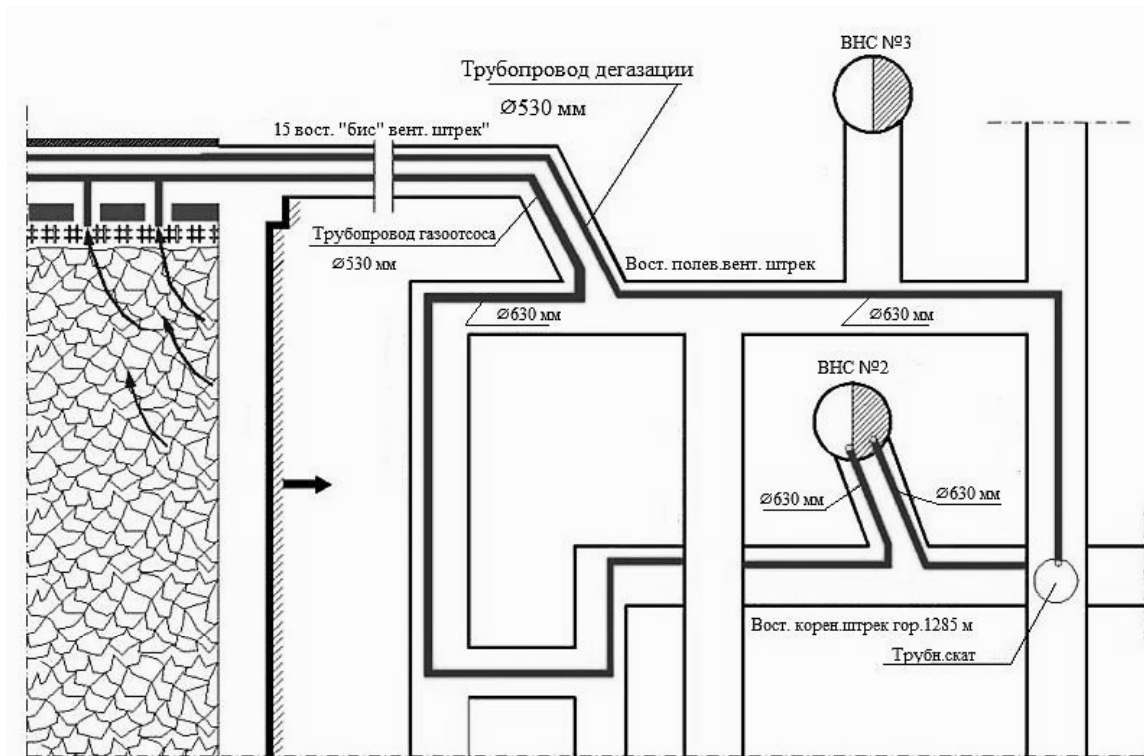


Рисунок 4 – Схема трубопроводов для дегазации и отсоса газов

Все трубопроводы в шахте от очистного забоя и до вентиляционного ствола оснащены огнеприградителями, задвижками и системами слива воды из трубопроводов как автоматическими, так и механическими.

Ведется постоянный контроль за состоянием и работой трубопроводов, дегазационных скважин.

Для контроля за параметрами работы дегазационных систем рудничной атмосферой используются немецкие переносные приборы EX-METER II.

Для контроля за расходом метановоздушной смеси используются механические приборы – одноштыревые LU-GA 300, 500 и 600.

Вакуум-насосные станции дополнительно оснащены приборами автоматического контроля «Газоанализатор AG 0012» и АКРД (аппаратурой контроля режима дегазации).

Совместно с подземным бурением ведется дегазация выработанного пространства скважинами, пробуренными с поверхности, которые имеют:

- конечный диаметр – 108–127 мм;
- длина перфорированной части скважины – 150–300 м;
- дебит скважины составляет более 2 млн м³ в год;
- расстояние между скважинами – до 300 м;
- эффективность составляет 5–15 % при глубине 1000 м;
- работа скважины – более 400 суток;
- дебит за сутки – 5,7 тыс. м³.

График дебита из скважин показан на рисунке 5.

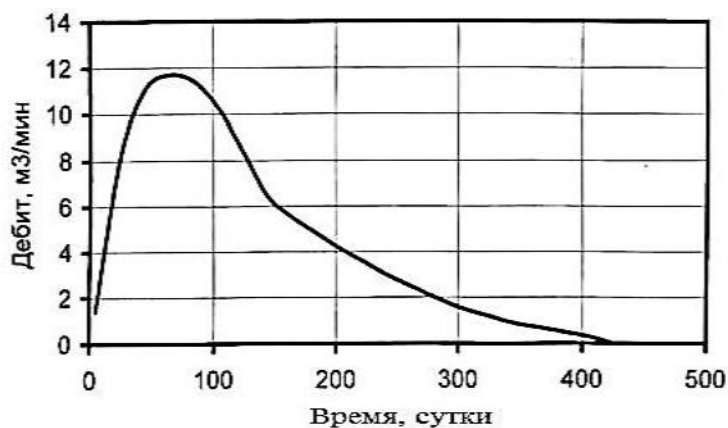


Рисунок 5 – Зависимость дебита из скважин от времени

Для осуществления воздействия на углепородный массив с целью добычи метана при бурении скважин с поверхности использовался пневмогидродинамический способ.

Для бурения скважин используются высокопроизводительные буровые станки производства NOV (США – Канада) грузоподъемностью 160 и 220 т на крюке (рисунок 6).



Рисунок 6 – Установка бурового станка

В результате добычи метана из подземных и поверхностных скважин были получены следующие показатели (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели добычи метана на ПАО «Шахта им. А. Ф. Засядько» в 2011 г.

Запасы CH ₄	19,0 млрд м ³
Выбросы CH ₄	72,1 млн м ³ в год
Из них контрированный	36,6 млн м ³ в год
Добыча угля	2 млн тонн
Абсолютное газовыделение	137 м ³ /мин
Относительное газовыделение	84 м ³ /т добытого угля

На этой шахте были получены следующие показатели (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели внедрения комплексной программы извлечения метана

Наименование	Концентрация контрируемого метана	Эффективность участковой дегазации, % от общей доли
Дегазация с поверхности	90÷98 %	5–10 %
Текущая дегазация скважинами над землей	25–60 %	30–50 %
Дегазация выработанного пространства	8–30 %	35–45 %

Добытый метан на шахте используется для заправки парка автомобилей, производства тепла котельными, выработки электроэнергии конгерационной электростанцией (КРЭС) и т. д. Утилизация метана за период с 2004 по 2011 г.:

- топливный газ – 235,3 млн м³;
- форкамерный газ – 9,6 млн м³;
- всего объем потребления метана КРЭС – 244,9 млн м³;
- объем потребления метана по проекту – 260 млн м³;
- выработано электроэнергии всего на КРЭС – 857 тыс. МВт·ч;
- выдано КРЭС (без собственных нужд КРЭС) – 826,6 тыс. МВт·ч;
- произведено тепла – 177,2 тыс. Гкал.

Выводы

1. Использование дегазации сокращает выброс метана, что значительно улучшает состояние окружающей среды вокруг шахты.
2. Проведение дегазации угольных пластов обеспечивает безопасность их отработки.
3. Метан используется для выработки тепла и электроэнергии, заправки автомобилей и т. д.
4. Получены положительные данные по использованию гидродинамического способа воздействия на угольный массив для дегазации и получения промышленного метана.

Список литературы

1. Воробьев Е. А. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля / Е. А. Воробьев, К. П. Калфанчиан, К. К. Софийский. – М.: Надра, 1994. – 191 с.
Vorobyov Ye. A. Netraditsionnyye sposoby predotvrashcheniya vybrosov i dobychi uglya (Non-traditional ways of prevention of emission and coal mining) / Ye. A. Vorobyov, K. P. Kalfanchiyan, K. K. Sofiyskiy. – М.: Nadra, 1994. – 191 s.
2. Воробйов Є. О. Напрямки поліпшення екологічних параметрів на території центрального району Донбасу / Є. О. Воробйов, М. О. Ніколенко // Вісті автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ. – Горлівка, 2007. – № 2 (7). – С. 117–129.
Vorobyov Ye. O. Napryamky polipshennya ekologichnykh parametriv na terytoriyi tsentralnogo rayonu Donbasu (The ways of ecological parameters improvement on the territory of Donbas central region) / Ye. O. Vorobyov, M. O. Nikolenko // Visti avtomobilno-dorozhnogo instytutu: naukovovo-vyrobnychy zbirnyk DVNZ «DonNTU» ADI. – Horlivka, 2007. – № 2 (7). – S. 117–129.
3. Айруни А. Т. Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах / А. Т. Айруни. – М.: Недра, 1981. – 335 с.
Ayruny A. T. Prognozirovaniye i predotvrashcheniye gazodinamicheskikh yavleniy v ugolnykh shakhtakh (Gas-dynamic effects forecasting and prevention in coal mines) / A. T. Ayruny. – М.: Nedra, 1981. – 335 s.

4. Забурдяев В. С. Дегазация угольных пластов с применением методов активации газовыделения / В. С. Забурдяев, И. В. Сергеев, А. В. Вилгитский. – М.: ЦНИЭИУголь, 1998. – 47 с.

Zaburdyayev V. S. Degazatsiya ugolnykh plastov s primeneniym metodov aktivizatsii gazovydeniya (Coal beds degassing using the methods of gas release activation) / V. S. Zaburdyayev, I. V. Sergeev, A. V. Vilgitskiy. – М.: TSNIIEugol, 1998. – 47 s.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. П. Висоцький, АДІ ДонНТУ.

Стаття надійшла до редакції 14.11.12

Є. О. Воробйов, В. В. Чередников, В. Г. Заїка
Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ

«Донецький національний технічний університет», м. Горлівка

Зменшення забруднення біосфери метаном на вугільних підприємствах

Наведено аналіз стану запасів метану у вугільних пластах шахт України та його вплив на біосферу. Проаналізовано різні технічні рішення щодо зменшення викидів метану. Виявлено, що найбільш ефективним є застосування гідродинамічного та пневмогідродинамічного способів впливу на вугільний масив. Наведено показники видобутку метану й показники впровадження комплексної програми вилучення метану.

МЕТАН, СВЕРДЛОВИНА, ДЕГАЗАЦІЯ, ГІДРОДИНАМІЧНИЙ СПОСІБ, ПНЕВМОГІДРОДИНАМІЧНИЙ СПОСІБ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ВИКИДИ МЕТАНУ

Ye. A. Vorobyov, V. V. Cherednikov, V. G. Zaika
Automobile Transport and Highway Engineering Institute of
Donetsk National Technical University, City of Gorlovka

Methane Pollution of Biosphere Abatement at the Coal Enterprises

The analysis of deposit status of methane in the coal beds of the mines of Ukraine and its impact on the environment is made. Due to the digging depth the quantity of gas-dynamic processes which are accompanied by coal and gas emissions increases. It causes the accidents to the workers and the material damages.

To abate methane emission to the atmosphere the various technical problems to be solved are analyzed. In this case the use of hydrodynamic and pneumatic-hydrodynamic methods to impact the unworked coal is more perspective. The scheme and the principle of operation of the in-seam working equipment are given. By the example of Lease Enterprise Mine named after A. F. Zasyadko the schemes of the pipelines position under underground conditions for degassing and gas-suction, and also hole position in mine working are given. The technical decision of the use of pneumatic-hydrodynamic method of methane recovery mechanism through the surface holes and the principle of its operation is given. The controlling methods of the characteristics of the degassing systems are also given.

By experience of the mine the characteristics of the underground holes for methane recovery and holes which are bottomed from the surface are given. The rig setting for these holes is shown.

The results on methane mining from the underground and surface holes and the results on the implementation of the comprehensive program of methane recovery in the mine are given.

The information about the use of methane in the mine and the extent of its production over a period from 2004 to 2011 is given.

METHANE, HOLE, DEGASSING, HYDRODYNAMIC METHOD, PNEUMO-HYDRODYNAMIC METHOD, ELECTRIC POWER, METHANE EMISSIONS