

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-5-101-105

УДК 550.423

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОНДИЦИОННЫХ
МЕТАНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**PROMISING AREAS OF CONDITIONAL METHANE-AIR MIXTURES
EXTRACTION BY DEGASSING OF COAL DEPOSITS**

Мазаник Евгений Васильевич¹,

кандидат техн. наук

Mazanik Evgeny V.¹, C.Sc. (Engineering)

Могилева Елена Михайловна¹,

начальник отдела

Mogileva Elena M.¹, Head of Department

Коликов Константин Сергеевич^{1,2},

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

Kolikov Konstantin S.², Dr. Sc., Professor

¹ АО «СУЭК-Кузбасс» 652507, РФ, Кемеровская обл., г. Ленинск-Кузнецкий, ул.Васильева д.1

¹ JSC "SUEK-Kuzbass", Vasilyeva St., 1., Leninsk-Kuznetsky, Kemerovo region, 652507, Russian Federation

² Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119991 г. Москва Ленинский проспект д.4

² National research technological University "MISIS", Leninsky Prospekt 4, Moscow, 119991, Russian Federation

Аннотация. Обоснована актуальность совершенствования способов дегазации при подземной добыче угля. Выделены основные проблемы использования дегазационных метановоздушных смесей, которое обеспечивает снижение выбросов парниковых газов и энергоемкости угледобычи. На основе анализа способов дегазации и с учетом тенденций развития технологии отработки выделены способы, перспективные с точки зрения извлечения кондиционных смесей, что обеспечивает условия их эффективной утилизации.

Abstract. The urgency of improved methods of degassing during underground coal mining is justified. The basic problems of the use of degassing methane-air mixtures, which ensure the reduction of greenhouse gas emissions and energy intensity of coal mining, are shown. Based on the analysis of degassing methods and taking into account the trends in development of mining technologies, the methods were highlighted which are promising in terms of extraction of the standard mixtures providing the conditions for their efficient utilization.

Ключевые слова: газообильность, дегазация, утилизация, проблемы, эффективность, перспективы

Keywords: gas content, degassing, recycling, problems, efficiency, prospects

Прогноз суммарного потребления первичной энергии предполагает значительный рост к 2050 г. прежде всего за счет развивающихся стран, особенно Китая, Индии и других стран Азии. По первым трем сценариям («Инерционный», «Дорогие энергоресурсы» и «Устойчивое развитие») потребление к 2050 г. возрастает почти в 3 раза, достигая 30 млрд. т н.э., а по четвертому («Стабилизация концентрации») – более чем в 3,6 раза [1]. Рост добычи угля прогнозируется по всем сценариям развития мирового производства и потребления энергоресурсов до 2025 г., причем по ряду сценариев значительно увеличивается и его доля в энергобалансе. Только по четвертому сценарию производство первичной энергии угольной гене-

рации к 2050 г. сокращается более чем в два раза, однако данный сценарий реализуется при условии кардинального роста ядерной энергии (почти в 30 раз) и более интенсивном использовании нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Так, если по первым трем сценариям производство энергии НВИЭ возрастает в 10-12 раз, достигая 2,6-3,1 млрд. т н.э., то по четвертому – почти в 25 раз, достигая практически 6 млрд. т н.э. Таким образом угольная отрасль имеет хорошие перспективы развития. Следует отметить, что негативные для угольной отрасли последствия последнего сценария если не полностью, то во многом, на наш взгляд могут быть компенсированы развитием технологий глубокой переработки угля

и экологизацией технологий добычи угля и выработки электроэнергии угольной генерации.

Долгосрочная программа развития угольной отрасли предусматривает дальнейшее повышение нагрузок на очистные забои, что приводит к значительному росту газовыделения. Неотъемлемым элементом технологии угледобычи стала дегазация, причем не только на сверхкатегорийных шахтах, но и на шахтах III, и даже II категории. Так на шахте «Котинская» (ОАО «СУЭК-Кузбасс») при отработке лавы 5208 с нагрузкой 16 тыс.т/сут газообильность добычного участка достигала 80 м³/мин и более. Газоносность пласта 52 не превышала 10 м³/т, вентиляцией удалялось не более 10 м³/мин [2].

Одной из основных проблем угольной отрасли является возрастающая диспропорция между темпами ведения очистных и подготовительных работ. Причиной этого является то, что при практически полном отсутствии дегазации подготовительных выработок, эффективность дегазации очистных работ достаточно устойчива и при комплексных схемах достигает 60-80%, но в основном определяется эффективностью дегазации выработанного пространства. При этом объемы применения и эффективность дегазации разрабатываемых пластов остается на крайне низком уровне. Это приводит к необходимости совершенствования существующих и разработке новых способов дегазации.

Значительные ресурсы метана, содержащегося в угленосных отложениях, и развитие технологий интенсификации газовыделения позволяют рассматривать газоносные угольные месторождения как углегазовые. По своему компонентному составу газ, содержащийся в угольных пластах на глубинах более 400 м, как правило, соответствует природному газу, с содержанием метана 95-99%, однако аэродинамическая связь с атмосферой горных выработок приводит к значительным изменениям концентрации метана в извлекаемом газе. В зависимости от условий извлечения газа, определяющих компонентный состав газа, выделяют не-

сколько групп метановоздушных смесей (табл. 1).

Следует отметить, что концентрация метана в первой группе может теоретически достигать 0,75%, т.к. именно эта концентрация допускается «Правилами безопасности в угольных шахтах». Важность этого уточнения определяется тем, что австралийскими специалистами обоснована энергетическая целесообразность утилизации вентиляционного метана при его концентрации в смесях более 0,6%.

Дополнительную группу составляют метановоздушные смеси, извлекаемые при изолированном отводе метана трубопроводами или газодренажными выработками, в которых допускается концентрация метана до 3,5%.

В отношении второй группы («метан действующих шахт») необходимо отметить, что дегазационными сетями в нашей стране часто выдается газ с концентрацией метана менее 25%, а верхний предел может значительно превышать 60%. Так, например, при дегазации разгруженных углепородных массивов на шахтах Воркутского месторождения концентрация метана достигает 80 и более процентов.

К третьей группе целесообразно отнести и метановоздушные смеси, извлекаемые из старых выработанных пространств действующих шахт, когда влияние атмосферы горных выработок минимально, что обеспечивает достаточно стабильный компонентный состав. Именно стабильность компонентного состава газа третьей группы обеспечивает его эффективное использование во многих странах.

Постоянное ухудшение горногеологических условий отработки и интенсификация ведения горных работ определяют тенденцию повышения метанообильности угледобычи, высокую актуальность проблемы метанобезопасности и, как следствие, увеличение потенциала шахтного метана, который необходимо использовать.

Решение данной проблемы возможно при реализации концепция обеспечения метанобезопасности угольных шахт, разработанной специали-

Таблица 1

Наименование	Концентрация метана
«VAM»-Ventilation Air Methane - Метан исходящей вентиляционной струи	менее 0,5%
«CSM»-Coal Seam Methane - Метан из действующих шахт	25-60%
«CMM»-Coal Mine Methane - Метан из закрытых угольных шахт	60-80%
«CBM»-Coal Bed Methane - Метан из неразгруженных угольных пластов	более 95%

стами Московского государственного горного университета [3]. Основной её принцип – попутное извлечение метана на всех стадиях освоения угольного месторождения.

Можно выделить три стадии извлечения метана, отличающиеся напряжённо-деформированным состоянием углепородного массива и влиянием атмосферы горных выработок на компонентный состав газа:

1. период проектирования и строительства шахты, которому соответствует естественное напряженно-деформированное состояние пласта и отсутствует влияние атмосферы горных выработок на компонентный состав газа;

2. период эксплуатации шахты, при котором происходит разгрузка углепородного массива, обеспечивающая повышение его проницаемости на 3-4 порядка и, как следствие, интенсивное газовыделение, при активном массообмене с атмосферой горных выработок;

3. период ликвидации шахты (участка шахты), который характеризуется восстановлением горного давления и незначительным массообменом атмосферы выработанного пространства и горных выработок.

На первой стадии может быть использована технология заблаговременной дегазационной подготовки, использовавшаяся на шахтах Карагандинского и Донецкого бассейнов [4-7]. В настоящее время на шахтах России она не нашла применения, однако с ростом нагрузок и глубины она будет востребована, особенно в условиях выбросоопасных пластов [8]. При этом извлекаемый газ имеет природный состав, т.е. концентрация метана стабильна, что обеспечивает его эффективное использование. Так на скважинах заблаговременной дегазации Карагандинского бассейна концентрация метана составляет 95-98% и основной проблемой при использовании является низкий дебит скважин (как правило, менее 0,7 м³/мин) и рассредоточенность источников, т.к. расстояние между скважинами составляет порядка 250-300 м.

На третьей стадии извлечение осуществляется либо вертикальными скважинами с поверхности, либо фланговыми скважинами из подземных выработок, обеспечивая извлечение газа с достаточно стабильным компонентным составом, что и обеспечивает его эффективное использование.

Основные проблемы использования метано-воздушных смесей связаны со второй стадией, на которой используются различные способы дегазации как угольных пластов, так и выработанного пространства.

В условиях интерес представляет анализ способов дегазации, как по требованиям метанобезопасности, так и потребителей шахтного метана. Анализируя состояние и перспективы дегазационных работ, следует выделить две группы определяющих факторов:

- горно-технологические,

- организационно-технические.

Первая группа в основном обусловлена постоянным увеличением глубины ведения горных работ и, как правило, ростом газоносности и горного давления, которое приводит к снижению проницаемости угольных пластов, а также уровнем взаимосвязи элементов дегазационной системы с атмосферой выработок.

Основными способами дегазации добычных участков являются:

- дегазация выработанного пространства скважинами, пробуренными с поверхности;
- дегазация выработанного пространства и спутников скважинами, пробуренными их подготовительных выработок;
- предварительная пластовая дегазация;
- барьерная дегазация.

Следует отметить, что при дегазации выработанного пространства, его влияние на газовыделение в лаву уменьшается с увеличением расстояния до лавы. Это объясняется тем, что значительную долю извлекаемого ими метана составляет метан, выделяющийся из пластов, пропластков и слоев пород, удаленных от разрабатываемого пласта. В обычных условиях метан из указанных источников не проникает в выработанное пространство или выделяется в небольших количествах.

Вертикальные скважины увеличивают извлечение метана из подработанных пластов и пород в 1,5 – 2 раза, т.е. являются не столько дегазирующими, сколько метанодобывающими. Другой недостаток способа – высокая стоимость пробуренных с поверхности вертикальных скважин. На глубинах более 400 м стоимость бурения скважины существенно зависит от ее диаметра, а на глубинах более 600 м значительно увеличивается и аварийность скважин.

Эффективность работы скважин во многом определяется правильным выбором параметров их заложения (расстояние от забоя скважины до вентиляционного штрека, расстояние между скважинами, величина рабочей зоны скважин) и режимом работы (разрежение на устье скважины). С увеличением глубины дебит и объем извлечения этих скважин снижается в результате более быстрого восстановления горного давления.

Перспективы данного способа связаны с переходом на использование скважин сложного профиля [9], рабочая часть которых располагается непосредственно за границей зоны полных сдвижений боковых пород и по касательной к направлению перемещения разрушенных блоков, но в пределах зоны разгрузки. Данный подход обеспечивает перспективы и для дегазации выработанного пространства и спутников скважинами, пробуренными их подготовительных выработок, особенно при применении длинных направленных скважин.

В условиях высокопроизводительных лав снижается эффективность предварительной дегаза-

ции, которая определяется газопроницаемостью угольных пластов, сеткой заложения скважин и продолжительностью их эксплуатации. Выходом в этом случае является применение способов воздействия на угольные пласты, обеспечивающие повышение проницаемости угольного пласта. Причем воздействие может осуществляться как из подземных выработок, так и с поверхности. Например, значительно повысить эффективность пластовой дегазации удалось на шахтах Карагандинского бассейна при комплексном способе, где пластовые скважины были использованы в зонах гидрорасчленения. Коэффициент интенсификации газовыделения на глубинах 400-500 м при этом составил 3 – 7, а концентрация метана изменилась от 21 до 90 % и среднем составляла 48%, что выше, чем у обычных пластовых скважин [10-12]. На шахте им. С.М. Кирова в настоящее время интенсификация газовыделения в пластовые скважины осуществляется гидровоздействием из подземных выработок [13-15].

Необходимо отметить, что на практике часто наблюдается значительное повышение доли кондиционного газа в случае перехода к утилизации. Определяется это тем, что без утилизации определяющим является только один критерий – газообильность участка и, следовательно, максимальный съем газа средствами дегазации. При утилизации концентрация метана должна быть не менее

25 %, т.е. добавляется еще один критерий оценки функционирования дегазационной сети.

Большое влияние на компонентный состав смеси оказывает качество выполнения дегазационных работ. Основными составляющими этого фактора являются качество герметизации скважин и герметичность дегазационного става. Устранение подсосов по ставу, достигающих 60 – 70 %, позволяет значительно повысить концентрацию метана. Отключение отдельных элементов с низкой концентрацией метана, как правило, незначительно влияет на суммарный съем, но существенно повышает концентрацию метана.

Критический анализ способов дегазации с учетом требований утилизации позволяет подойти к конструированию технологических схем извлечения кондиционного метана.

Таким образом, в современных условиях перспективными являются те способы дегазации, которые обеспечивают и высокую эффективность дегазации и извлечение газа с высокой концентрацией метана. Для разрабатываемых пластов таким является предварительная дегазация в зонах подземного гидроразрыва или гидрорасчленения через скважины с поверхности. При дегазации выработанного пространства этим требованиям отвечают скважины, которые сооружаются с учетом зоны полных сдвижений вмещающих пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глобальная энергетика и устойчивое развитие (Белая книга). – М.: Изд-во МЦУЭР. 2009. – 374 с.
2. Сластунов С.В., Коликов К.С., Ермак Г.П., Ютяев Е.П. Решение проблемы безопасности угледобычи в долгосрочной программе развития отрасли// горный журнал. 2015. №4. С. 46-49.
3. Концепция обеспечения метанобезопасности угольных шахт России на 2006-2010 гг. /Пучков Л.А., Сластунов С.В., Каледина Н.О. и др. -М., изд-во МГГУ, 2006. – 18 с.
4. Сластунов С. В., Каркашадзе Г. Г., Ютяев Е. П., Мазаник Е. В. Подготовка газоносного угольного пласта к безопасной отработке// Горный журнал, 2016, №10, С.88-91.
5. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С. Извлечение метана из угольных пластов. М., изд-во МГГУ, 2002, - 383 с.
6. Васючков Ю.Ф. Физико-химические способы дегазации угольных пластов. – М.; Недра, 1986.– 255 с.
7. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. – М: Недра, 1979. - 271с.
8. Сластунов С.В., Каркашадзе Г.Г., Лупий Г.М. Влияние газоносности, горного давления и пластового давления метана на выбросопасность угольного пласта. ГИАБ, отдельный выпуск 11, «Метан», 2009, с.37-44.
9. Ярунин С.А., Диколенько Е.Я., Пережилов А.Е., Лукаш А.С. Технология гидродинамического воздействия на газовыбросоопасный углепородный массив через скважины с профилем пространственного типа. –М.: ПолиМедиа, 1996. –430с.
10. Нефедов П.П., Красюк Н.Н. Интенсивное комплексное освоение газоносных угольных месторождений. - Караганда, 1996, -245 с.
11. Шмидт М.В. Снижение эмиссии парниковых газов при метанобезопасной разработке углегазовых месторождений с энергетическим использованием метана. Дисс. ... докт. техн. наук. М.: МГГУ. 2005. -363 с.
12. Королева В.Н. Извлечение и утилизация шахтного метана. -М., МГГУ, 2004. -281с.
13. Коршунов Г.И., Серегин А.С., Садов А.П., Комиссаров И.А. Дегазация угольных пластов на основе циклического гидродинамического воздействия// Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) 2014. – ОВ №3. – С.29-33.
14. Сластунов С.В., Ютяев Е.П., Мазаник Е.В., Садов А.П. Повышение эффективности пластовой

дегазации на основе гидроразрыва угольных пластов / Международная научно-практическая конференция, посвященная 110-летию горного факультета «Горное дело в XXI веке: Технология, наука, образование» // Тезисы докладов. 28-29.10.2015. – С-Пб., НМСУ «Горный». – 2015. – С. 104.

15. Слостун С.В., Мазаник Е.В., Садов А.П., Понизов А.В. Углубление пластовой дегазации на основе усовершенствованной технологии подземного гидроразрыва. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 9. – С. 296-303.

REFERENCES

1. Global'naja jenergetika i ustojchivoe razvitie (Belaja kniga). – М.: Изд-во МСУЖР. 2009. – 374 с.
2. Slastunov S.V., Kolikov K.S., Ermak G.P., Jutjaev E.P. Reshenie problemy bezopasnosti ugledo-bychi v dolgosrochnoj programme razvitija otrasli// gornyj zhurnal. 2015. №4. S. 46-49.
3. Konceptija obespechenija metanobezopasnosti ugot'nyh shaht Rossii na 2006-2010 gg. /Puchkov L.A., Slastunov S.V., Kaledina N.O. i dr. -М., изд-во МГГУ, 2006. – 18 с.
4. Slastunov S. V., Karkashadze G. G., Jutjaev E. P., Mazanik E. V. Podgotovka gazonosnogo ugot'nogo plasta k bezopasnoj otrabotke// Gornyj zhurnal, 2016, №10, S.88-91.
5. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Kolikov K.S. Izvlechenie metana iz ugot'nyh plastov. М., изд-во МГГУ, 2002, - 383 с.
6. Vasjuchkov Ju.F. Fiziko-himicheskie sposoby degazacii ugot'nyh plastov. – М.; Nedra, 1986.– 255 с.
7. Nozhkin N.V. Zablagovremennaja degazacija ugot'nyh mestorozhdenij. – М: Nedra, 1979. - 271с.
8. Slastunov S.V., Karkashadze G.G., Lupij G.M. Vlijanie gazonosnosti, gornogo davlenija i pla-stovogo davlenija metana na vybrosopasnost' ugot'nogo plasta. GIAB, otдел'nyj vypusk 11, «Metan», 2009, s.37-44.
9. Jarunin S.A., Dikolenko E.Ja., Perezhilov A.E., Lukash A.S. Tehnologija gidrodinamicheskogo voz-dejstvija na gazovybrosopasnyj ugleporodnyj massiv cherez skvazhiny s profilem prostranstvennogo tipa. –М.: PoliMedia, 1996. –430с.
10. Nefedov P.P., Krasjuk N.N. Intensivnoe kompleksnoe osvoenie gazonosnyh ugot'nyh mestorozh-denij. - Karaganda, 1996, -245 с.
11. Shmidt M.V. Snizhenie jemissii parnikovyh gazov pri metanobezopasnoj razrabotke uglegazov-vyh mes-torozhdenij s jenergeticheskim ispol'zovaniem metana. Diss. ... dokt. tehn. nauk. М.: МГГУ. 2005. -363 с.
12. Koroleva V.N. Izvlechenie i utilizacija shahtnogo metana. -М., МГГУ, 2004. -281с.
13. Korshunov G.I., Seregin A.S., Sadov A.P., Komissarov I.A. Degazacija ugot'nyh plastov na os-nove ci-klicheskogo gidrodinamicheskogo vozdejstvija// Gornyj informacionno-analiticheskij 'bjulle-ten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal) 2014. – ОV №3. – S.29-33.
14. Slastunov S.V., Jutjaev E.P., Mazanik E.V., Sadov A.P. Povyshenie jeffektivnosti plastovoj de-gazacii na osnove gidrorazryva ugot'nyh plastov / Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferen-cija, posvjash-hennaja 110-letiju gornogo fakul'teta «Gornoe delo v HHI veke: Tehnologija, nauka, obrazo-vanie» // Tezisy dokladov. 28-29.10.2015. – S-Pb., NMSU «Gornyj». – 2015. – S. 104.
15. Slastunov S.V., Mazanik E.V., Sadov A.P., Ponizov A.V. Uglublenie plastovoj degazacii na os-nove usovershenstvovannoj tehnologii podzemnogo gidrorazryva. // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno tehnicheskij zhurnal). – 2016. – № 9. – S. 296-303.

Поступило в редакцию 12.10.2017
Received 12.10.2017