

УДК 622

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРЕРАБОТКИ ШАХТОВОГО МЕТАНА

Букреева В.Д., студент гр. ГБб-241, I курс

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Метан является одним из наиболее опасных парниковых газов, входит в состав природного газа и является побочным продуктом добычи угля и нефти. В России значительная часть метана сжигается или выбрасывается в воздух. В угольной промышленности Кузбасса за год выделяется более 2 млрд. м³ метана. Кроме того, метан играет основную роль в составе биогаза, который образуется метаногенными археями как в природных, так и в искусственных условиях, таких как болота и свалки твердых бытовых отходов. В последнее время проблема утилизации метана стала более актуальной из-за ограничений на выбросы углекислого газа, возникающего при сжигании попутного газа, а также из-за разработки сланцевого газа [1].

Метан представляет серьезную угрозу из-за нескольких ключевых аспектов:

Высокая взрывоопасность является определяющей характеристикой этого газа. Даже незначительная концентрация в сочетании с искрой может вызвать мощный взрыв. В зонах, где возможно скопление метана, строго запрещено курение и использование открытого огня. Тем не менее, несчастные случаи, связанные с взрывами метана, к сожалению, все еще происходят.

Помимо риска взрывов, метан может вызывать отравления. Вдыхание больших объемов приводит к кислородному голоданию, головокружению и головной боли. Увеличение концентрации вызывает учащенное сердцебиение, слабость, тошноту, покраснение кожи. В тяжелых случаях возможны обмороки, судороги и смерть.

Отсутствие запаха у чистого метана затрудняет его обнаружение. Характерный запах, который мы ощущаем, создается искусственными добавками, повышающими безопасность использования газа.

В шахтах, где отдушки не применяются, для обнаружения метана используются традиционные методы. Например, шахтеры в прошлом брали с собой канареек. Прекращение пения или гибель птицы служили сигналом об опасной концентрации метана [1].



Рис.1 Шахтер в забое с канарейкой

В шахтах метан накапливается в пустотах между породами, в основном под потолком выработок, и может образовывать взрывоопасные смеси с воздухом. Для возникновения взрыва требуется концентрация метана в атмосфере шахты от 5 до 16 %; наиболее опасной считается концентрация в 9,5 %. Если уровень метана превышает 16 %, он просто горит, не вызывая взрыва (при наличии кислорода). При концентрации от 5 до 6 % метан также горит, если рядом есть источник тепла. Если в воздухе присутствует взвешенная угольная пыль, то взрыв может произойти даже при концентрации ниже 4-5%.

Каждый год в результате метановых взрывов в угольных шахтах различных стран теряют жизнь сотни шахтеров. Согласно статистике за последние 15 лет, на каждые десять миллионов тонн добываемого угля приходится более двух погибших шахтеров. Каждый инцидент забирает минимум несколько жизней, при этом на спасение оставшихся под завалами работников тратится значительное количество сил и ресурсов, а также выплачиваются миллионы рублей компенсации семьям жертв. Поэтому разработка и внедрение технических средств, которые могут снизить риск гибели шахтеров при метановых взрывах, становится крайне важной задачей [2].

Некоторые факты и данные о происшествиях на шахтах Кузбасса из-за метановых взрывов:

Шахта имени Шевякова, 1 декабря 1992 года - серия взрывов метана и угольной пыли, погибли 25 человек.

На шахте «Ульяновская», 19 марта 2007 года, произошел взрыв метана и угольной пыли, в результате которого погибло 110 человек.

Шахта «Юбилейная», 24 мая 2007 года - вспышка метановоздушной смеси, погибло 38 человек, ещё один скончался в кемеровской больнице.

«Распадская», май 2010 года - два взрыва метана, погиб 91 человек, ещё около 100 получили ранения.

Шахта «Листвянская», 25 ноября 2021 года - авария, погибли 52 человека, включая шестерых горноспасателей.

По данным на 2021 год, говорилось, что с 2011 года особо крупных аварий с человеческими жертвами не было.

Для мониторинга уровня метана в шахтах работники используют разные устройства, которые обеспечивают плановый и оперативный контроль.

Плановый контроль выполняется путем забора проб воздуха из горных

выработок с последующим лабораторным анализом. Этот подход позволяет определить полный состав газов в шахтном воздухе с высокой точностью. Однако процесс получения результатов может занять значительное время 0- от 3 до 24 часов после отбора проб.



Рис. 2. Портативный хроматограф для определения метана в шахте

Оперативный контроль осуществляется с помощью автоматических приборов, работающих непрерывно, и портативных устройств для эпизодической проверки. Преимущества такого контроля заключаются в том, что он позволяет мгновенно определять уровень вредных газов непосредственно в месте измерения. Однако каждое отдельное измерение фиксирует содержание только одного газа, и, как правило, с меньшей точностью по сравнению с лабораторным анализом.

Некоторые из приборов, применяемых для мониторинга метана, включают шахтные интерферометры. Например, модели ШИ-10 и ШИ-11 могут определять уровень метана (CH_4) и углекислого газа (CO_2) в диапазоне от 0 до 6 % по объему, в то время как ШИ-12 предназначен для измерений высоких концентраций метана, достигающих 100 % [2].

Сигнализаторы метана, встроенные в головные светильники шахтёров. Такие приборы мобильны, постоянно находятся с горняком и проводят исследование шахтной атмосферы на содержание метана на пути передвижения и в районе работы каждого шахтера.



Рис.1 Шахтный головной светильник со встроенным сигнализатором метана

В настоящее время целью исследований является проведение литературного обзора и выявление самого эффективного способа переработки метана. В дальнейшем планируется проведение лабораторных исследований совместно с ФИЦ УУХ СО РАН [3].

Несколько причин заняться переработкой метана из угольных шахт.

1. Финансовая выгода.

Использование шахтного метана позволит уменьшить затраты на добычу угля в шахтах на 3-4% в зависимости от условий. Кроме того, это приведет к увеличению прибыли угледобывающих компаний на каждую единицу продукции и снизит расход топлива для внутренних нужд [4].

2. Увеличение безопасности труда шахтёров.

Эффективное внедрение проектов по извлечению угольного метана создаст новые рабочие места и частично обеспечит потребности угольных регионов в газе как для производства, так и для быта.

3. Улучшение экологической ситуации.

Предотвращение выбросов метана из вентиляционных систем шахт в атмосферу поможет уменьшить количество аварий на угольных шахтах и значительно улучшит экологическую ситуацию благодаря снижению выбросов парниковых газов.

4. Возможности для химической промышленности.

Метан, выделяющийся в шахтах, является сырьём для производства таких веществ, как сажа, водород, аммиак, метanol, ацетилен, азотная кислота, формалин и различных производных, которые служат основой для создания пластиков и искусственного волокна [4].

Исследования метаболизма мета-нотрофов, группы аэробных бактерий, которые используют метан как источник углерода и энергии, стали весьма популярными. Цель этих исследований заключается в разработке новых биотехнологий для биосинтеза целевых продуктов, предназначенных для хозяйственных и медицинских нужд, таких как биодобавки, биополимеры, биопротекторы, новые виды биотоплива и экологически чистые препараты, а также биоаналитических агентов, таких как ферменты [4].

Микробный синтез является одним из многообещающих способов производства белковых веществ. Главным преимуществом этого метода является значительно большая скорость наращивания биомассы микроорганизмов по сравнению с растениями и животными. Микробы могут развиваться в 500 раз быстрее, чем самые продуктивные сельскохозяйственные культуры, и в 1000-5000 раз быстрее, чем самые быстрорастущие сельскохозяйственные животные.

Основную часть белковых продуктов микробного происхождения получают в виде микробной массы, которая получается в процессе роста микроорганизмов на разнообразных источниках сырья, содержащих углерод и другие необходимые элементы. Для получения микробной массы используют бактерии, которые в определенных условиях могут накапливать до 60-70 % белка от своей общей массы [5].

Одной из экспериментальных задач является определение оптимального состава газовой смеси, в которой могут развиваться микроорганизмы. Для их роста применяется смесь газа с метаном и кислородом. Эти микроорганизмы способны развиваться как в условиях крайне низкой концентрации метана (от 0,01 до 0,0001 % объема), так и при высоких (свыше 70 % объема). Однако при низких концентрациях их рост оказывается ограниченным, в то время как при высоких – наблюдается недостаточное потребление метана.

Введение углекислого газа в количествах от 3 до 10 % способствует лучшему развитию бактерий, использующих метан как единственный источник углерода. Также необходимо добавить в питательную среду микроэлементы и соли.

Биомасса бактерий, развивающихся на метане, представляет собой продукт с высоким содержанием белка и витаминов, включая все незаменимые аминокислоты. Кроме того, в её состав входят углеводы, липиды и минеральные соли. По своему аминокислотному составу и содержанию витаминов, биомасса метанотрофов сопоставима с дрожжами, рыбной и соевой мукой, а также сухим молоком [5].

Использование метана для производства белка бактериями-метанотрофами имеет преимущества в транспортировке по сравнению с жидкими углеводородами. Это также один из способов решения проблемы утилизации метана, выделяющегося на угольных шахтах и свалках твердых бытовых отходов, что в свою очередь оказывает положительное воздействие на экологию, способствуя сокращению «парникового эффекта».

Список литературы:

1. Боровков Ю.А, Дрободенко В.П., Ребриков Д.Н. Основы горного дела. Издательский центр «Академия»; «Академия-Медиа», 2012. 432 с.
2. Астафьев, Ю. П. Горное дело [Текст] / Ю. П. Астафьев. - М. : Недра, 2009. - 354 с.
3. Никитенко С.М. Микробиологические аспекты дегазации угольных шахт» / С.М. Никитенко, Игнатова А.Ю., Овсянникова В.С., Клишин В.И. // Уголь. – 2024. – S11. – С. 91-95.
4. Пучков Л.А., Ярунин С.А., Красюк Н.Н. Дегазация и добыча метана угольных месторождений. -Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), №1. - М.: Изд-во МГУ.- 1995.
5. Грачева И.М. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и жиров / И.М. Грачева, И.Н. Гаврилова, Л.А. Иванова. - М.: Пищевая промышленность, 1980.