

УДК: 622.817.47

А. В. Ремезов, А. И. Жаров

## ГАЗ МЕТАН – ОСНОВА ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ

Сегодня подземная разработка угольных месторождений осложняется, наряду с другими факторами, ростом газообильности пластов и вмещающих пород, что сдерживает добычу угля, повышает его себестоимость, создает угрозу безопасности труда шахтеров.

Технические возможности созданных и внедренных добывочных и проходческих комплексов не используется на полную производительность из-за все возрастающего газовыделения и необходимости соблюдения жестких норм проветривания.

В угольных пластах и вмещающих их породах заключены огромные запасы ценнейшего углеводородного сырья – практически чистого метана. Извлеченный из недр до ведения горных работ метан частично используется и, в дальнейшем, будет использоваться не только как топливный ресурс, но и как химико-технологическое сырье. Последнее позволит решить еще один актуальный вопрос горного производства – обеспечение экологически чистой комплексной безотходной технологии угледобычи.

В странах СНГ доля используемого метана не превышает 10 % от извлекаемого средствами дегазации. За рубежом этот показатель по ряду районов достигает 80-90 %. По оценкам ряда специалистов, на территории СНГ запасы метана в угленосной толще в 5-7 раз превышают запасы природного газа и оцениваются в 100-150 трлн. м<sup>3</sup>.

Месторождения РФ располагают крупнейшими в мире запасами каменного угля и заключенным в них метана. Количество метана, заключенное в недрах основных угольных бассейнов России, составляет 33-77 трлн. м<sup>3</sup>, в том числе в Кузбассе 13-25 трлн. м<sup>3</sup>. В Кузбассе содержится метана в угольных пластах 6,5 трлн. м<sup>3</sup>, в угольных пропластках 0,7 трлн. м<sup>3</sup> и во вмещающих породах 19,5 трлн. м<sup>3</sup> метана. Всего метана 25 трлн. м<sup>3</sup>.

Следовательно, основные угольные бассейны необходимо рассматривать как углегазовые и предусматривать при их освоении добычу не только угля, но и метана.

Главной особенностью метана угольных пластов является его чистота – отсутствие агрессивных примесей, что выгодно отличает его от газа нефтяных, газоконденсаторных и газовых месторождений, так как угли являются природным фильтром, очищающим метан от примесей.

Метан угольных месторождений вследствие своей исключительной чистоты может быть исходным продуктом для получения хлористого метилена и его производных (хлороформа, четыреххлористого углерода), аммиака, ацетилена, водорода, метанола, азотной кислоты, формалина и т.д.

В настоящее время шахтный метан может

быть использован в следующих процессах.

- Сжигание в шахтных котельных (с концентрацией не менее 30%).

- При послоеевом сжигании возможна добавка 2% метановоздушной смеси.

- Сжигание в передвижных парогенераторных установках с концентрацией метана 9,5 %.

- Получение метанола путем неполного окисления шахтного газа воздухом при повышенной температуре и под давлением при концентрации метана в смеси 85-98%.

- Сжигание в газотурбинных установках с концентрацией метана в смеси на входе в установку 1,6%.

- Получение моторного топлива путем компримирования метана до давления 25 МПа при концентрации метана в смеси более 95 %.

- Синтез белка - CH<sub>4</sub> легких фракций (газ должен быть стерильным).

- Утилизация метановоздушных смесей с содержанием метана более 6% в двигателях внутреннего сгорания для производства электроэнергии.

- Перевод шахтного газа в твердое состояние (газовый гидрат) в широком диапазоне концентрации метана в газовой смеси.

В настоящее время в угледобывающей промышленности мира сложились четыре технологии добычи метана, определяемые по международной классификации как:

"VAM" - Ventilation Air Methane. Метан исходящей вентиляционной струи с концентрацией в воздухе менее 1 %.

"CSM" - Coal Seam methane. Метан из угольных пластов действующих шахт, концентрация 25-60%.

"CMM" - Coal Bed Methane. Метан из закрытых угольных шахт, концентрация 60-80%.

"CBM" - Coal Bed Methane. Метан из неразруженных угольных пластов, извлекаемый с помощью скважин, пробуренных с поверхности, концентрация более 95%.

Наиболее значимые результаты в технологии извлечения и использования метана из вентиляционной струи достигнуты в Австралии. На практике реализована технология получения электричества из исходящей вентиляционной струи, в результате сжигания низко концентрированного метана в каталитических горелках, и получен первый коммерческий результат. Вентиляционная струя угольной шахты расходом 255000 м<sup>3</sup>/час может дать приблизительно 5 МВт электричества.

Наилучшие результаты технологии извлечения и использования шахтного метана из пластов действующих и закрытых шахт получены в Гер-

*Уровень утилизации шахтного метана, извлекаемого системами дегазации*

| Показатель                                    | Страна |       |          |                |        |
|---|--------|-------|----------|----------------|--------|
|   | Польша | Чехия | Германия | Великобритания | Россия |
| Дегазировано метана, млн. м <sup>3</sup> /год | 241    | 210   | 650      | 500            | 480    |
| Процент утилизации, %                         | 85     | 95    | 70       | 50             | 8,5    |

мании. Разработаны и эксплуатируются энергетические установки, преобразующие энергию метана в тепло и электричество. Сокращение эмиссии эквивалента углекислого газа составляет примерно 130 тыс. т в год. В настоящее время в Германии электрическая мощность за счет реализации проектов получения электричества из шахтного метана превышает 120 МВт.

Мировым лидером в извлечении метана по технологии "СВМ", предусматривающей бурение скважин с земной поверхности в нераэзруженные угольные пласты, является США. Там, начиная с 80-ых годов прошлого века, осуществляют широкомасштабную добычу метана из угольных пластов. Объем добычи угольного метана в США составляет порядка 40 млрд м<sup>3</sup>/год. Скважины функционируют в течение 10-15 лет. Работы ведутся в бассейнах Сан Хуан, Паудер Ривер.

В зарубежных технологиях (США, Австралия) дегазации угольных пластов большое внимание уделяется совершенствованию технике бурения криволинейных скважин, начиная с дневной поверхности и горизонтальным окончанием ствола и разветвлениями внутри угольного пласта. Отмечается, что при длине горизонтального участка до 300 метров дебит метана из криволинейных скважин в 10 раз больше, чем из вертикальных скважин, однако их себестоимость в 2 раза больше.

При решении проблемы утилизации метана, выделяющегося при работе шахты, технология извлечения должна соответствовать стадии разработки месторождения.

1. До начала строительства шахты, должна осуществляться заблаговременная дегазация. Этот этап обеспечивает извлечение примерно 15-25% от общего объема метана. Газ извлекается с помощью скважин, пробуренных с поверхности, расположение скважин не привязывается к раскройке шахтного поля. Концентрация метана, извлекаемого таким образом, близка к 100%.

2. Предварительная дегазация. Проводится в период работы шахты. Скважинами, пробуренными с вентиляционного или конвейерного штрека, производится извлечение метана из выемочных столбов. Кроме того, с поверхности бурятся скважины для извлечения газа из выработанного пространства и подрабатываемого угленосный массив. Может обеспечить извлечение метана 1020% от общего объема метановыделения. При разгрузке массива дебиты скважин возрастают в десятки раз, но при этом увеличиваются подсосы воздуха из горных выработок, и концентрация газа снижается.

3. Во время работы шахты должно работать

две параллельные системы извлечения метана: система вентиляции и дегазация (сопутствующая). По объему выносимого из шахты газа эти источники в лучшем случае равнозначны. Для шахт России на сегодняшний день вентиляцией удаляется не менее 70% метана. При максимально допустимых на сегодняшний день показателях эффективности дегазации эта система может обеспечить извлечение 5-25% от общего объема метановыделения. Соответственно вентиляцией удаляется 95-75%.

Таким образом, максимальное количество метана удаляется с вентиляционной струей. Но с точки зрения использования он наименее пригоден. Это связано с низкой концентрацией метана в вентиляционной струе (0,75%).

В период затухания работ и закрытия шахты основным источником метана становятся старые выработанные пространства, в которых остается значительное количество метана. Стоит отметить, что извлечение метана из старых выработанных пространств можно производить не только после закрытия, но и во время работы шахты. По ориентировочным подсчетам, объемы метана в выработанных пространствах в 2-3 раза превышают объем газа, выделившегося при добыче. Основное средство извлечения метана - скважины с поверхности (любой пространственной ориентации).

В некоторых странах проблеме утилизации шахтного метана уделяется серьезное внимание. В Германии используется до 90%, а в Чехии и Польше до 68% от капитируемого метана. В США 15 фирм занимается промышленной добычей метана из угольных пластов и оценивает рентабельность этой добычи выше рентабельности добычи угля. Следует отметить, что существующий в угольных бассейнах стран СНГ уровень утилизации метана недостаточен.

По ориентировочным подсчетам, в угольных шахтах всего мира при добыче угля ежегодно выделяется 25-28 млрд. м<sup>3</sup> метана.

Метан является высокоценным сырьем для энергетики и промышленной химии. При существующих уровнях дегазации использование метана обеспечивает значительный экономический эффект. Так, на шахтах «Воркутауголь» использование метана в котельных в объеме 30-35 млн. м<sup>3</sup>/год (20-25% от общего объема) позволяет сэкономить до 50 тыс. тонн угля. Существенный эффект даст также использование шахтного метана в химической промышленности, на автозаправочных станциях и в других целях.

Экономически целесообразно производства из метана таких химических продуктов, как окта-

микс, ацетилен, метанол, альдегиды, техническая сажа, моторное топливо.

Использование метановоздушной смеси в Кузнецком угольном бассейне.

В настоящее время ведущие угледобывающие компании России, такие как СУЭК, СДС, БЕЛОН и другие планируют широко применять технологию извлечения и использования шахтного метана. Рассмотрим это на примере действующего проекта компании «СУЭК-Кузбасс».

За период с 2005 по 2009 годы на шахтах компании «СУЭК-Кузбасс» для увеличения нагрузки на очистные забои в условиях высокой газоносности угольных пластов, наряду с традиционными методами управления газовыделением (комбинированные способы проветривания), стали применяться различные виды дегазации.

На ряде выемочных участков шахт применяется комплексная дегазация - на шахте им. С. М. Кирова, ш. Комсомолец, ш. Котинская. Эффективность способа достигается тем, что удаление метана ведется из всех возможных источников его выделения: из угольного пласта, из выработанного пространства; из вмещающих пород.

Применение таких методов позволило повысить нагрузку на очистные забои до 15-20 тыс. т в сутки, при этом только повысив безопасность ведения горных работ.

В рамках проекта по широкому использованию дегазированного метана включены 4 шахты: имени С. М. Кирова, Полясаевская, Октябрьская, Комсомолец.

Планируемое общее сокращение эмиссии парниковых газов в течение первого отчетного периода 2008-2012 гг. по проекту составит 6-7 млн. тонн  $\text{CO}_2$  эквивалента за счет использования шахтного метана для выработки тепло- и электроэнергии в блочно-модульных котельных и когенерационных установках, а также в экологических факельных установках по сжиганию метана.

На шахте имени С. М. Кирова начата реализация проекта и построены стационарная вакуум-насосная станция, смонтирована факельная установка для сжигания метана, газовое оборудование для перевода котельной на совместное сжигание угля и газа, приобретена и смонтирована контейнерная теплоэлектростанция.

Стабильная работа ТЭС на шахтном газе воз-

можна при постоянной концентрации метана 30%.

Таким образом извлекаемый метан используется для производства тепла, электроэнергии, а так же часть его сжигается, превращаясь в  $\text{CO}_2$ .

Кроме того, на шахте «Чертинская-Коксовая» компании «Белон» дегазированный газ используется для сжигания в котельной. На шахте «Абашевская» метан используется при совместном сжигании метана и угля в котельной.

Техническая возможность и экономическая целесообразность использования кондиционного шахтного газа подтверждены практикой. Опыт работы промышленных котельных в Кузбассе, Воркуте, Караганде и Донбассе показывает, что энергетическое использование шахтного метана позволяет получить существенный экологический и экономический эффект.

Сумма выплат за загрязнение атмосферы выбросами метана составляет 98% от суммы всех выплат предприятия за загрязнение окружающей среды. Ориентировочно, предприятия компании «СУЭК» выбрасывают 200 тыс. т  $\text{CH}_4$  в год. Сумма выплаты за загрязнение атмосферы составляет 50 рублей за тонну  $\text{CH}_4$ . Соответственно, компания выплачивает 10 млн. рублей в год за загрязнение атмосферы. Извлечение и утилизация метана снизит выплаты предприятий за загрязнение атмосферы, а торговля эмиссионными сертификатами позволит получить прибыль.

Шахтный метан является ценным химическим сырьем. Его целесообразно использовать, не только для выработки электро- и тепловой энергии, но и для нужд химической промышленности. Что является экономически более рентабельным процессом.

Таким образом, применение эффективных способов дегазации и вентиляции позволит повысить безопасность труда шахтеров, позволит повысить эффективность и экономичность отработки угольных месторождений (повысить нагрузку на очистной забой и темпы проведения подготовительных выработок), улучшит экологическую обстановку, позволит комплексно использовать полезное ископаемое. Сокращение выбросов метана снизит выплаты предприятий за загрязнение атмосферы, а торговля эмиссионными сертификатами позволит получить дополнительную прибыль.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков, Л. А. Извлечение метана из угольных пластов / Л. А. Пучков, С. В. Сластунов, К. С. Коликов. – М. : МГГУ, 2002 г.
2. Глазов, Р. А. Комплексное освоение метаноносных угольных месторождений Кузнецкого бассейна / Р. А. Глазов, А. Т. Айруни, К. А. Ефремов; Москва, 1991 год
3. Пучков, Л. А. Динамика метана в выработанных пространствах шахт / Л. А. Пучков, И. О. Каледина. – М. : МГГУ, 1995
4. Пучков, Л. А. Оценка ресурсов метана на горных отводах перспективных шахт России. – М. : МГГУ. – Горный информационно-аналитический бюллетень, 2005 г.
5. Сластунов, С. В. Некоторые аспекты углеметановой проблематики по материалам международного симпозиума «Coal Methane 2004 / С. В. Сластунов, И. Каркашадзе. – М. : МГГУ. – Горный информационно-аналитический бюллетень, 2005 г.

5. Бакхаус, К. Состояние и перспективы эмиссионных проектов с шахтным газом в странах СНГ / К. Бакхаус, В. А. Безфлюг, С. Хоппе // Глюкауф. – май №1(2). – 2010  
 6. Безфлюг, В. А. Оценка эффективности ТЭС на шахтном газе / Глюкауф. – 2007. – август № 3

□Авторы статьи:

|   |   |
|---|---|
| Ремезов<br>Анатолий Владимирович,<br>докт. техн. наук, профессор<br>каф. разработки месторождений<br>полезных ископаемых подземным<br>способом КузГТУ.<br>Email: <a href="mailto:rav.rmp@kuzstu.ru">rav.rmp@kuzstu.ru</a> | Жаров<br>Александр Иванович,<br>докт. техн. наук, профессор<br>Беловского филиала КузГТУ<br>Email: <a href="mailto:belovokuzgty@mail.ru">belovokuzgty@mail.ru</a> |
|---|---|

УДК: 622.7

А. В. Ремезов, А. И. Жаров

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ

В настоящее время компания «СУЭК-Кузбасс» добывает 27,5 миллионов тонн угля в год. Работают обогатительные фабрики на шахтах им. Кирова с мощностью 3100 тыс. т/год, «Полысаевская» с мощностью 2000 тыс. т/год, «Комсомолец» - 2300 тыс. т/год. Уголь экспортируется в страны ближнего и дальнего зарубежья, часть реализуется в России. Однако стоит вопрос о более эффективном его использовании. Не только обогащать его, но и производить его глубокую переработку - прибыль от реализации тонны переработанного угля по сравнению с продажей необогащенного угля повышается на 60 %.

В марте 2007 года Администрация Кемеровской области утвердила новую инновационную программу развития Кузбасса не только как сырьевого, но и как перерабатывающего региона. В Кузбассе создается технопарк для разработки и внедрения нетрадиционных технологий добычи и глубокой переработки минерального сырья.

Современные методы переработки угля аналогичны технологиям, применяемым для нефти и газа, которые в различных фазах являются теми же углеводородами. По оценке специалистов, синтетическое топливо, полученное из угля с использованием новых технологий и оборудования, будет сопоставимо по цене с топливом, полученным из нефтепродуктов, и биотопливом.

В процессе глубокой переработки угля можно получить газ, дизельное топливо, бензин, этанол, метanol и сопутствующие химические продукты.

Целесообразно рассмотреть опыт разработки проекта по созданию комплекса глубокой переработки угля ООО «Угольная компания «Заречная».

Компания получила право на пользование недрами с целью разведки и добычи каменного угля на участке «Серафимовский» Ушаковского каменноугольного месторождения, расположенного в Промышленновском районе области. Ближайшие промышленные центры — г. Кемерово и Ленинск-Кузнецкий (соответственно 50 и 35 км).

На участке планируется строительство шахты с объемом добычи 8 млн. т угля в год и обогати-

тельной фабрики с соответствующей мощностью переработки. Прогнозные запасы в предварительных границах горного отвода - в пределах 1 млрд. т. По шахте «Серафимовская» проектируется к отработке восемь пластов с геологической мощностью 1,5 - 6,3 м.

На базе шахты планируется создание комплекса по глубокой переработке угля с целью получения электрической и тепловой энергии, широкого спектра химических продуктов и стройматериалов, с полным использованием отходов углеобогащения и низкокачественных углей.

Сырьевой базой для реализации проекта будут служить угли как строящейся шахты «Серафимовская», так и действующих шахт «Заречная» и «Александровская».

### I производственный поток:

Переработка 2,4 млн. тонн угольного отсева класса 0-2 мм рядового угля, с зольностью от 20% до 40% методом газификации в потоке (технология Shell) и получением:

¾ 3,5 млрд. синтез-газа;

¾ 440 тыс. тонн гранулированного песка для стройиндустрии.

2 млрд. м<sup>3</sup> синтез-газа направляется на производство 800 тыс. тонн метанола. При этом побочно выделяется 92 млн. м<sup>3</sup> чистого водорода и 75 МВт теплоэнергии.

1,5 млрд. м<sup>3</sup> синтез-газа направляется на ТЭЦ для производства 2,2 млрд. кВт·час электроэнергии.

### II производственный поток:

Переработка 2,2 млн. тонн концентратов угля зольностью (A=9%) термохимпереработкой, с получением:

¾ 380 тыс. тонн ореха для ферросплавов или бытового (каминного) топлива;

¾ 1070 тыс. тонн бездымного топлива, как для коммунальных котельных, так и производства синтез-газа (метод/Лугри).

Суммарное производство синтез-газа по данному производству 2150 млн. м<sup>3</sup> в год, с учетом которого при прямом восстановлении железа мо-