



**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
И СОЦИАЛЬНЫЙ СОВЕТ**

Distr.
GENERAL

ENERGY/GE.1/2003/4
5 September 2003

RUSSIAN
Original: ENGLISH

ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

КОМИТЕТ ПО УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Специальная группа экспертов по роли
угля в устойчивом развитии

Шестая сессия, 17-18 (первая половина дня) ноября 2003 года

ВВЕДЕНИЕ В ГЛОБАЛЬНУЮ ИНДУСТРИЮ ШАХТНОГО МЕТАНА

(Документ подготовлен совместно с Агентством по охране окружающей среды США
и Центром по проблемам смягчения изменения климата^{*})

I. ВВЕДЕНИЕ

1. В течение многих лет наличие метана в угольных пластах и окружающих породах, также известный как метан угольных пластов или шахтный метан, рассматривалось как отрицательное явление. В горнодобывающей индустрии считалось, что метан вызывает много технических проблем и представляет опасность для жизни шахтеров, оборудования и горных работ, сдерживая в то же время увеличение производительности забоев. В секторе разведки и добычи природного газа метан угольных пластов (МУП) представлял собой "нетрадиционный газовый ресурс", освоение которого связано

^{*} Авторами настоящего документа являются Кларк Толкингтон, руководитель группы, программа по освоению ресурсов метана угольных пластов, Агентство по охране окружающей среды США, Вашингтон, ОК.; тел. +1 (202) 564 8969, факс: +1 (202) 565 2134, адрес электронной почты: talkington.clark@epa.gov/ Web: www.epa.gov/coalbed и Карл Х. Шульц, управляющий директор, Центр по проблемам смягчения изменения климата (ЦПСК), Лондон, тел./факс: +44 (0) 207 354 3595/ адрес электронной почты: climateschultz@yahoo.co.uk.

с трудностями и большими затратами. Ряд стран располагают значительными запасами газа, однако низкая проницаемость и уникальные параметры газовых коллекторов, характерные для многих углепородных массивов, создают дополнительные проблемы, решить которые на основе использования затратоэффективных методов пока не удалось.

2. Даже в условиях этих имеющихся трудностей первые попытки сбора МУП и шахтного метана (ШМ) были предприняты еще в XVIII веке, когда один британский ученый провел в угольный пласт металлическую трубу и получил метан для использования в своей лаборатории. Эта "скважина", по мнению некоторых специалистов, ознаменовала собой рождение современной метановой отрасли. К началу XX века в ряде европейских стран начали применяться методы каптации метана из угольных шахт, и именно горнодобывающая индустрия стала предшественником современной отрасли МУП/ШМ. В 50-х и 60-х годах извлечение метана началось также и в других странах. На сегодняшний день многие страны проявляют интерес к этому важному ресурсу, который может найти применение в ряде таких областей, как закачка в газовые трубопроводы, освещение, использование в качестве топлива в котельных и выработка электроэнергии.

3. Технический прогресс, благоприятная государственная политика, обеспокоенность в отношении климатических изменений, рост цен на топливо и расширение передачи технологии и сотрудничества совместно способствовали росту добычи этого ценного ресурса. На сегодняшний день МУП и ШМ более не считают технически проблемными факторами или ресурсами, освоение которых связано с чрезмерно высокими издержками, а рассматривают как экономически рентабельные сырьевые товары, позволяющие получить доход или добиться снижения затрат при осуществлении проектов. Помимо экономических выгод на уровне проектов, добыча метана сулит другие важные выгоды: от сокращения эмиссии парниковых газов до улучшения безопасности и повышения производительности труда. Во многих развитых странах и странах с переходной экономикой добыча и утилизация этих ресурсов составляет основу для значительного экономического и социального развития, тем самым создавая дополнительные выгоды.

II. МЕТАН УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ И ШАХТНЫЙ МЕТАН

4. МУП образуется при углефикации - в процессе, в ходе которого растительная масса преобразуется в уголь. Органические остатки накапливаются в болотах по мере умирания растений и гниения растительной массы. Со временем на сгнившее органическое вещество наслаиваются осадочные отложения. С ростом мощности перекрывающих осадочных горизонтов растет температура. Это приводит к физическим и химическим изменениям в органической массе, в результате которых образуется уголь и выделяется

метан, двуокись углерода, азот и вода. С ростом температуры и давления увеличивается содержание углерода или сорт угля. Как правило, чем больше глубина залегания и/или выше сортность угольного пласта, тем выше его метаноносность. В целом метан самопроизвольно не выделяется из угольных пластов в атмосферу, кроме как в случае бурения скважин, под воздействием эрозии или в результате вскрытия пластов горными выработками.

5. Шахтным метаном называют метан угольных пластов, выделяющийся при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Поэтому ШМ представляет собой вид МУП. В газовом балансе Соединенных Штатов МУП составляет около 8% (44 млрд. м³) от общего ежегодного объема добычи природного газа. На ШМ приходится 3% от общего объема добычи МУП, что составляет около 1,1 млрд. м³ (US EPA 2003). Крайне важно проводить различие между МУП и ШМ. При выделении в атмосферу ШМ является парниковым газом (ПГ).

6. Присутствие метана в земной атмосфере влияет на температурный и климатический режим планеты. В силу своей химической активности метан косвенно вызывает глобальное потепление, поскольку в атмосфере он вступает в химические реакции, которые определяют не только период существования метана в атмосфере, но также в определенной степени влияют на атмосферную концентрацию тропосферного озона и водяного пара, которые также являются ПГ. С учетом этого прямого и опосредованного воздействия метан является важным фактором, вызывающим глобальное изменение климата, и на его долю приходится 18% глобальных эмиссий ПГ, при этом по своему эффекту он уступает лишь двуокиси углерода (CO₂). За столетний период метан способен удерживать тепла в атмосфере в 21 раз больше, чем CO₂.

7. Угольные шахты являются одним из основных антропогенных источников эмиссии метана наряду с мусорными свалками, системами природного газа и сельскохозяйственным сектором. На ШМ приходится 8-10% от объема эмиссии метана в США и на глобальном уровне. По оценкам АОС США, в 2000 году объем выбросов ШМ в США из всех источников (т.е. подземные и открытые горные выработки, а также выбросы после прекращения горнодобывающей деятельности) составил 4,3 млрд. м³. Это эквивалентно почти 61 млн. метрических тонн CO₂ (млн. мт CO₂э).

III. ВЫГОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШМ

8. Каптация и утилизация МУП и ШМ сулят многочисленные выгоды, в том числе:

- выгоды для глобальной окружающей среды за счет сокращения выбросов парниковых газов;
- повышение качества воздуха за счет использования чистого источника энергии;
- повышение уровня безопасности труда на шахтах;
- энергонезависимость;
- повышение уровня производительности труда на шахтах; и
- получение доходов и высвобождение средств за счет экономии затрат.

9. Поскольку проекты в области извлечения и утилизации ШМ приводят к снижению эмиссии ПГ, они могут рассматриваться на предмет включения в программы торговли квотами на выбросы. В документе ЕЭК ООН "Возможности стран с переходной экономикой в области использования гибких механизмов Киотского протокола: общие соображения в отношении шахтного метана" (ENERGY/GE.1/2003/5) рассматривается вопрос о том, каким образом "гибкие механизмы", предусмотренные в Киотском протоколе, могут способствовать увеличению числа проектов ШМ в Восточной Европе.

IV. ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ШАХТНОГО МЕТАНА

10. Технологии извлечения предназначены для удаления метана из геологических пород и шахтных выработок, содержащих газ, и в целом подразделяются на две отдельные категории:

- i) Вертикальное или горизонтальное бурение для удаления метана из целиковых угольных свит (т.е. угленосных пород, которые не были вскрыты в результате горнодобывающей или иной деятельности), бурение которых осуществляется либо независимо от горных операций, либо заблаговременно до их начала;
- ii) проходка вертикальных и горизонтальных скважин для добычи метана после окончания горных разработок.

а) Предварительная дегазация

11. Ввиду плотности и ограниченной проницаемости угольных свит и окружающих пород типовые конфигурации газовых скважин являются неэкономичными. Однако были разработаны и применяются самые разнообразные методы бурения для извлечения МУП из целиковых угольных пластов. Бурение скважин может осуществляться вертикально с поверхности или горизонтально из забоя; вертикальные скважины, как правило, характеризуются более высокой эффективностью извлечения газа, чем горизонтальные.

- Вертикальные скважины с использованием метода гидравлического разрыва: наиболее распространенной является технология бурения вертикальных скважин с последующим гидравлическим разрывом пласта. Через пробуренную вертикально с поверхности скважину затем в угольные пласты под высоким давлением закачивается, например, вода для разрыва пласта. Закачка воды вызывает приток газа в скважину. Этот метод эффективен для глубоких газообильных скважин с ограниченной проницаемостью.
- Направленное бурение с поверхности: технология проходки наклонных стволов и другие методы направленного бурения проходят испытания и в ограниченных случаях используются при добыче МУП. Вертикальные скважины с поверхности бурятся в горизонтальном направлении к угольному пласту для его дегазации.
- Шахтные горизонтальные скважины: эта технология основана на проходке коротких или длинных стволов в массиве породы до начала его разработки. Внедрение в последние годы двигателей, позволяющих управлять направлением бурения, повысило эффективность этого метода. Среди технологий деметанизации неразрабатываемых полей внутришахтные горизонтальные скважины оказывают наиболее непосредственное и прямое воздействие на снижение эмиссии метана угольных пластов. Вместе с тем в долгосрочном плане общая эффективность извлечения не является столь высокой, как в случае вертикальных скважин.

12. Добываемый из ненарушенных угольных пластов газ, как правило, имеет очень высокое качество (его метаноносность приближается к 100%) и пригоден для любого применения.

b) Дегазация старых выработок

13. При разработке угленосных отложений метан из вскрытой зоны выделяется в горные выработки. Метан становится взрывоопасным при концентрации 5-15%, поэтому по соображениям безопасности его необходимо удалять из шахт. Для этой цели на шахтах применяются мощные вентиляторы для прокачки значительных объемов воздуха по шахтным стволам, с тем чтобы поддерживать концентрацию метана ниже взрывоопасного уровня, как правило, менее 1%. На шахтах с высокой загазованностью устанавливается дополнительное вентиляционное оборудование, оснащенное дегазационными системами (также называемыми системами каптации). В шахтных системах каптации применяются различные методы удаления газа после прекращения горных работ.

- Вертикальная проходка пустой породы. Газ удаляется из угольных пластов до начала их разработки с использованием вертикальных скважин. Скважины бурятся на глубину выше глубины залегания пласта, который будет разрабатываться. После отработки зоны под скважиной стены и кровля обрушаются и газ заполняет зону разрыва. Разбуривание выработанных пространств имеет целью извлечение газа, остающегося в зоне обрушения.
- Внутришахтная горизонтальная проходка пустых пород. Этот метод по сути служит для достижения той же цели, что и вертикальные скважины.
- Квершлаговые скважины. Бурение скважин осуществляется под углом и вкрест простирания выше и/или ниже разрабатываемого горизонта. В Европе технология бурения квершлаговых скважин как метода удаления газа из отработанных зон широко распространена.
- Перекрывающий метод. Этот метод, также используемый в Европе, основан на закачке газа из шахты в неиспользуемый отработанный штрек в угольном пласте выше или ниже глубины залегания разрабатываемого пласта.

14. Отобранный газ со старых горных выработок обычно на начальном этапе имеет высокое содержание метана, однако при смешивании воздуха с газом качество метана снижается до 30-80%. Газ такого качества подходит для целей генерации электроэнергии, отопления, сушки угля, в качестве топлива для котельных, а также для использования в промышленности.

с) Ликвидированные шахты

15. Ликвидированные подземные угольные шахты также выделяют метан и могут выбрасывать достаточное количество газа для обеспечения рентабельности его извлечения. Технологии извлечения газа из ликвидированных шахт с небольшими отличиями аналогичны методам, используемым для дегазации углепородных массивов до и после окончания горных работ. Во многих случаях закрытые шахты изолируются, и метан самопроизвольно поступает через дегазационные скважины. На дегазационных скважинах могут использоваться вакуумные насосные установки, позволяющие повысить эффективность отбора газа из шахты.

V. РЫНКИ ШАХТНОГО МЕТАНА

16. ШМ применяется в самых различных традиционных сферах, таких, как производство энергии и закачка в трубопроводы. В своих усилиях по расширению сферы применения ШМ АООС уделяет значительное внимание развитию новых рынков ШМ. Значительная часть работы АООС США в рамках "Программы метана угольных пластов" за последние два года была направлена на поощрение операторов шахт к сбору и утилизации метана из вентиляционных струй, выходящих из шахт.

а) Традиционные рынки

17. На сегодняшний день почти весь ШМ, добываемый в США и других странах мира, поступает на традиционные рынки. Существующие рынки включают различные сферы применения, аналогичные рынкам природного газа. Определяющие факторы в отношении оптимального использования газа зависят от многих параметров, в том числе страны, географического расположения на территории страны, расстояния от трубопроводов природного газа, близости к потенциальным промышленным потребителям и электростанциям, качества газа, а также, в ряде случаев, от государственной поддержки.

18. В Соединенных Штатах наиболее распространенным применением ШМ является закачка в трубопровод. В Соединенных Штатах электроэнергия стоит дешево, поэтому ее производство на основе ШМ является не столь жизнеспособной альтернативой. Для трубопроводной системы требуется газ очень высокого качества (обычно содержание метана должно составлять 95%), и обычно для этой цели используется лишь газ, отбираемый из скважин, пробуренных на неразрабатываемых полях. Однако метан более низкого качества путем обогащения может быть доведен до уровня, отвечающего техническим требованиям трубопроводной системы. В компании "Jim Walter Resources" в

Алабаме используется установка азотной режекции и криогенной обработки фирмы ВССК, которая позволяет перерабатывать 72 млн. м³/год низкокачественного газа в 41 млн.м³ газа трубопроводного качества. В Австралии и Соединенном Королевстве также осуществляется каптация ШМ для целей подпитки трубопроводов.

19. В Европе и Японии наиболее распространенным применением является генерация электроэнергии. Качество значительной части газа, добываемого сегодня в этих странах из закрытых шахт и путем дегазации старых горных выработок, ухудшено воздухом, что делает газ в целом непригодным для закачки в трубопровод без весьма дорогостоящего обогащения. Проведенные АОС США исследования показывают, что для энергетических целей достаточным является уже 30-процентное содержание метана. В Австралии, Китае и Соединенных Штатах также планируется осуществление ряда энергетических проектов.

20. Наряду с производством электроэнергии и закачкой в трубопроводы ШМ также находит использование в промышленности как топливо для заводских или местных котельных установок, сушки угля и в качестве моторного топлива. Все эти альтернативы представляют собой хорошие рынки для газа, выкачанного из выработанных пространств и закрытых шахт, поскольку для этих видов применения не требуется метан высокого качества. ШМ используется для многих из этих целей в странах с переходной экономикой.

b) Новые рынки

21. В Соединенных Штатах АОС ориентируется на новые рынки в целях увеличения добычи ШМ и продвигает эти технологии в других странах.

i) Сжигание газа из выработанных пространств в факеле

22. Каптированный дегазационными системами газ можно также сжигать в факеле. В ряде случаев пока еще просто не имеется экономически рентабельных технологий для использования каптированного газа. Либо горное предприятие слишком удалено от трубопровода или электростанции, либо другие виды применения являются неэкономичными. В этих условиях альтернатива заключается в сжигании газа в факеле.

23. Хотя, возможно, это не лучшее применение газа, но сжигание в факеле позволяет снизить эмиссию парникового газа и является недорогим техническим решением. В настоящее время действующие факелы для сжигания ШМ имеются в Австралии и Казахстане, а также на одной закрытой шахте в США. Основной проблемой сжигания

газа в факеле, которая вызывала и продолжает вызывать беспокойство у регламентирующих органов и горных предприятий, является обеспечение безопасной работы факела над действующей шахтой.

ii) Технологии извлечения метана из вентиляционных струй (MBC)

24. Ежегодно во всем мире на подземных угольных шахтах через вентиляционные системы откачивается свыше 16 млрд. м³ метана. С точки зрения потенциала глобального потепления, это количество эквивалентно свыше 230 млн. метрич. т CO₂. Благодаря последним техническим достижениям эти выбросы можно рентабельно сократить.

25. При добыче угля из угленосных формаций и прилегающих породных массивов выделяется метан. Поскольку метано-воздушная смесь при концентрации метана 5-15% является взрывоопасной, для обеспечения безопасности метан во время добычи угля необходимо удалять. При отработке газоносных пластов используются мощные вентиляционные системы для прокачки воздуха по стволам шахты в целях разжижения и удаления метана. Хотя концентрация метана в вентиляционных струях, выходящих из шахт невысока (обычно менее 1%), объем закачиваемого и выкачиваемого этими системами воздуха столь велик, что вентиляционные системы являются крупнейшим отдельным источником выбросов метана в атмосферу из подземных угольных шахт. В типовом стволе газоносной шахты в Соединенных Штатах прокачивается от 100 до 250 м³ вентилирующего воздуха в секунду.

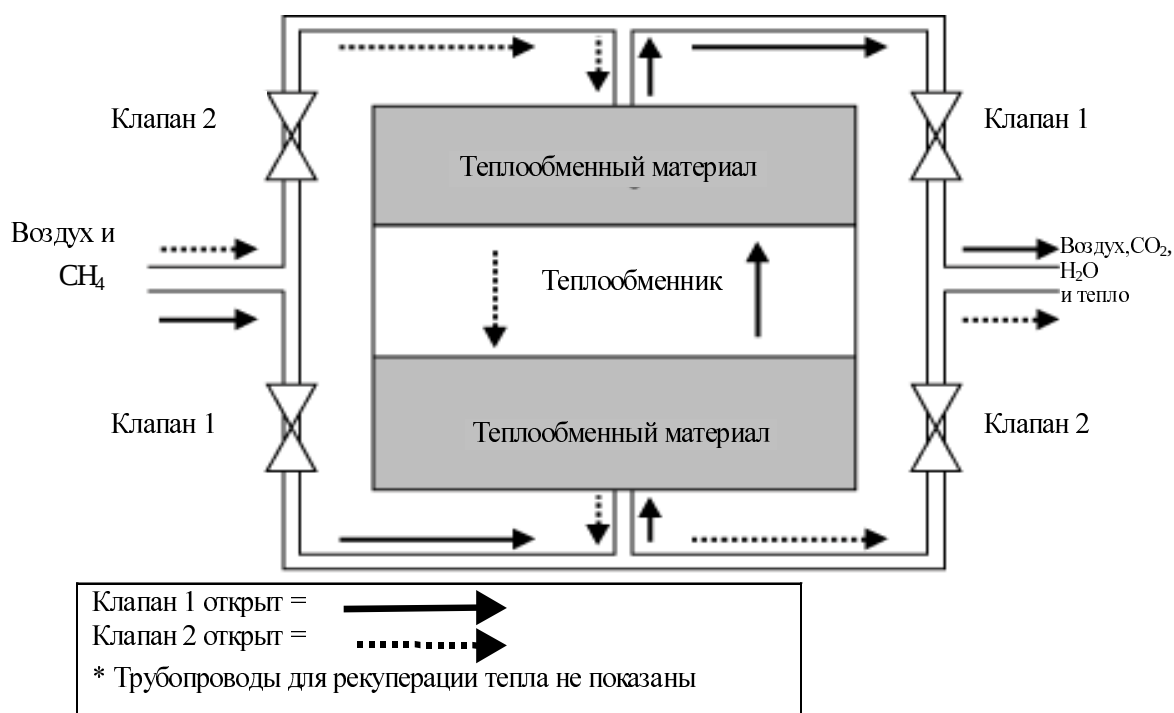
26. Новые технологии окисления MBC готовы для коммерциализации. Эти технологии позволяют окислять MBC с продуктивной рекуперацией или без рекуперации отходящего тепла.

a) Противоточные реакторы

27. Тепловой противоточный реактор (ТПТР) представляет собой несложное устройство (см. рис. 1), в котором используется толстый слой кремнеземного гравия или керамического теплообменного материала со встроенными в него электронагревательными элементами. С помощью воздушного оборудования, такого, как камеры, воздушные патрубки и клапаны, MBC подается на реакторный слой. Эта технология основана на принципе регенеративного теплообмена между газом (вентиляционный воздух) и твердым веществом (слой теплообменного материала, эффективно сохраняющий и передающий тепло) в зоне реакции.

28. В начале процесса с помощью электронагревательных элементов производится предварительный разогрев средней части реакторного слоя до температуры самовоспламенения метана ($1\,000^{\circ}\text{C}$). В течение первой половины первого цикла вентиляционный воздух при температуре окружающей среды поступает и проходит через реактор с одной стороны. Окисление метана происходит в центре слоя, когда температура смеси превышает температуру самовоспламенения метана. Раскаленные продукты сгорания и не вступивший в реакцию воздух продолжают движение через реактор, отдавая тепло дальней стороне реакторного слоя. Когда дальняя сторона реакторного слоя разогревается до достаточной температуры, а ближняя сторона охлаждается за счет притока вентиляционного воздуха, имеющего температуру окружающей среды, реактор автоматически меняет направление потока. Новый вентиляционный воздух поступает на дальнюю сторону реакторного слоя и разогревается за счет поглощения его тепла. Ближе к центру реактора метан достигает температуры самовоспламенения, окисляется и прежде, чем покинуть систему, производит тепло, которое передается на ближнюю часть реактора. Температура в активной зоне достигает $1\,832^{\circ}\text{F}$ ($1\,000^{\circ}\text{C}$) с дополнительным адиабатическим повышением температуры, а затем снижается по мере того, как теплообменник отводит тепло из установки.

Рис. 1. Схема теплового противоточного реактора



29. ТПТР широко используются во всем мире, в первую очередь для уничтожения органических загрязнителей. Две установки работают исключительно на вентиляционном воздухе (одна по принципу теплообмена горячей воды), и около 200 других установок используют разбавленный природный газ в качестве вспомогательного топлива для увеличения концентрации целевых соединений (например, промышленных ЛОС). Расположенная в США компания MEGTEC реализует программу полномасштабной демонстрации ее технологии ТПТР на МВС на подземных угольных шахтах в Австралии и Соединенных Штатах.

30. В энергетическом технологическом центре CANMET Канады на основе тепловой противоточной технологии был разработан каталитический противоточный реактор (КТПР) специально под метан из шахтных вентиляционных струй (МВС). За счет введения в активную зону реактора катализатора CANMET разработал систему, аналогичную по схеме и принципу работы системе VOCSIDIZER, но которая обеспечивает окисление шахтного вентиляционного метана при более низких температурах. CANMET получил лицензию на коммерциализацию системы CH4MIN.

b) МВС как вспомогательное топливо

31. Метан из вентиляционных струй может также использоваться как воздух для горения в энергетических проектах. Эта технология в техническом отношении проста и опробована на практике, однако ее возможности по снижению выбросов ПГ ограничены, поскольку для ее использования необходимо, чтобы крупные капиталоемкие энергопроекты располагались вблизи вентиляционных шахт. На австралийской шахте в Аппине примерно 10% МВС используется в качестве воздуха для горения в семействе двигателей внутреннего сгорания. В Австралии в скором времени будет освоено еще одно применение МВС в качестве дополнительного топлива на крупном угольном котлоагрегате.

32. Одной из недавних технологических новинок стала установка для совместного сжигания угольной мелочи и МВС в шахтной печи с вращающейся колосниковой решеткой. Для целей демонстрации рекуперированное тепло будет использоваться для обеспечения работы газовой турбины мощностью 1,2 Мвт. В зависимости от соотношения количеств угля и МВС эта установка может использовать МВС в качестве вспомогательного или основного вида топлива. В отличие от технологий турбин на обедненном топливе при работе эта установка не требует дополняющего газа для повышения метановой концентрации МВС.

с) Турбины на обедненном топливе

33. Ряд компаний уже разработали или разрабатывают технологии использования МВС в газовых турбинах в качестве частично запрещающего или даже основного топлива. В некоторых из этих технологий применяются катализаторы для сжигания МВС, в других используется внешняя камера сгорания без катализатора, но с более низкой температурой, чем в обычных турбинах. На сегодняшний день разработчики технологий утверждают, что они могут использовать МВС (или смесь МВС с более концентрированным газом) при концентрации 1-1,6%, а некоторые из них ведут исследования с целью снижения требуемой концентрации до 0,8% и ниже. В зависимости от концентрации МВС в этих турбинах можно использовать МВС для 80% всех видов топлива, при высокой концентрации метана или, менее 20% при МВС низкой концентрации.

34. Чтобы сделать правильный выбор для различных условий применения, вышеуказанные технологии нуждаются в дальнейшей оценке. В таблице 1 показано, что применение и жизнеспособность различных технических решений зависят от концентрации метана в вентиляционном воздухе и от других параметров, характеризующих местоположение промышленного объекта. Однако ясно, что при возможности получения достаточных доходов для рекуперации энергии или сокращения выбросов парниковых газов, образующихся в процессе окисления метана вентиляционных струй, эти проекты становятся экономически рентабельными.

Таблица 1. Сравнение различных технологий использования метана вентиляционных струй

Технология	Перспективная ниша
МВС как вспомогательное топливо	0% – 1%+ CH_4 , когда источник МВС расположен недалеко от крупной электростанции, работающей на газе или угле
Противоточный реактор	0,15% – 1%+ CH_4 , может использоваться для сжигания в факеле или для генерирования электроэнергии
Турбины на обедненном топливе	1%+ CH_4 или при наличии дополняющего газа при благоприятных ценах на энергию
Гибридная схема МВС/шахтная печь с вращающейся колосниковой решеткой	0 – 1%+ CH_4 , при наличии угольной мелочи

VI. ГЛОБАЛЬНЫЙ РЫНОК ШАХТНОГО МЕТАНА

а) Обзор глобальной конъюнктуры

35. Глобальный потенциал ШМ весьма значителен, однако напрямую зависит от ряда факторов. Очень важное значение имеют цены на газ и электроэнергию, а также качество и надежность объектов инфраструктуры газо- или электроснабжения. Извлечение ШМ будет экономически рентабельным лишь в том случае, если производственные затраты будут ниже доходов или избегаемых издержек в рамках проектов с приемлемым уровнем окупаемости. На рынки также оказывают влияние государственные/двусторонние/многосторонние дотации и субсидии, направленные на стимулирование производства ШМ. Так, в Соединенных Штатах статья 29 Закона о налоговом кредите позволила обеспечить значительный прирост производства МУП/ ШМ. Во многих развивающихся странах и странах с переходной экономикой зарубежное, финансовое, техническое и политическое содействие, например Глобальный экологический фонд, создают основу для успешной реализации проектов.

36. В таблице 2 приведены данные об уровне эмиссии ШМ в 2000 году и прогнозы на 2010 год для большинства стран, в которых осуществляется масштабная добыча угля из подземных шахт. В таблице также показаны выбросы в эквивалентном количестве двуокиси углерода. За исключением Австралии, выбросы в индустриально развитых странах, по прогнозам, будут снижаться или останутся неизменными по сравнению с выбросами в развивающихся странах, особенно в Китае и Индии, где ожидается их значительный рост. Здесь важно также отметить, что в кадастрах выбросов не учитывается эмиссия из ликвидированных угольных шахт. В таких странах, как Соединенные Штаты, Соединенное Королевство, Германия, Япония эмиссия из ликвидированных шахт, по всей видимости, увеличит общий объем выбросов ШМ этих стран.

Таблица 2: Выбросы шахтного метана в отдельных странах, 2000 и 2010 годы

Страна	2000 год выбросы CH ₄ (млн. м ³)	2000 год в эквиваленте CO ₂ (млн. мт)	2010 год выбросы CH ₄ (млн. м ³)	2010 год в эквиваленте CO ₂ (млн. мт)
Австралия	1 381	19,7	2 004	28,6
Канада	98	1,4	91	1,3
Китай	10 000	142,7	15 753	224,7
Чешская Республика	351	5,0	266	3,8
Германия	1 030	14,7	764	10,9

Страна	2000 год выбросы CH ₄ (млн. м ³)	2000 год в эквиваленте CO ₂ (млн. мт)	2010 год выбросы CH ₄ (млн. м ³)	2010 год в эквиваленте CO ₂ (млн. мт)
Индия	683	9,7	1 319	18,8
Япония	133	1,9	147	2,1
Казахстан	488	7,0	447	6,4
Польша	1 037	14,8	939	13,4
Российская Федерация	2 236	31,9	2 138	30,5
Южная Африка	496	7,1	506	7,2
Турция	123	1,8	184	2,6
Украина	1 970	28,1	1 689	24,1
Соединенное Королевство	365	5,2	343	4,9
Соединенные Штаты	5 461	77,9	5 748	82,0

(Источники: U.S. EPA. 2001. *Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions from Developed Countries: 1990-2010*. Sept. 2001. EPA-430-R-01-007 и доклады по странам).

37. АООС США проанализировало глобальный рынок для МВС. В этом исследовании сделан вывод о том, что из общего количества в 237 млн. т CO₂ выбросов МВС (16,6 млрд. м³ метана) при чистых проектных затратах в размере 3,0 долл. США на тонну CO₂ и при средних ценах на энергию для промышленных потребителей может быть окислено приблизительно 172 млн. т CO₂. Анализ показывает, что количество выбросов, которые могут быть сокращены с более низкими затратами, является гораздо меньшим: при затратах в размере 2,0 долл. США на тонну сокращено может быть 60 млн. т CO₂ (EPA, 2003).

38. Можно сделать несколько общих замечаний по конкретным регионам. В Северной Америке (Соединенные Штаты и Канада) имеется развитый сложившийся рынок МУП/ШМ, а также множество проектов и технических экспертов.

39. В Западной Европе, особенно в Германии и Соединенном Королевстве, Японии и Австралии также имеются развитые и весьма инновационные рынки МУП/ШМ. Деятельность в Европе и Японии будет в основном сосредоточена на извлечении ШМ из закрытых/ликвидированных шахт. Кроме того, в этих странах правительства прямо или косвенно оказывают значительную поддержку в разработке проектов.

40. Значительный потенциал в области МУП имеется в Азии. Китай располагает весьма обширными запасами, и правительство проводит твердый курс на поддержку разработки

проектов МУП. Ресурсы МУП этой страны привлекают внимание крупных нефтегазовых компаний. Индия также принимает меры по содействию вовлечению в разработку ее ресурсов МУП/ШМ, и к ней также проявляется интерес. Казахстан также поощряет освоение ресурсов МУП. Хотя в этих странах имеются внутренние риски, их системы лицензирования знакомы западным инвесторам. В итоге, как представляется, интерес к ним растет.

41. В Восточной Европе, Российской Федерации и Украине имеются крупные угледобывающие предприятия с загазованными шахтами. Несмотря на то, что такие двусторонние и многосторонние финансовые учреждения, как Всемирный банк, поощряют эти страны к реструктуризации их угольной промышленности, в последние годы за счет закрытия убыточных шахт достигнуть значительного прогресса в этой области пока не удалось. В результате многие загазованные шахты по-прежнему находятся в эксплуатации. Объем добычи МУП весьма ограничен, однако все эти страны имеют опыт в области дегазации и утилизации ШМ. Вместе с тем для полной реализации возможностей в области МУП/ШМ этим регионам необходимы инвестиции для закупки технологий бурения и извлечения газа, а также развития инфраструктуры. Однако из-за высокого риска приток инвестиций ограничен.

42. В последующем разделе дается краткий обзор деятельности в области МУП/ШМ в отдельных странах.

b) Данные по конкретным странам

i) Австралия

43. Австралия характеризуется весьма передовой отраслью МУП и выступает лидером в области инноваций и изобретений. Австралийское правительство и австралийские корпорации принимают активные меры по поощрению разработки и опробованию новых технологий. Перечисленные ниже проекты в некоторой степени отражают осуществляемую в стране деятельность в этом направлении:

- На угледобывающем предприятии в Аппине в Новом Южном Уэльсе компания BHP Billiton объединилась с Magtec Systems для реализации демонстрационного проекта с использованием теплового противоточного реактора по методу Vocsidizer® для сжигания метана вентиляционных струй.
- На угледобывающих предприятиях в Аппине и Тауэре ШМ используется для производства 94 МВт электроэнергии из 651 000 м³ каптированного газа в день.

В проекте "Аппин" шахтный вентиляционный воздух также используется в качестве воздуха для сжигания в двигателях. Компания "Energy Developments", осуществляющая этот проект, также демонстрирует турбину на бедном газовом топливе, топливные потребности которой могут удовлетворяться в значительной мере за счет метана вентиляционных струй.

- Совместное предприятие "Capricorn Coal Development" ("Capricorn") в 1998 году запустила в эксплуатацию факел на метанодобывающей скважине на шахте "Центральная" в штате Квинсленд.
- В октябре 2001 года австралийское правительство выделило в виде субсидий 15 млн. долл. США на цели реализации трех проектов в области ШМ, в рамках которых за период 2008-2012 годов планируется снизить эмиссию парниковых газов на 7,2 млн. тонн.

ii) Китай

44. Китай обладает крупнейшими в мире эмиссионными ресурсами ШМ и представляет огромные возможности для производства ШМ. Вовлечение в разработку ресурсов ШМ также играет для Китая очень важную роль, поскольку угольные шахты в этой стране являются одними из наиболее аварийно опасных в мире в значительной мере из-за их высокой загазованности метаном. С учетом этого китайское правительство проводит весьма твердый курс на развитие отрасли ШМ.

45. В стране уже давно ведется активная деятельность по освоению ресурсов ШМ. Каптация метана в подземных шахтах началась в 50-х годах. Наземные разработки ШМ начались в 90-х годах. По состоянию на 1999 год на 184 угольных шахтах Китая имеются системы улавливания метана. (Huang et al Novembere, 2001.) В 1999 году было каптировано 728 млн. м³ метана, из которых 400 млн. м³ было использовано. ШМ по большей части используется для целей коммунального газоснабжения местных потребителей, производства энергии и в качестве сырья для химического производства (EPA CBM Extra February 2001). Многие угольные шахты расположены вблизи рынков потребления, и завершение строительства крупного трубопровода для природного газа позволит дополнительно расширить возможности транспортировки ШМ.

46. С учетом значительной ресурсной базы, высокой газоносности и потенциальных рынков Китай является весьма привлекательной страной. Приведенный ниже перечень проектов отражает деятельность в последнее время и запланированные проекты:

- Проект ГЭФ в середине 90-х годов на шахтах в Тейфа, Сонгжао и Кайлянь продемонстрировал модернизированные методы каптации метана. Общая стоимость проекта составляет 10 млн. долл. США.
- Азиатский банк развития выделил 150-200 млн. долл. на реализацию проектов МУП/ШМ в Китае.
- Администрация угольной шахты Джин-Чен планирует строительство электростанции мощностью 120 МВт на ШМ с уровнем потребления газа 240 млн. м³ в год.
- В рамках программы "Чистая угольная технология" министерства торговли и промышленности Соединенного Королевства (МТП) начато осуществление серии проектов сотрудничества в области МУП/ШМ в Китае.
- Недавно был завершен проект JCOAL/АРЕС угледобывающей группы "Tiefa" в провинции Ляонин, в рамках которого каптированный газ поставляется в расположенный поблизости город Тейлинь для целей муниципального газоснабжения.
- С 1994 года АООС и Китайский центр по МУП осуществляют сотрудничество в области содействия добыче ШМ. В настоящее время эти организации основное внимание уделяют оказанию помощи компаниям в области коммерциализации проектов ШМ и изучения возможностей реализации проектов использования метана вентиляционных струй.

iii) Чешская Республика

47. Чешская Республика имеет длительную историю утилизации ШМ. С начала 1900-х годов на ряде шахт в Верхне-Силезском (Острава-Карвинском) бассейне осуществляется добыча и утилизация ШМ из подземных шахтных скважин и закрытых шахт. На сегодняшний день в этом бассейне каптируется и утилизируется около 100 млн. м³ газа в день (почти 90% выхода газа) (Takla 1995). Лидером в области освоения ресурсов ШМ в Чешской Республике является предприятие "DPB Paskov AS". Эта компания активно действует в области ШМ с 1992 года и также является владельцем и оператором трубопровода протяженностью 200 км.

48. Снижение объема импорта природного газа, добываемого в Северном море, и возможное повышение цен на российский природный газ может увеличить

востребованность альтернативных источников, в том числе ШМ. Чешское правительство признает потенциальные выгоды МУП/ШМ и поддерживает меры по вовлечению этого ресурса в разработку за счет прямого финансирования и проведения стимулирующей лизинговой политики.

iv) Германия

49. Как и другие западноевропейские страны, Германия не новичок в области использования ШМ. В 1952 году была построена электростанция мощностью 100 МВт, работающая на ШМ. Наряду с этим, как и в других западноевропейских странах, в Германии идет процесс закрытия шахт. Однако подобно английским фирмам, германские компании с 2001 года реализовали свыше 30 энергопроектов на ШМ, и Германия занимает лидирующие позиции в области использования ШМ для совместного производства тепла и электроэнергии.

50. Германское правительство признало важность роли ШМ как чистого энергоисточника, приняв Закон о приоритетном освоении возобновляемых энергоисточников. В этом законе ШМ рассматривается как возобновляемый энергоресурс, и при установке электрических генераторов малой мощности, работающих на ШМ, выплачивается дотация в размере 0,07 долл. США за киловатт-час.

v) Польша

51. Польша является одной из основных угледобывающих стран мира и накопила богатый опыт в области добычи ШМ. Для дегазации угленосных пород на польских шахтах используется сочетание методов квершлагового бурения для добычи газа до начала отработки угольных пластов и методы внутришахтного разбуривания пустых пород откачки газа из старых выработок. Около 70% газа, каптированного дегазационными системами, поступает на традиционные рынки, включая электроэнергетику, теплоснабжение, сушку угля и промышленное применение. Угольная промышленность в Польше прошла ряд различных этапов реструктуризации, и многие загазованные угольные шахты в последние годы были закрыты. Вместе с тем разработка энергетических проектов на угольном метане по-прежнему вызывает интерес; в настоящее время Агентство по торговле и развитию Соединенных Штатов финансирует подготовку технико-экономического обоснования возможного использования метана вентиляционных струй.

vi) Российская Федерация

52. Несмотря на резкое сокращение объема добычи угля в 90-х годах, Российская Федерация остается на третьем месте по запасам эмиссионных ресурсов ШМ с ежегодным объемом эмиссии свыше 2,2 млрд. м³. Большая часть ресурсов ШМ сосредоточена в двух бассейнах: Кузбасском в Западной Сибири и Печорском в европейской арктической части России. В Российской Федерации системы каптации широко не используются, несмотря на значительное количество загазованных шахт. Добываемый ШМ используется на месте для отопительных целей и в качестве топлива в котельных установках. Утвержден проект, спонсором которого выступает Глобальный экологический фонд и который предусматривает учреждение сервисной компании по добыче и утилизации ШМ в Кузбасском бассейне. Региональные и национальные органы власти оказывают поддержку деятельности в области освоения ресурсов ШМ.

53. В Кемерово в Кузбасском бассейне был создан Международный центр исследований угля и метана, "Углеметан", в целях поддержки и развития освоения ресурсов МУП/ШМ и предоставления технических услуг горнодобывающим концернам и топливно-энергетическим компаниям, заинтересованным в разработке этих ресурсов в Кузбассе. Центр оснащен соответствующим оборудованием и имеет опыт оценки основных параметров коллекторов ШМ, таких, как газосодержание и напряженность породы с использованием закупленного в США оборудования.

vii) Украина

54. На Украине имеются широкие возможности освоения ШМ, поскольку многие шахты расположены в черте или вблизи населенных центров восточной Украины, при этом многие из них являются глубокими и высокозагазованными. Безопасность горных работ - серьезная проблема на Украине; страна занимает второе место после Китая по количеству жертв на млн. т добытого угля. В настоящее время 76% потребностей страны в природном газе покрывается за счет импорта, поэтому освоение ресурсов МУП/ШМ может повысить энергетическую безопасность Украины.

55. Угледобывающие предприятия на Украине обладают опытом в области каптации и утилизации метана. В 2000 году на 45 шахтах использовались системы дегазации, а на 12 ШМ утилизовался на месте (PEER 2001). Основным видом применения ШМ на Украине является его использование в качестве топлива на шахтных котельных установках.

56. Возможности освоения ресурсов МУП/ШМ на Украине детально изучены. Многие организации подготовили технико-экономические обоснования. В настоящее время инвестиционный климат в стране не столь благоприятен, однако дела в экономике улучшаются. Большинство наблюдателей ожидают осуществления экспериментального демонстрационного проекта. На Украине действует организация "Партнерство по осуществлению энергетической и экологической реформы" (PEER), которая поддерживает развитие отрасли ШМ. Эта организация подготовила руководство по возможностям в области освоения ресурсов ШМ в стране, а также разработала бизнес-планы для двух шахт - "Комсомолец Донбасса" и "Шахта им. Скочинского".

viii) Соединенное Королевство

57. В Соединенном Королевстве накоплен богатый опыт утилизации ШМ и имеется передовая и инновационная метановая отрасль. Как и в других странах Западной Европы, в угольной промышленности была проведена масштабная реструктуризация, и большинство шахт были или будут закрыты. Вместе с тем после реструктуризации разработчики проектов в Соединенном Королевстве обнаружили прекрасный ресурс в закрытых шахтах. Имеется ряд уже выполненных и еще больше запланированных проектов в области утилизации ШМ. В настоящее время в Соединенном Королевстве в рамках восьми проектов на ликвидированных шахтах производится 35 МВт электроэнергии и поставка газа двум местным газораспределительным компаниям (Davies, 2003). Имеется также два проекта на действующих шахтах, в которых с использованием смеси ШМ и природного газа производится 22 МВт электроэнергии. Планы предусматривают расширение к 2004 году выработки электричества на базе угольного метана ликвидированных шахт (UK DTI 2001), однако недавнее падение цен на энергию тормозит прогресс в этом направлении.

58. В Соединенном Королевстве вопросами поощрения и продвижения утилизации МУП/ШМ занимается Программа чистых угольных технологий министерства торговли и промышленности (МТП) Соединенного Королевства; имеется отраслевая организация "Ассоциация операторов шахтного метана" (АСММО), которая внедряет политику поощрения инвестиций в проекты использования шахтного метана.

ix) Соединенные Штаты Америки

59. Соединенные Штаты занимают второе место по объему эмиссионных ресурсов ШМ и первое по утилизации каптированного газа. Хотя ряд других стран освоили технологии каптации ШМ задолго до Соединенных Штатов, активная деятельность по предварительной дегазации угольных пластов началась в 70-е годы, и с тех пор этот

сектор является передовым в отрасли. Пионеры отрасли "CONSOL Energy" и "Jim Walter Resources" по-прежнему остаются лидерами в Соединенных Штатах в области сбора ШМ. Извлечением и утилизацией метана также занимаются другие крупные угольные компании, например, "US Steel Mining", "Peabody" и "Drummond Coal".

60. С течением времени Соединенные Штаты продолжают модернизировать и совершенствовать технологии бурения. Кроме того, такая поддержка государства, как, например, статья 29 Закона о налоговом кредите, способствовала развитию в этом секторе. Законодательная поддержка МУП/ШМ продолжается, и недавно в Конгресс Соединенных Штатов поступили два законопроекта, касающиеся проблем стимулирования развития этой отрасли.

61. В Соединенных Штатах имеется сложившаяся развитая углеметановая индустрия. В 2000 году объем каптации и утилизации ШМ в Соединенных Штатах составил 1,1 млрд. м³ без учета ликвидированных шахт. Как отмечалось ранее, большая часть газа используется для закачки в трубопроводы; однако около 14 млн. м³ используется для сушки угля. По мере улучшения экономической конъюнктуры выработка электроэнергии также становится перспективной, и "CONSOL Energy" и "Allegheny Power" в настоящее время эксплуатируют электростанцию мощностью 88 МВт.

62. В Соединенных Штатах 85-90% каптированного с шахт ШМ поступает на традиционные рынки. В стране активно изучаются перспективы применения ШМ на новых нетрадиционных рынках. В частности, АООС проводит активную работу в области каптации сложного в рыночной реализации газа - метана вентиляционных струй (МВС) и эмиссий с ликвидированных шахт.

VII. ВЫВОДЫ

63. Шахтный метан становится одним из ключевых составляющих топливно-энергетического баланса для многих стран. Для Соединенных Штатов, Западной Европы, Японии и Австралии ШМ является важным дополнительным энергоресурсом. В этих странах имеются сложившиеся рынки, а также высокоразвитая техническая база и передовая инновационная углеметановая отрасль. Для других регионов, таких, как Азия и Восточная Европа, ШМ имеет дополнительные социально-экономические выгоды, и многие страны, включая Китай, Индию и Украину, проводят активную политику по содействию вовлечению в разработку их ресурсов ШМ.

64. В Соединенных Штатах ведется работа по освоению использования метана вентиляционных струй. В предстоящий период, как ожидается, значительно возрастет

объем добычи ШМ в Японии, Австралии и Китае. В Западной Европе и Японии основной акцент делается на дегазацию ликвидированных шахт, при этом основным видом утилизации по всей видимости будет оставаться производство электроэнергии. Традиционные и новые рынки имеются для Китая, Восточной Европы и стран бывшего Советского Союза. Особый интерес представляет собой Китай с его обширной ресурсной базой и готовностью прилагать усилия по вовлечению их в разработку. К другим странам, представляющим перспективный интерес, относятся Мексика, Индонезия и Вьетнам.

65. В условиях наличия значительного и перспективного глобального рынка ШМ пока не ясно, каким образом международные усилия по сокращению эмиссии парниковых газов могут способствовать реализации проектов ШМ в различных регионах мира. В следующем документе ЕЭК ООН на эту тему будут изучены многие из факторов, определяющих взаимосвязь между политикой и режимами смягчения изменения климата и рынками ШМ, на которых могут быть получены низкзатратные квоты на выбросы углерода для выполнения установленных пределов эмиссии парниковых газов.

Перечень использованной литературы

Cairn Point Publishing Inc. *The International Coal Seam Gas Report*. 1997. Australia.

Davies, Cameron. 2003. "CMM: an uneven playing field?" *The Chemical Engineer*, Institution of Chemical Engineers, 11 July 2003.

Huang Shenchu, Zhu Chao, Liu Xin and Xu Huijun. 2001. "Potential for Commercial Development of Coal Mine Methane in China." *Proceedings of the 2001 International CMM/CBM Investment and Technology Symposium/Expo* Shanghai, China November 2001.

Partnership for Energy & Environmental Reform. 2001. *Inventory of Methane Emissions from Coal Mines in Ukraine: 1990-2000* April 2001.

Schultz, Karl H., 2003, An Analysis of Technical Options to Optimize Ventilation Air Methane Mitigation." *Proceedings of 2003 International Coalbed Methane Symposium*, Tuscaloosa, Alabama, USA. May 2003.

Takla, G., Bezek, J., and Vavrusak, Z., 1995, "Status of Development and Future Prospects of Coalbed Methane in the Czech Republic," *InerGas '95, International Unconventional Gas Symposium, Proceedings* — Tuscaloosa, AL. May 14-20, 1995

UK Department of Trade & Industry. 2001. *A Review of the Worldwide Status of Coalbed Methane Extraction and Utilisation*. July 2001. Report No. COAL R210 DTI/Pub URN 01/1040.

U.S. Environmental Protection Agency. 2001. *Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions from Developed Countries: 1990-2010*. Sept. 2001. EPA-430-R-01-007

U.S. Environmental Protection Agency. 2003. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2001*. April 2003. EPA 430-R-03-004.

U.S. Environmental Protection Agency. 2002 *Coalbed Bed Methane Extra* February 2002

U.S. Environmental Protection Agency. 2003. *Assessment of the Worldwide Market Potential for Oxidizing Coal Mine Ventilation Air Methane*. July 2003. EPA 430-R03-002.
