



**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

РЕДАКЦИОННЫЙ
С О В Е Т

Председатель

Л.А. ПУЧКОВ

Зам. председателя

Л.Х. ГИТИС

Члены редсовета

И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

В.В. КУРЕХИН

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.В. ХРОНИН

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*ректор МГГУ,
чл.-корр. РАИ*

*директор
Издательства МГГУ.*

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАН

академик РАН

академик МАИ ВПИ

академик РАИ

профессор

академик РАИ

академик РАИ



Л.А. Пучков
С.В. Сластунов
К.С. Коликов

ГОРНЫЕ НАУКИ

ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕТАНА ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ



МОСКВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

2 0 0 2

УДК 622.411.33
ББК 33.31
П 88

ФЕДЕРАЛЬНАЯ ПРОГРАММА КНИГОИЗДАНИЯ РОССИИ

Пучков Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С.

П88

**Извлечение метана из угольных пластов. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002. — 383 с.
ISBN 5-7418-0060-2 (в пер.)**

Рассмотрены основные факторы, определяющие интенсивность и степень извлечения угольного метана из неразгруженных угольных пластов. Представлены способы активного воздействия на углегазопосные пласты с целью изменения их газодинамических свойств, технологические схемы, параметры и применяемое оборудование. Приведены результаты аналитических, лабораторных и шахтных исследований газодинамики и структуры угольного пласта в зонах активного воздействия. Изложены результаты поисковых экспериментальных работ и промышленного внедрения этих способов, определена их эффективность и область применения. Даны рекомендации по использованию новых технологий извлечения угольного метана при подготовке угольных месторождений к безопасной и эффективной разработке.

Для инженерно-технических работников топливно-энергетического комплекса, специалистов научно-исследовательских и проектных организаций угольной промышленности.

**УДК 622.411.33
ББК 33.31**

ISBN 5-7418-0060-2

**© Л.А. Пучков, С.В. Сластунов,
К.С. Коликов, 2002
© Издательство МГГУ, 2002**

Топливо-энергетический комплекс, несмотря на снижение конкурентной способности угольной отрасли, продолжает играть ключевую роль в развитии экономики. Угольная промышленность, являющаяся одной из базовых отраслей, имеет ряд особенностей, резко проявившихся в период перехода экономики к рыночным отношениям. С одной стороны, уголь и ценные продукты его переработки являются жизненно необходимыми для народного хозяйства и населения, с другой – подземная добыча угля отличается значительной капиталоемкостью, внедрение новых технологий и технических средств, равно как и окупаемость их на шахтах, требуют значительных периодов времени, что создает дополнительные сложности в новых условиях хозяйствования.

Усиление негативного отношения к атомной энергетике, снижение темпов роста добычи нефти при более быстром росте потребления теплоэнергоносителей создают благоприятную перспективу для угольной промышленности. Так, по прогнозу Массачусетского технологического института США, роль угля в обеспечении теплоэнергопотребления увеличится с 20–25 % в 1989–2000 гг. до 30 % в 2010 г. и до 40–56 % в 2050 г. [133].

Снижение напряженности в работе угольной отрасли возможно только на основе разработки и реализации быстродействующих технологических и организационно-экономических мероприятий, способных стабилизировать деятельность горных предприятий, особенно функционирующих в осложненных горно-геологических условиях (высокая газоносность, выбросоопасность угольных пластов и др.), и обеспечить рост уровня показателей их работы в самом ближайшем будущем.

Успешная адаптация производственных систем к рыночным требованиям возможна лишь при объективном учете особенностей проявлений газодинамических процессов в широком диапазоне условий разработки высокогазоносных угольных месторождений. Удорожание горной техники и оборудования повышает себестоимость ошибок при принятии технологических решений. Принятие обоснованных решений может обес-

печить эффективность организационно-экономических преобразований на различных уровнях структуры отрасли.

Таким образом, разработка прогрессивных технологических решений при отработке высокогазоносных угольных месторождений с учетом специфики проявлений газодинамических процессов в угольных шахтах вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса в отрасли, составляет основу актуальной научной проблемы, имеющей важное народнохозяйственное значение.

Проблема безопасного и эффективного ведения горных работ на газоносных угольных шахтах сформировалась много десятилетий назад, но особенно обострилась в последнее время в связи с углублением шахт и интенсификацией производственных процессов, при этом резко возросла природная газоносность разрабатываемых угольных пластов и вмещающих пород и соответственно газообильность шахт.

В настоящее время технико-экономические показатели работы газовых шахт на 35–50 % ниже, чем негазовых шахт в аналогичных горно-геологических условиях. Доля затрат на управление газовыделением (вентиляция и дегазация) в себестоимости добычи угля достигает 25 %.

В странах СНГ доля используемого метана не превышает 10 % от извлекаемого средствами дегазации. За рубежом этот показатель по ряду районов (бассейнов) 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 м³. Следовательно, основные угольные бассейны необходимо рассматривать как газоугольные и предусматривать при их освоении добычу не только угля, но и метана.

Величина максимальной природной метаносности угольных пластов в странах СНГ составляет для углей: длиннопламенных и газовых – 8–15 м³/т, коксующихся, жирных – 16–28 м³/т, тощих и антрацитов – 20–35 м³/т. Метан, содержащийся в угольных месторождениях, может рассматриваться как дополнительное энергетическое сырье.

Извлечение метана угольных месторождений позволит решить одновременно несколько задач: использовать извлеченный метан для выработки электроэнергии, тепла и т. п.; умень-

шить выбросы метана в атмосферу; снизить объем выделения метана в горные выработки и тем самым повысить безопасность и эффективность добычи угля.

Научно-технические аспекты проблемы заключаются в установлении закономерностей газодинамических процессов, протекающих в углепородном массиве угольных месторождений, и создании технологий и технических средств управления ими при извлечении метана для промышленного использования и повышения безопасности добычи угля.

Развитие подземной разработки угольных месторождений неразрывно связано с повышением концентрации и интенсификации ведения горных работ. Переход на большие глубины сопровождается ухудшением условий ведения горных работ – усиливаются проявления горного давления, увеличивается газообильность горных выработок за счет роста газоносности пластов. Многие шахты при глубинах свыше 400–500 м отнесены к опасным по выбросам угля и газа.

Все это выдвигает необходимость проведения мероприятий, позволяющих эффективно готовить угольный пласт к эксплуатации. Из перспективных направлений наиболее полно могут отвечать поставленным задачам способы активного воздействия, кардинально изменяющие свойства и состояние угленосного массива [3, 37, 50, 81]. В качестве одного из них может применяться способ гидродинамического воздействия через скважины с поверхности, предложенный и впервые испытанный в Карагандинском бассейне в 60-е годы прошлого столетия. В то же время применение данного способа во многих случаях, особенно с ростом глубины залегания угольных пластов, не позволяет достаточно эффективно решать весь комплекс поставленных газодинамических задач. Эффективность управления состоянием угленосной толщи уменьшается с глубиной из-за снижения устойчивости, а следовательно, и проницаемости систем трещин. Актуальность решения проблемы эффективного управления газодинамическим состоянием массива и улучшения технико-экономических показателей ведения горных работ на больших глубинах в ряде бассейнов стран СНГ связана еще и с тем, что основные запасы углей находятся на глубинах 400–600 м и ниже.

Как было указано, интенсивное развитие и концентрация горных работ в определенных горно-геологических и горно-

технических условиях ограничиваются газовыделением, пылеобразованием, внезапными выбросами угля, пород и газа, самовозгоранием угля, которые усложняют и удорожают производство и являются опасными факторами.

Технические возможности созданных и внедренных добычных и проходческих комплексов в значительной мере недоиспользуются из-за все возрастающего газовыделения и необходимости соблюдения жестких норм проветривания угольных шахт. Производительность добычных комплексов, оборудованных гидравлическими крепями, способными обеспечить добычу в забое более 5000 т/сут, ограничивается по газовому фактору; при увеличении метанообильности до 30 м³/т их производительность может составить не более 400–600 т/сут. Вместе с тем эффективность используемых мер по борьбе с метаном и пылью, несмотря на развитие научных исследований и совершенствование практических мероприятий на шахтах, позволяет снизить газообильность и запыленность атмосферы в среднем не более чем на 30–50 %.

Изложенное позволяет утверждать, что угленосная толща как коллектор газа и пыли является объектом исследований, направленных на предотвращение основных опасностей в шахтах, путем создания и внедрения новых физико-технических, физико-химических и комплексных методов воздействия. Добиться существенного повышения эффективности и безопасности угледобычи возможно на основе использования региональных методов управления свойствами и состоянием угольных месторождений.

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

Настоящая работа выполнена по одному из приоритетных для МГГУ научных направлений – проблеме метанобезопасности угольных шахт – и базируется на разработке новых техно-

логий заблаговременной подготовки угольных месторождений к безопасной и эффективной разработке через скважины с поверхности. В становление этого направления большой вклад внесли профессора Н.В. Ножкин, А.С. Бурчаков, С.А. Ярунин, Ю.Ф. Васючков, их коллеги и ученики. В настоящее время это направление развивается в рамках научной школы, возглавляемой чл.-корр. РАН Л.А. Пучковым.

Выполнение приведенных и обобщенных исследований было бы невозможным без участия большого числа ученых и специалистов, в особенности исполнительного директора угольного департамента АО «ИСПАТ-КАРМЕТ», доктора технических наук Г.М. Презента, технического директора, доктора технических наук С.К. Баймухаметова, начальника управления «Спецшахтомонтаждегазация», кандидата технических наук И. А. Швеца, а также ученых МГГУ и других организаций: профессоров Е.А. Ельчанинова, Г.Н. Фейта, Г.Г. Каркашадзе, кандидатов технических наук О.В. Смирнова, А.В. Агаркова, М.В. Шмидта, С.М. Горбунова, Ф.А. Муллагалиева, инженеров А.А. Шипулина, Н.М. Стояна, В.И. Тонких и многих других, которым авторы выражают особую признательность.

Глава 1

**СОСТОЯНИЕ
ПРОБЛЕМ
УГОЛЬНОГО
МЕТАНА**

Традиционно из-за взрывоопасности метановоздушных смесей метан рассматривается как одна из основных опасностей отработки угольных месторождений.

В современных условиях подземной разработки угольных месторождений газовый фактор становится одним из главных препятствий на пути увеличения нагрузки на очистной забой, повышения темпов подготовки выемочных полей и обеспечения безопасных условий труда шахтеров. Так, доля ограничения производительности очистного оборудования по газовому фактору в действующих лавах составляет 13–15 %, при нагрузках 1200–1500 т/сут достигает 35 %.

Еще более остро проблема газовыделения стоит при проведении подготовительных выработок. В результате возрастания диспропорции между темпами подготовительных и очистных работ значительно ухудшаются технико-экономические показатели отработки.

Постоянное углубление горных работ сопровождается увеличением газоносности угольных пластов. В среднем глубина шахт ежегодно увеличивается на 10–12 м. Глубина разработки на ряде шахт превысила 1000–1300 м. На достигнутых глубинах газоносность угольных пластов составляет 25–30 м³/т, большой вклад в формирование газового баланса приносят породы, газоносность которых в ряде случаев достигает 4–6 м³/т.

За последние 50 лет объем добычи угля увеличился в 2,8 раза, а газовыделение – более чем в 16 раз.

Доля шахт третьей категории и сверхкатегорных превысила 65 %, а объем их добычи – 73 % от общего.

Анализ опыта работы показал, что на газовых шахтах капиталовложения на 1 т добычи угля на 25–30 % выше, себестоимость в 1,5–2,5 раза больше, нагрузки на очистной забой и производительность рабочего ниже соответственно на 40–60 % и 25–28 %, чем в аналогичных условиях, но в негазовых шахтах [64].

Применяемая техника и современная технология добычи угля позволяют обеспечить нагрузку на лаву на уровне 5000–8000 т / сут, однако с учетом возможностей вентиляции такая производительность достижима только при газоносности угольных пластов не более 6–8 м³/т. В настоящее время из 602 шахт

133 имели абсолютную газообильность более 50 м³/мин, а 61 из них – более 100 м³/мин, 356 шахт отнесены к сверхкатегорным и опасным по внезапным выбросам угля и газа.

Себестоимость добычи угля в шахтах глубиной более 800 м повышается из-за влияния газового и теплового факторов на 5–6 % на каждые 100 м углубления горных работ. При метановыделении 30 м³/т нагрузка на очистной забой составляет всего 10–15 % технической производительности добычного оборудования. Для повышения уровня использования шахтного оборудования осуществляют дегазацию угленосной толщи.

Затраты на дегазацию изменяются по бассейнам, достигая в Карагандинском и Печорском бассейнах 8–10 % себестоимости добычи угля. Анализ работы шахт, применяющих дегазацию, показал, что при этом прирост добычи угля за счет снижения ограничения по газовому фактору составляет 20–50 %.

Характерная черта современной дегазации – рост газовыделения, с одной стороны, а с другой – усложнение условий применения и снижение эффективности способов дегазации. Так, увеличение глубины разработки с 300–400 до 600–800 м снизило эффективность предварительной дегазации пластов в Карагандинском и Донецком бассейнах в 1,5–2 раза. Существенно ограничивают темпы ведения очистных и подготовительных работ суфлярные выделения метана. С увеличением глубины ведения горных работ их частота и интенсивность значительно повысились. Суфлярные выделения обычно приурочены к зонам геологических нарушений и связаны с природными трещинами, реже – с трещинами, возникающими в процессе ведения горных работ. Их дебит может достигать 100–150 м³/мин, а продолжительность действия – от нескольких часов до нескольких лет. Потеря добычи угля в среднем по одной шахте достигает 10 тыс. т / год. На многих шахтах возможности вентиляции без их реконструкции практически исчерпаны и для удаления выделяющегося метана горных выработок применяются различные комплексы способов дегазации.

Возрастание с глубиной газоносности угольных пластов, наряду с уменьшением газопроницаемости последних, приводит к снижению эффективности дегазации. Особенно сильно это сказывается на состоянии горно-подготовительных работ. Значительно осложняет разработку пластов возрастающая с

глубиной их выбросоопасность. Проведение подготовительных выработок в таких условиях осуществляется с применением локальных противовыбросных мероприятий, таких, как гидроотжим (42,7 %), увлажнение угля (0,1 %) и бурение опережающих скважин (57,2 %). Это приводит к значительному ухудшению технико-экономических показателей проведения выработок: темпы снижаются в 1,5–2 раза, производительность труда проходчиков – в 1,2–1,4 раза по сравнению с показателями, достигнутыми при проведении выработок по пластам, не опасным по внезапным выбросам угля и газа. Весьма низок и уровень организации труда из-за больших простоев, связанных с осуществлением мероприятий по предупреждению внезапных выбросов, достигающих 25–50 % общей продолжительности проведения выработок.

Проведение мероприятий по предупреждению внезапных выбросов особенно сказывается на темпах проходки выработок высокопроизводительными комбайнами, коэффициент использования машинного времени которых колеблется в пределах 10–12 %. По фактическим данным, трудоемкость выполнения противовыбросных мероприятий и их контроль составляют от 7,4 до 22,6 % всего проходческого цикла. При этом стоимостные затраты на проведение противовыбросных мероприятий составляют 13–30 % всех затрат.

Таким образом, возрастающие с глубиной газоносность и выбросоопасность угольных пластов приводят к снижению темпов проведения пластовых выработок, росту трудоемкости работ и, в конечном счете, к увеличению затрат на проведение выработок. Так, в Карагандинском бассейне темпы проведения выработок не превышают 90 м / мес, что ниже достигнутых в 1977 г. в 1,3 раза.

За последние 10–15 лет значительно расширился круг проблем, связанных с угольным метаном. Это определяется резким усилением внимания к проблемам сохранения озонового слоя и глобального потепления климата, а также перспективами добычи метана из угольных месторождений, которые широко рекламируются американскими газовыми компаниями.

По данным МТЭА, метан занимает второе место после углекислого газа по степени опасности для окружающей среды. Уже сейчас для стабилизации содержания парниковых газов

необходимо сокращение выделения метана в атмосферу примерно на 15 %.

Как парниковый газ метан имеет высокую степень воздействия на изменение климата. Его прямой радиационный эффект в 11 раз выше по сравнению с основным парниковым – углекислым газом (CO_2). Кроме прямого участия в парниковом эффекте метан способствует разрушению озонового слоя: в стратосфере он реагирует с гидроксильными радикалами, которые являются основными компонентами, дезактивирующими многие соединения, в том числе фторхлоруглероды, разрушающие озоновый слой.

Общее влияние метана на глобальное потепление оценивается в 18 %.

По результатам анализа газов, содержащихся во льду Антарктиды, американские ученые установили, что в течение тысячелетий концентрация метана в атмосфере Земли оставалась практически постоянной и составляла $0,65\text{--}0,7$ млн⁻¹. С наступлением индустриального периода она стала возрастать и за 200 лет к настоящему времени достигла $1,72$ млн⁻¹, т. е. ежегодный прирост превышает 1 %. Среднегодовой прирост углекислого газа – $0,4\text{--}0,5$ %, окислов азота – $0,2$ %, фторхлоруглеродов – $4\text{--}5$ %.

Следует учитывать, что метан, поступающий в атмосферу, в 22 раза более эффективен с точки зрения влияния на потепление поверхности Земли, чем соответствующее количество CO_2 .

Метан имеет относительно более короткий период существования в атмосфере, составляющий около 11 лет, тогда как соответствующий период для CO_2 – примерно 20 лет, а закиси азота – 130 лет.

Относительно короткая продолжительность существования метана в атмосфере делает его привлекательным с точки зрения эффективности регулирования потепления Земли парниковым газом. Уменьшение поступления метана в атмосферу на $10\text{--}20$ % от существующего уровня способно уменьшить потепление Земли на 1°C за столетие, а это составит 25 % от ожидаемого уровня потепления.

Таким образом, снижение поступления метана в атмосферу становится важной составляющей при решении глобальной проблемы потепления климата Земли.

Величина естественной эмиссии метана (от болот, термитов и пр.) оценивается в 175 млн т/год. Антропогенное выделение метана достигает 385 млн т/год, в том числе угольных систем – 35 млн т/год.

В результате различных химических реакций (в основном с гидроксильными радикалами) в атмосфере поглощается 530 млн т метана в год, что дает ежегодный его прирост порядка 30 млн т.

Наиболее перспективными с точки зрения сокращения эмиссии метана в атмосферу являются компактно расположенные, концентрированные источники, т. е. нефтегазовые и угольные системы.

Основная эмиссия угольного метана приходится на три ведущие угледобывающие страны: КНР, США и Россию.

Ежегодная эмиссия угольного метана по источникам распределяется следующим образом:

- подземная добыча угля – 20–28 млн т (70–85 %);
- открытые горные работы и транспорт угля – 3–8 млн т (10–20 %);
- сжигание угля – 1–4 млн т (5–10 %).

Метан представляет собой не только основную опасность в газовых шахтах и глобальную экологическую вредность, но это в то же время высококачественный источник топлива и химического сырья.

Запасы и высокое качество угольного метана определяют его потенциальную привлекательность как самостоятельного полезного ископаемого. Успехи газовых компаний США интенсифицировали практические работы в данном направлении.

Общий объем метана, добываемого из угольных месторождений в США, по данным на 1999 г., превысил 30 млрд. м³. Анализируя этот объем добычи, нельзя не обратить внимания на то, что почти весь метан был добыт практически в двух бассейнах. Из них определяющая часть – более 80 % – добыта в бассейне Сан-Хуан и около 12 % – в бассейне Блэк Вэриор.

На основе анализа результатов геологоразведочных и эксплуатационных работ американскими специалистами определены четыре критерия зон с высоким потенциалом метана.

Важнейшим критерием является наличие мощных пластов угля высокой степени метаморфизма, проницаемости и хрупкости с отражательной способностью $R > 0,75$ %.

Вторым критерием является высокая газоносность угля, фактически на 100 % совпадающая с газоемкостью.

Третий критерий – наличие резервуара метана, т. е. системы открытых полостей, определяющей так называемую резервуарную проницаемость, усиленную тектонической трещиноватостью. В отличие от первых двух критериев в практике дегазационных работ в СССР этот критерий в явном виде не формулировался и не использовался и является нововведением американских геологов.

Четвертым критерием является возможность расширения сети естественных трещин и полостей, оценка степени открытости (закрытости) системы трещин. Этот критерий, в сущности, связан с прогнозом резервуарной проницаемости и эффективности способов воздействия на дегазируемую зону.

В настоящее время в США эксплуатируется более 8000 скважин, из них более 40 % в бассейне Сан-Хуан. Объем геологоразведочных работ в этом бассейне составил более 17 000 скважин. Менее 10 % скважин этого бассейна дают около 60 % общей годовой добычи угольного метана в США и 75 % бассейновой. Средний дебит по остальным скважинам в Сан-Хуане составил 3,8 м³/мин, однако целью этих работ является дегазационная подготовка угольных пластов, а не непосредственно добыча метана.

Таким образом, в укрупненном виде все современные проблемы угольного метана можно подразделить на три [105]:

- проблема безопасности;
- экологическая проблема;
- энергетическая проблема.

Все эти проблемы взаимосвязаны. Так, утилизация шахтного метана, например, в котельных решает не только энергетическую, но и экологическую проблему за счет сокращения выбросов CO₂, ликвидации выбросов пыли и пр.

Решение проблемы добычи метана в варианте заблаговременной дегазационной подготовки позволяет подойти к решению всех трех проблем.

Глава 2

ПРИНЦИПЫ ТЕХНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ УГОЛЬНОГО МЕТАНА

Одним из основополагающих законов в области использования природных ресурсов является Закон ограниченности природных ресурсов, который исходит из того, что, поскольку планета Земля представляет собой естественное ограниченное целое, на ней не могут существовать бесконечные части. Следовательно, категория «неисчерпаемых» природных ресурсов возникла по недоразумению. Развитие производительных сил в обществе будет происходить относительно постепенно, до момента резкого истощения природоресурсного потенциала, который характеризуется как экологический кризис. Кризис от истощения природного потенциала уже наблюдается во многих отраслях промышленности, в том числе и в угольной, где в последние годы заметно формирование новых форм организации работ, связанных с созданием и развитием эффективных шахт с параллельным закрытием и санацией убыточных, мало-рентабельных предприятий. Закрытие убыточных шахт в угольной промышленности связано с большими материальными затратами и неблагоприятными экологическими последствиями для окружающей среды, а также создает целый ряд социальных проблем для угледобывающих регионов. Поскольку избежать истощения природоресурсного потенциала невозможно, необходимо уделять особое внимание более полному использованию природных ресурсов, т. е. малоотходному производству. При этом следует учитывать следующее:

- первым условием развития любых технологий должна быть их малая ресурсоемкость (как на входе, так и на выходе – экономичность, незначительные выбросы вредных веществ);
- второе условие – создание цикличности производств (отходы одних должны быть сырьем для других);
- третье условие – организация разумного депонирования (захоронения) неминуемых остатков и нейтрализация неустраиваемых отходов.

Следует учитывать, что действующие законы рационального природопользования ставят перед обществом задачу, во-первых, не переступать тех границ изъятия природных ресурсов, за которыми теряется способность природы к самовосста-

новлению, во-вторых, рационально использовать (в особенности невозобновимые) добытые ресурсы, в-третьих, уменьшать загрязнение среды, т. е. сводить к минимуму отходы производства. Таким образом, надо разрабатывать и внедрять в производство экологически чистые, малоотходные и безотходные технологии. Для этого необходимы экологическая проверка и анализ данных, который состоит в общей оценке влияния горного объекта на людей и окружающую их среду с учетом их взаимодействия с почвами, животным и растительным миром, климатом и загрязнениями, а также материальными и культурными объектами. Для экологической проверки и анализа необходимо осуществлять экологическую экспертизу, где должны быть рассмотрены по отдельности воздействия, оказываемые горным объектом на окружающую среду, включая взаимодействие между ними.

В результате несовершенства технологического процесса добычи угля в данной сфере производства образуется большой объем отходов, ряд из которых представляет собой ценное сырье, сопоставимое по концентрации содержащихся в нем полезных компонентов с углем, а в ряде случаев при малорентабельном производстве даже превосходящее добычу угля.

Если имеющиеся технические и экономические возможности еще не позволяют полностью устранить негативные воздействия на окружающую среду, следует осуществить все технически и экономически приемлемые мероприятия для уменьшения таких воздействий, сводя их к достижимому минимуму. Данное требование должно учитывать тот факт, что в настоящее время в угольной промышленности при ряде процессов такие побочные явления, как выброс из шахт теплого потока воздуха, выход газообразных и пылеобразных твердых продуктов, возникающие при добыче угля, и их воздействие на окружающую среду либо неизбежны по техническим причинам, либо их предотвращение связано с не приемлемыми для экономики затратами. То, что до сих пор считали отходами, следует рассматривать с точки зрения охраны окружающей среды как сырьевые материалы.

Снижение негативных воздействий на окружающую среду возможно, в частности, путем:

- уменьшения негативно воздействующих факторов в месте их возникновения, в особенности с помощью перехода

на малоотходную технику и технологию и утилизацию получаемого вторичного сырья;

- осуществления дополнительных охранных мероприятий, уменьшающих негативное влияние источников экологических нагрузок на окружающую природную среду, например путем оснащения угледобывающих предприятий воздушными фильтрами, утилизационными установками и другим защитным оборудованием.

Иными словами, создание экологически чистых технологий, переход к ресурсосберегающему типу производства в угольной отрасли должны становиться более выгодными с экономической точки зрения и являться главным направлением научно-технического прогресса.

Создание безотходной технологии добычи угля путем утилизации минеральных отходов и вторичных ресурсов и разработка способов предотвращения загрязнения окружающей среды должны состоять из следующих этапов:

- разработка теории и установление качественных и количественных закономерностей образования вредных веществ и выбросов их в окружающую среду, создающих негативную экологическую ситуацию в горнодобывающих регионах в процессе добычи угля;
- исследование инженерных направлений снижения объемов вредных отходов методом использования их для получения дополнительной продукции;
- разработка технологий и оборудования для утилизации отходов с целью охраны окружающей среды и рационального использования ресурсов;
- установление источников вредного воздействия угольного производства на элементы природной среды, а также проявлений этого воздействия;
- разработка теории и установление качественных и количественных закономерностей уровней загрязнения и выброса вредных примесей в атмосферу;
- разработка способов извлечения и использования вторичных ресурсов для защиты окружающей среды от вредного воздействия угольного производства;

- определение экономической эффективности принятых решений по охране окружающей среды и использованию вторичных сырьевых ресурсов;
- эколого-экономическая оценка технико-технологических решений, обеспечивающих нейтрализацию негативных экологических последствий.

Для угольной промышленности одним из основных попутно добываемых полезных ископаемых является метан угольных пластов и вмещающих пород. Поэтому особым видом малоотходной технологии является утилизация шахтного метана, выносимого вентиляционными потоками и дегазационными системами.

Идея извлечения из угленосной толщи и вентиляционных потоков метана для его промышленного использования заключается в разработке и применении новых технологий ведения работ, обеспечивающих эффективное, экологически чистое и безопасное производство.

Содержание метана в месторождениях, освоенных горными работами, достигает на действующих шахтах 150–200 млрд м³ в промышленных запасах угля и 100–150 млрд м³ в тонких пластах и пропластках.

На каждую тонну добываемого в России угля в среднем выделяется 20 м³ метана. Общий дебит метана из всех источников его выделения составляет более 10 тыс. м³/мин, в том числе дебит каптируемого метана – свыше 900 м³/мин.

На территории России наиболее газоносными являются пласты угля Воркутского месторождения и Кузнецкого бассейна. Общие ресурсы метана в угольных пластах России составляют, по различным источникам, 48–65 трлн м³ с учетом восточных и северо-восточных бассейнов. В то же время следует отметить, что имеющиеся в настоящее время данные по газоносности угольных пластов и вмещающих пород и по величине ресурсов метана еще недостаточно точны из-за отсутствия достоверных методов оценки запасов и ресурсов метана.

В последние годы проблеме выделения метана в атмосферу все больше уделяет внимание мировая общественность, которая требует сокращения выбросов парниковых газов (к которым относится и метан) в атмосферу. При добыче угля ежегодно поступает в окружающую среду более 32 млрд м³ метана.

Проблема уменьшения выделения метана в атмосферу возникла не только в связи с парниковым эффектом, но и вследствие ухудшения здоровья такой профессиональной группы, как шахтеры, и всего населения угольных регионов, что подтверждается статистическими данными о продолжительности жизни и о детской смертности.

Интенсивные исследования газового и аэрозольного состава атмосферы за последние годы показали его значительные изменения под антропогенным влиянием горнодобывающих производств, что может привести к существенным изменениям глобального и регионального климата в будущем. Антропогенные выбросы таких парниковых газов, как метан, заметно увеличивают естественное его содержание в атмосфере.

Механизм поведения метана, попадающего в атмосферу в гораздо больших количествах, чем предусмотрено природой, и процессы его взаимодействия с окружающей средой очень сложны и до конца не изучены, но то, что он в значительной степени воздействует на потепление климата, здоровье людей, на образование фотохимического смога в городах и косвенно влияет на озоновый слой является, по результатам исследований, проводимых в последнее время, достаточно достоверным фактом.

Метан, несмотря на малую концентрацию его в атмосфере, оказывает существенное влияние на формирование парникового эффекта. Исключительно высокие темпы накопления метана в атмосфере объясняются тем фактом, что CH_4 намного эффективнее других газов (в 20–40 раз интенсивнее, чем, например, CO_2) поглощает инфракрасную радиацию, что неизбежно приводит к потеплению климата. Среднее время пребывания метана в атмосфере, по оценкам ряда ученых, составляет от 3,5 до 11 лет.

При сохранении этих скоростей роста удвоение концентрации метана произойдет через 30–70 лет и, по модельным расчетам, это вызовет увеличение среднеглобальной температуры приземного воздуха на 0,5 °C. Поэтому необходимо, чтобы при анализе климатических изменений особое внимание уделялось росту концентрации метана в атмосфере. Главной причиной его увеличения является расширение хозяйственной деятельности человека, и в частности подземная добыча угля.

Известно, что 80 % газа, попадающего в атмосферу при разработке месторождений угля, – это метан. По ориентировочным подсчетам, при общей мировой добыче угля ежегодно выделяется около 40 млрд м³ метана. Существует и другая оценка, по которой на 1 т у. т. угольной промышленности приходится 3,9–11 кг метана. Используя данные о добыче угля, получим суммарную эмиссию метана от разработки угольных месторождений, достигающую 9–45,0 млрд м³.

Следует отметить, что до 2010 г. нет оснований ожидать замедления роста антропогенных выделений метана в атмосферу.

Наиболее вероятное значение концентрации метана было определено в исследованиях по одномерной радиационно-фотохимической модели, учитывающей средние оценки для источников метана и скорость роста концентрации окиси углерода (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Измеренная в 1983–1995 гг. и ожидаемая в 2000–2010 гг.
среднегодовая концентрация метана
в нижней тропосфере умеренных северных широт

Газ	Единица измерения	Год						
		1983	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Метан	млн ⁻¹	1,7	1,7– 1,78	1,7– 1,87	1,7– 1,97	1,7– 2,07	1,7– 2,18	1,7– 2,29

В 1988 г. был опубликован доклад ООН о воздействии парникового эффекта на условия жизни на Земле, в котором отмечается, что в результате усиления парникового эффекта, т. е. нагрева внутренних слоев атмосферы, вызванного уменьшением притока тепла в высокие атмосферные слои из-за повышенного накопления в тропосфере углекислого газа, метана, хлорфторидов и других веществ, температура земной атмосферы будет за 10 лет повышаться на 0,2–0,5 °С, что приведет к глобальному потеплению климата на Земле и, как следствие, – к повышению уровня Мирового океана, затоплению береговых зон и серьезному подрыву экономики многих стран.

При расчете роста концентрации метана в атмосфере по угольным бассейнам не учитывалось время пребывания метана

в атмосфере. Отсутствие измерений содержания метана над угольными регионами не позволяет судить об изменениях там вертикального профиля метана относительно земной поверхности, который определяется временем его пребывания.

Исследования научных трудов и нормативных документов в области охраны окружающей среды при производстве подземных горных работ показывают, что шахтный газ практически никогда не рассматривался с экологической точки зрения, т. е. как антропогенный газ, наносящий вред окружающей среде, а также с точки зрения ценного вторичного сырья. Это связано с тем, что, во-первых, обобщенная экономическая и экологическая информация по данному вопросу отсутствует, во-вторых, эта проблема связана с достаточно далекими друг от друга областями науки и техники.

Экологическое регулирование экономики должно строиться на сбалансированном развитии, предусматривающем использование вторичных ресурсов, уменьшение отходов, повышение эффективности использования энергии, изменение систем стимулирования в вопросах сохранения окружающей среды.

В настоящее время накоплен определенный опыт использования метана, извлекаемого на шахтах при дегазации, но требуется глубокое изучение свойств метана как антропогенного источника воздействия на окружающую среду.

В табл. 2.2 указаны пределы изменений в 1970–2000 гг. тропосферного содержания метана и соответствующих изменений радиационной и реальной температуры приземного воздуха.

Оценки прироста содержания в атмосфере радиационно-активных малых газов, к которым относится и метан, служат основой для прогноза ожидаемых изменений климата, среднегодовой температуры приземного воздуха, радиационного режима. Практически важно предвидеть и предотвратить нежелательные или даже опасные для природы и человека последствия изменений состава атмосферы и климата.

В последние годы все чаще стали проводиться исследования по воздействию атмосферного метана на глобальный климат Земли. Учитывая увеличение выделения метана из угольных шахт, повышение его концентрации в атмосфере промышленных районов, необходимо предусматривать возможные изменения климата в региональном масштабе.

Таблица 2.2

Изменения концентрации метана в нижней тропосфере умеренных северных широт и оценка вызванных ими приростов радиационной и реальной температуры приземного воздуха

Год	Концентрация метана, млрд ⁻¹	Прирост CH ₄ , % в год	Температура, К	
			радиационная	воздуха
1970	1500	–	–	–
1970–1980	150	1,0	0,032	0,029–0,030
1980	1650	–	–	–
1980–1990	80–200	0,5–1,2	0,02–0,05	0–0,03
1980–2000	120–360	–	0,03–0,08	0,01–0,05

Эта задача ставится впервые. Тот факт, что метан, накапливаясь в атмосфере, задерживает тепловое излучение Земли, считается достаточно достоверным. Необходимо выяснить, в какой мере шахтный метан создает парниковый эффект и как воздействует это явление на экономические и экологические показатели промышленного района. При проведении этого исследования следует учитывать два фактора:

- среднегодовую температуру воздуха промышленного района;
- прирост концентрации метана в атмосферу из угольных шахт.

Климат планеты представляет собой очень сложную систему. Даже небольшие изменения температуры (на сегодняшний день предположительная цифра повышения температуры по планете за последние 100 лет составила 0,5 °С) могут иметь необратимые и непредсказуемые катастрофические последствия.

Проблема загрязнения газами возникла не только как результат большой искусственной (антропогенной) эмиссии, но и из-за того, что вся эта эмиссия сосредоточена на площадях, где живут и работают люди, что особенно ощутимо в городах. Кроме того, большая часть (более 90 %) мировой индустрии сосредоточена в северном полушарии и в основном между 30° и 60° с. ш. В этом регионе антропогенная эмиссия значительно превышает естественную и ее потенциальное влияние гораздо

серьезнее из-за высокой плотности населения. Очень многие процессы (атмосферная турбулентность, выпадение осадков, образование облаков) влияют на глобальный климат, поэтому в явном виде все эти факторы очень трудно учесть, приходится искать лишь взаимосвязь между температурой воздуха и выделениями метана, которые в значительной мере усиливают изменение земного климата.

Количество выделяющегося в шахтах метана находится, как отмечалось ранее, в прямой зависимости от объема добытого угля и его природной метаноносности.

Исследованиями установлено, что в 1980–1990 гг. наряду с увеличением метанообильности угольных шахт росла также годовая температура приземного воздуха и увеличивалось отклонение среднегодовой температуры от среднего значения. Температура воздуха по пяти десятилетиям в основных городах Кузнецкого бассейна имела тенденцию к увеличению (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Данные о среднегодовой температуре воздуха по основным городам Кузбасса за период 1940–1990 гг.

Город	Среднегодовая температура воздуха, °С				
	1940– 1949 гг.	1950– 1959 гг.	1960– 1969 гг.	1970– 1979 гг.	1980– 1990 гг.
Междуреченск	0,95	0,73	0,64	1,11	1,63
Кемерово	0,21	–0,09	0,10	0,11	0,72
Новокузнецк	0,95	0,88	1,19	1,30	1,63
Киселевск	0,91	0,91	1,24	1,47	1,89
Средняя температура по Кузбассу					
	0,755	0,608	0,793	0,998	1,468

Заметим, что наиболее теплым был период 1970–1990 гг., причем среднегодовая температура по всему бассейну с 1980 по 1990 г. дважды превысила аналогичную за предыдущие периоды.

К высокогазообильным относится и Печорский угольный бассейн, в котором значительная часть каптируемого метана имеет концентрацию более 40 % (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Объем и качество капируемого метана по шахтам ОАО «Воркутауголь»

Шахта	Объем газа, млн м ³ /год	Содержание метана в смеси, %
Воркутинская	42,7	40
Северная	71,4	43
Южная	24,0	33
Аяч-Яга	13,1	44
Комсомольская	58,4	56
Заполярная	39,2	49
Юр-Шор	4,7	22
Центральная	15,6	36
Промышленная	9,5	39
Воргашорская	5,1	25
Итого по ОАО «Воркутауголь»	283,7	38,7

2.1. МЕТАН УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Метан, содержащийся в угольных месторождениях, как выше указывалось, это один из видов минерально-сырьевых ресурсов страны. Решение проблемы метана в угольной промышленности имеет государственное социально-экологическое значение. Оно определяется следующими факторами:

- созданием экологической метанобезопасности в угольных регионах и безопасных условий труда на шахтах, прежде всего устранением одной из важнейших причин гибели шахтеров;
- повышением эффективности использования фронта горных работ;
- экономически выгодным использованием капируемого газа в промышленных и бытовых целях.

Метан должен добываться и использоваться наравне с другими топливно-энергетическими ресурсами и способствовать реализации программы, разработанной АО «ГипроНИИГаз» совместно с АО «Росгазификация» в развитие программы Пра-

вительства Российской Федерации «Реформы и развитие российской экономики в 1995–1997 гг.», утвержденной Постановлением Правительства РФ от 28.04.95 г. № 439, а также во исполнение поручений Правительства РФ от 19.07.95 г. № ОС-П 14-21576 и от 22.09.95 г. № 134-П 14-29301.

В настоящее время метан должен рассматриваться как объект, управление которым позволяет решать масштабные задачи в следующих четырех направлениях.

Снижение загрязнения земной атмосферы. Метан, попадающий в атмосферу, весьма негативно воздействует на экологическую ситуацию, способствует образованию фотохимического смога в городах, ухудшает состояние озонового слоя и, в конечном счете, – здоровье людей.

Так, по данным Западно-Сибирского международного центра экологических и медико-биологических исследований, за последние 30 лет демографическая ситуация по Кузбассу и Воркуте характеризуется ростом смертности в 1,8 раза, сокращением рождаемости в 2 раза, уменьшением естественного прироста населения в 12,7 раза, устойчивой тенденцией роста заболеваний по сравнению с другими регионами страны: нервной системы и органов чувств на 36–37 %, органов дыхания на 4,5–6,5 %, кожи и подкожной клетчатки на 33–37 %, психических расстройств на 1,5–4 %, онкологических заболеваний в 3,5 раза. Далеко не последнюю роль в этом играет выделяющийся метан. За последние 40 лет выделение метана из шахт Кузбасса увеличилось в 4 раза, а Воркуты – в 8 раз.

Выделяющийся метан на полях закрывающихся шахт наряду с загрязнением атмосферы проникает в подвальные и жилые помещения, создавая непредсказуемую взрывоопасную ситуацию.

Обеспечение безопасных условий труда в шахтах. Особенно острой является проблема предотвращения взрывов газа и угольной пыли на действующих шахтах. Такие аварии, как правило, связаны с наиболее тяжелыми последствиями и гибелью людей. В 1995 г. произошло 1740 случаев загазирования выработок, в том числе 919 аварийного характера с остановкой работ и выводом людей, из них 445 – в Кузбассе. В этом же году произошли 4 крупных взрыва на шахтах с гибелью более 40 чел. Шахта «Первомайская» АОТ «Северокузбассуголь» на дли-

тельный срок была выведена из строя. Экономический ущерб от аварий за 1995 г. составил более 114 млн руб.

В 1996 г. произошло 26 аварий с групповыми несчастными случаями, в которых пострадало 140 человек, в том числе 37 человек погибли. Наиболее крупные взрывы произошли на шахтах «Кадыкчанская» (6 чел.) и «Батуриная» (9 чел.).

В сентябре 1997 г. произошел взрыв метана и угольной пыли на шахте «Баренцбург» (о. Шпицберген). 23 человека погибли, из строя вышла часть шахты, был нанесен значительный экономический ущерб. В декабре 1997 г. взрыв метана и угольной пыли на шахте «Зыряновская» АОТ «Южжубассуголь» унес жизни 67 шахтеров.

Смертельный травматизм вследствие нарушения норм содержания метана и других вредных примесей в атмосфере горных выработок достиг в 1995–1997 гг. почти 20 % от общего травматизма.

Обеспечение безопасности условий работы шахтеров требует организации постоянного автоматизированного контроля дебита и концентрации метана в шахтной атмосфере и дегазационных сетях и управления перераспределением воздуха в выработках и газовой смеси в системе дегазации. Для этого необходимо создать автоматизированную систему контроля и дистанционного управления состоянием шахтной атмосферы и дегазационными системами с последующим переходом к телеавтоматическим системам с применением электронно-вычислительной техники.

Одной из мер борьбы с метаном является дегазация как на действующих, так и на закрываемых газообильных шахтах. Основная суть ее совершенствования – коренное изменение технологии, создание и внедрение нового оборудования.

Повышение эффективности добычи угля. Выделение метана в выработки угольных шахт является одним из основных факторов, отрицательно влияющих на эффективность добычи угля. Опыт работы шахт с высокой газообильностью указывает на то, что применение дегазации различных источников газовыделения снижает риск формирования опасных концентраций метановоздушных смесей, способствует повышению нагрузки на очистной забой и темпов проведения подготовительных выработок.

Нагрузка на очистной забой в высокогазобильных шахтах в значительной степени зависит от эффективности дегазации.

Эта зависимость становится решающей среди других факторов уже при выделении метана в выработки добычного участка 10–12 м³/мин, что наблюдается в большинстве случаев. Нагрузка в размере 1500–2000 т/сут обеспечивается при коэффициенте дегазации не менее 35–40 %, а при нагрузках, предусматриваемых на перспективных шахтах, эффективность дегазации на добычных участках должна составлять не менее 50–60 %.

В настоящее время наиболее высокая эффективность дегазации достигается на ряде шахт Воркутского месторождения (до 35–40 %). В то же время на шахтах Кузнецкого бассейна извлекается немногим более 15–20 % от общего количества метана, выделяющегося в выработки выемочного участка в процессе ведения горных работ.

Использование captируемого метана в бытовых и промышленных целях. Учитывая, что метан относится к выбросам, загрязняющим атмосферу, одним из направлений предотвращения эколого-экономического урона, наносимого обществу загрязнением окружающей среды, и в развитие природоохранных мероприятий в угледобывающих отраслях следует назвать утилизацию шахтного метана.

Метан является высокоценным сырьем для энергетики и промышленной химии. При существующих уровнях дегазации использование метана обеспечивает значительный экономический эффект. Так, на шахтах АООТ «Воркутауголь» использование метана в котельных в объеме 30–35 млн м³/год (20–25 % от общего объема) позволяет сэкономить до 50 тыс. т угля. В ближайшей перспективе намечается обеспечить объем утилизации метана 50–55 млн м³/год, что даст экономию угля до 75–80 тыс. т. Существенный эффект даст также использование шахтного метана в химической промышленности, на автозаправочных станциях и в других целях.

Для использования метана с целью получения тепловой и электрической энергии ведутся необходимые работы, имеется ряд апробированных средств и технологических решений. Получены также удовлетворительные результаты экономической, технической и экологической возможности и целесообразности производства из метана таких химических продуктов, как октамикс, ацетилен, метанол, альдегиды, техническая сажа, моторное топливо.

Силовые газомоторные и газодизельные установки, предназначенные для получения электроэнергии и тепла при использовании в качестве топлива шахтного метана, могут поставляться АО «Коломенский завод» и фирмой «Катерпиллар», а установки для производства октамикса, ацетилен, метанола, технической сажи и моторного топлива – АО «Пензахиммаш» и АО «Уралхиммаш».

Необходимо завершить разработки буровых установок для высокопроизводительного бурения дегазационных скважин, оборудования для подготовки и транспортирования метановоздушных смесей от мест извлечения к потребителям, технологических установок и аппаратуры для производства октамикса, ацетилен и альдегидов.

Силовые и химические установки могут стать основой малой химии и энергетики страны и использоваться во многих отраслях промышленности для обеспечения как собственных нужд, так и других промышленных и жилых объектов. Срок окупаемости установок не превышает 3–5 лет.

Развитие малой химии и энергетики в угольной промышленности экономически стимулирует развитие работ по дегазации угольных пластов, а следовательно, позитивно влияет на безопасность труда в подземных условиях и экологию региона.

Социально-экономическую значимость каждого из отмеченных направлений трудно переоценить.

Вместе с тем работы по извлечению и особенно по использованию метана осуществляются крайне неудовлетворительно. Уровень дегазации невысок. В последние годы на шахтах Кузбасса объемы дегазации даже снизились. Использование метана ведется только на нескольких шахтах Воркуты.

Рост объема выделения метана из шахт Кузбасса и Воркуты за период с 1955 по 1995 г. соответственно в 4,2 и 8,3 раза привел к повышению среднегодовой температуры приземного слоя воздуха соответственно на 0,88 и 1,2 °С, что свидетельствует о региональном изменении климата.

Комплексное решение проблемы метана в первую очередь связано с эффективной дегазацией угольных пластов. Она должна осуществляться на всех стадиях подготовки и разработки месторождений: непосредственно после геологоразведки, в процессе развития горных работ и при добыче угля.

В настоящее время промышленная дегазация ведется только на полях действующих шахт через скважины, пробуренные с поверхности, и из горных выработок. При этом в отдельных случаях достигается высокая эффективность дегазации. Имеется опыт извлечения метана из скважин, пробуренных с поверхности, с концентрацией метана до 95–98 % в стабильном и длительном режиме. Однако в целом уровень дегазации на шахтах значительно ниже требуемого. Так, в Кузбассе метана извлекается в 3–3,5 раза ниже уровня, необходимого для эффективной и безопасной работы. В последние годы объемы дегазации в Кузбассе снизились.

Среди множества факторов, препятствующих эффективно-му решению задач, связанных с извлечением и использованием шахтного метана, следует отметить следующие основные четыре, имеющие общеотраслевое значение и не зависящие от природных условий выделения газа или технического уровня способов и средств ведения работ:

- неудовлетворительная, не соответствующая современным рыночным условиям организация работ по решению проблемы извлечения и использования метана.

Службы дегазации не имеют материальных стимулов к увеличению объемов извлечения метана. В угольных регионах, акционерных компаниях и на предприятиях, как правило, отсутствуют хозрасчетные структуры по дегазации. Не ведется целенаправленной работы по специализации работников производства в направлении освоения технологии дегазации и использования метана. Административные требования к своевременной и качественной дегазации в последние годы снизились. К проблеме использования метана специализированные отрасли практически не привлекаются;

- ограниченность финансовых средств для дегазации и использования метана.

Экономические проблемы в стране и отрасли наиболее остро сказываются на вспомогательных и сопутствующих производствах. Одним из таких производств при добыче угля является дегазация.

Кроме средств господдержки другие источники финансирования дегазационных работ не привлекаются.

Для развития метановой энергетики как одного из направлений природоохранной деятельности Россия выиграла грант США и в 1998 г. получила две газомоторные установки (малые ТЭЦ) от фирмы «Катарпиллар». Однако для решения проблемы в рамках угольной промышленности этого крайне недостаточно, и проблема финансирования требует специального решения;

- сложившаяся ментальность лидеров производства и руководителей угольных регионов.

Как и много лет назад, метан продолжают рассматривать только как неизбежное препятствие при организации добычи угля. Снижение же загрязнения атмосферы от выделения метана и извлечение дополнительной прибыли от его использования по-прежнему находится в сознании многих на втором плане. Рынок метана не создается. Диверсификация угольного производства и образование новых рабочих мест для трудоустройства высвобождаемых при закрытии шахт работников осуществляются без ориентации на расширение коммерчески выгодной дегазации с одновременным использованием метана;

- большое распыление научно-технического потенциала, используемого для решения проблемы метана.

Научные работы в области каптирования и использования метана ведутся в рамках научно-технических программ. Программы слабо связаны с направлениями и объемами реструктуризации угольной промышленности, а исследования часто не ориентированы на конкретные производства. Все попытки конкретизировать разработки пока не дали положительных результатов.

2.2. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНОГО МЕТАНА

Главной конечной целью решения проблемы является максимальное повышение экологической безопасности на угольных предприятиях и улучшение безопасности труда путем обеспече-

ния более полного извлечения метана с одновременной окупаемостью затрат за счет повышения эффективности работы шахты и использования метана в различных сферах экономики.

В основу предлагаемых решений проблемы использования шахтного метана во всех ее аспектах положены следующие принципы:

- наличие достоверных знаний о газоносности пластов и их газоотдаче;
- выбор способов и средств дегазации с учетом горно-геологических и технологических факторов;
- определение параметров, способов и фактической эффективности извлечения метана из каждого источника его поступления;
- разработка и реализация способов интенсификации газоотдачи горного массива с обеспечением коэффициента эффективности не менее 50–60 % для разгруженного горными работами массива;
- оценка возможных объемов извлечения метана и распределения их во времени;
- определение фактического количества извлекаемой метановоздушной смеси, ее качества и потребителей;
- наличие необходимого научного обоснования предлагаемых технологических и технических решений и научного задела;
- обеспечение рационального и комплексного использования природных ресурсов, минимальных потерь метана в недрах при его добыче и передаче потребителям;
- минимизация вредного воздействия технологических процессов на человека, окружающую среду с обеспечением безопасных условий труда;
- обеспечение гибкой адаптации технологии и оборудования к изменяющимся условиям и другим внешним условиям их функционирования;
- признание исключительно высокой социально-экономической значимости проблемы, во многом выходящей за рамки угольной промышленности;
- подчиненность программе реструктуризации отрасли;

- ориентация на различные источники финансирования работ;
- использование методов управления процессом, присущих рыночным формам хозяйствования;
- выделение приоритетов для ранжирования научно-технических разработок, осуществляемых в рамках ныне существующих программ, посвященных проблеме экологической метанобезопасности;
- выполнение по единой научно-технической программе и под единым научным руководством комплекса работ в области совершенствования извлечения и использования метана на шахтах и его транспортировки до мест потребления;
- отбор и ранжирование перспективных и закрывающихся шахт по степени газообильности для обеспечения этапности и учета особенностей ввода единого технологического процесса добычи и использования метана;
- разработка по каждой шахте инвестиционных проектов извлечения и использования метана с ориентацией на окупаемость затрат не более чем в 2–3 года;
- разработка бизнес-планов применения единой технологии извлечения и использования метана с целью привлечения к финансированию работ различных источников, включая:
 - централизованные средства господдержки и собственные средства перспективных и стабильно работающих шахт;
 - средства федерального и местных бюджетов, а также региональных служб занятости, поддержки предпринимательства и др. для реализации проектов добычи и использования метана на закрывающихся шахтах, обеспечивающих создание новых рабочих мест;
 - средства отечественных и совместных коммерческих структур, зарубежных фирм и физических лиц;
 - создание специализированных хозрасчетных структур, обеспечивающих проектирование и выполнение работ по всему циклу извлечения и коммерческого использования шахтного метана.

2.3. НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНОГО МЕТАНА

2.3.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНДИЦИОННЫХ МЕТАНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Получаемые из вакуум-насосных станций (ВНС) метановоздушные смеси (МВС) систем дегазации не вполне пригодны для использования в энергетических установках, так как они имеют низкое давление, постоянно меняющийся дебит и концентрацию менее 25 % объемных. Весь шахтный газ с концентрацией менее 25 % объемных, как правило, выбрасывается в атмосферу.

Научные поиски должны быть направлены прежде всего на подготовку МВС к использованию.

Метановоздушные смеси (МВС), получаемые как попутный продукт добычи угля, существуют двух видов: кондиционные и некондиционные. Кондиционные МВС получают при дегазации угольных пластов. Концентрация метана в смесях колеблется от 7 до 80 % объемных. С точки зрения безопасности используются МВС с концентрацией 25 % объемных и выше для получения тепла при сжигании их в паровых и водогрейных котлоагрегатах. При каптировании газа порядка 480–500 млн м³/год используется в котлах и сушилах только 7–10 % от общего количества. Остальной газ выбрасывается в атмосферу из-за отсутствия его подготовки для транспортирования и использования.

Кондиционный газ дегазации представляет собой гомогенную смесь воздуха с метаном, имеющую 100%-ную относительную влажность с температурой +20 ... +30 °С и незначительным количеством угольной пыли. Примеси МВС в виде диоксида углерода, гомологов метана, окислов серы и др. составляют доли процентов или следы их, а окислы серы в большинстве случаев вообще отсутствуют или встречаются очень редко.

Некондиционные МВС получают в основном при вентиляции шахт. Они делятся на две группы. Первая группа – МВС исходящих вентиляционных потоков шахт. Концентрация метана в смесях 0,3–0,5 % об. Выброс в атмосферу метана вентиляторными установками на шахтах России, по разным оценкам, составляет 8–12 млрд м³/год. Расход исходящих струй из одного ствола достигает 500 м³/с и более.

Другим источником получения низкоконтрированных МВС являются вентиляторы, применяемые для проветривания шахтных выработок и устанавливаемые на скважинах, пробуренных с поверхности. Концентрация метана в отсасываемой газовой среде составляет 3–15 % об. Этот источник представляет небольшой процент от общего объема метана, выбрасываемого в атмосферу вентиляцией шахт.

Следует разработать серию аппаратов, повышающих давление и концентрацию метана в МВС для безопасной транспортировки и подачи их в транспортную сеть, а также на горелочные устройства котлов и сушилок.

Для повышения концентрации МВС необходимо разработать технологию получения 100%-ного метана в жидком или газообразном виде. Повышение концентрации метана следует считать одним из перспективных направлений с использованием гравитационных, вихревых, сепарационных, мембранных и других принципов разделения МВС на метан и воздух.

На шахтах России кондиционный шахтный метан используется в настоящее время как топливо только в котлах (паровых и водогрейных) и сушилках. В развитие этого направления необходимо завершить разработку технологии совместного сжигания шахтного метана и угля.

Следует считать перспективным направлением использование кондиционных МВС для получения электроэнергии в газодизелях и газотурбинных установках, в малой химии и биотехнологиях.

Для эффективного использования капируемого метана создаются и уже есть созданные теплоэнергетические установки и установки химического производства, работающие на метановоздушных смесях стабильной концентрации и дебита. Существующие системы дегазации не могут обеспечить указанных требований к МВС, поэтому возникла необходимость создания для них транспортной системы, которая будет служить для потребителей демпфером от нестабильности параметров поступающей газозоошной смеси.

Магистральные газопроводы для МВС должны представлять собой единую систему, которая является подсистемой всего топливно-энергетического хозяйства угледобывающих ре-

гионов, и в полной мере обеспечивать энергоносителем малую энергетику, химию и теплофикацию регионов. Создание единой газовой сети, объединяющей горные отводы ряда шахт в каждом регионе, является гарантией бесперебойного снабжения МВС энергетических, тепловых и химических установок.

Развитие сети магистральных газопроводов для транспортирования МВС становится особо важным в связи с реструктуризацией угольной промышленности. В ряде угледобывающих регионов отсутствуют государственные газопроводы, и при закрытии шахт эти регионы остаются без энергоносителей.

Надежность газоснабжения с использованием МВС достигается благодаря новым техническим решениям по подготовке МВС перед транспортированием к потребителям, а также к системам контроля и управления МВС в транспортной сети.

В перспективе для удовлетворения потребности регионов в МВС необходимо объединение в единую систему газотранспортной сети по каждому бассейну (Кузбассу, Печорскому бассейну и Восточному Донбассу).

Успешное выполнение этой задачи в значительной мере зависит от решения новых научно-технических проблем в области извлечения метана угольных пластов, его подготовки и использования, что обеспечит эффективность утилизации метана и всей угольной промышленности.

2.3.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКОНДИЦИОННЫХ МЕТАНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Необходимо завершить разработку технологии сжигания МВС с концентрацией метана ниже нижнего предела воспламенения для использования тепла уходящих газов в газотурбинных установках, в котлах-утилизаторах и для нагрева воздуха, подаваемого через ствол в шахту.

Следует считать перспективным направлением исследования и разработку сжигания МВС с концентрацией 0,3–0,5 % метана путем фильтрационного горения в подвижном или неподвижном слое подложки.