COAL INDUSTRY ADVISORY BOARD
КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ ПО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
CIAB

International Energy Agency
Международное энергетическое агентство

Чистые технологии добычи и переработки угля

Усиление коммерческих и политических стимулов промышленного внедрения

Clean Coal Technologies

Accelerating Commercial and Policy Drivers for Deployment

Чистые технологии добычи и переработки угля

Усиление коммерческих и политических стимулов промышленного внедрения

В настоящее время уголь является наиболее распространенным и имеющимся в изобилии ископаемым топливом в мире и будет оставаться таковым в будущем. В то же время сжигание угля приводит к выработке CO_2 и загрязнению окружающей среды. Эту проблему можно решить с помощью чистых технологий добычи и переработки угля. Широкое внедрение оборудования по контролю над загрязнением привело к снижению промышленных выбросов сернистого ангидрида, оксидов азота и пыли в атмосферу, благодаря чему во многих странах воздух стал намного чище, и это лишь один из примеров применения чистых технологий. С начала 70-х годов прошлого столетия в результате ряда политических и регулирующих мер был создан постоянно растущий коммерческий рынок для чистых технологий добычи и переработки угля, что привело к сокращению затрат на фоне повышения производительности. Позднее обусловленная климатическими изменениями потребность снизить объемы выбросов углекислого газа в атмосферу привела к тому, что чистые технологии добычи и переработки угля включили в себя также технологии по улавливанию и хранению CO_2 (технологии УХУ).

В настоящем кратком докладе Консультативного совета по угольной промышленности МЭА (CIAB) содержатся отраслевые рекомендации, которые позволят ускорить разработку и внедрение этой важной группы новых технологий, а также освоить их значительный потенциал сокращения выбросов, возникающих в результате использования угля. Доклад указывает на необходимость незамедлительно реализовать демонстрационные проекты и доказать потенциал технологий УХУ путем сотрудничества государства и промышленности. Коммерциализация подобных технологий зависит от наличия четкой нормативно-правовой базы, одобрения общественности и финансовых стимулов рынка. В отношении последнего CIAB поддерживает системы ограничений и торговли квотами на выбросы, гарантирование цен и обязательные «зеленые» тарифы, а также включение технологий УХУ в механизм чистого развития в рамках Киотского протокола. Все эти меры принимаются, чтобы создать спрос на данные технологии в странах с развивающейся экономикой, где использование угля демонстрирует наиболее стремительные темпы роста.

Настоящий доклад предлагает уникальный экскурс в теорию отрасли, который отражает как неблагоприятное воздействие, так и растущие возможности использования угля в мире, где действуют ограничения на выбросы углерода.

COAL INDUSTRY ADVISORY BOARD
КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ ПО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
CIAB

International Energy Agency
Международное энергетическое агентство

Чистые технологии добычи и переработки угля

Усиление коммерческих и политических стимулов промышленного внедрения

МЕЖДУНАРОДНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

Международное энергетическое агентство (МЭА) является автономным органом, основанным в 1974 г. В компетенцию МЭА входит два направления деятельности: поддержка энергетической безопасности стран-членов путем коллективного реагирования на перебои в поставках нефти и консультирование стран-членов по вопросам энергетической политики.

МЭА выполняет комплексную программу сотрудничества в области энергетики в 28 развитых странах, каждая из которых обязана иметь запасы нефти, соответствующие не менее 90 дням ее чистого импорта.

Цели Агентства следующие:

- обеспечение странам-членам доступа к надежным и достаточным запасам всех видов энергоносителей, в частности путем поддержания системы эффективного реагирования на чрезвычайные ситуации в поставках нефти и нефтепродуктов;
- поддержка рациональной энергетической политики, стимулирующей экономическое развитие и охрану окружающей среды в глобальных масштабах, в частности в отношении сокращения выбросов парниковых газов, которые вносят свой вклад в изменение климата;
- повышение информационной открытости международных рынков энергоресурсов путем сбора и анализа данных;
- поддержка сотрудничества в мировых масштабах в сфере энергетических технологий с целью обеспечить поставки нефти в будущем и смягчить их влияние на окружающую среду, в том числе посредством повышения энергоэффективности, разработки и широкого использования технологий с низкими выбросами углерода;
- решение глобальных энергетических проблем путем сотрудничества и диалога со странами, не являющимися членами организации, промышленными предприятиями, международными организациями и другими заинтересованными сторонами.

Страны – члены МЭА:

Австралия
Австрия
Бельгия
Великобритания
Венгрия
Германия
Греция
Дания
Ирландия
Испания
Италия
Канада
Люксембург
Нидерланды
Новая Зеландия
Норвегия
Польша
Португалия
Республика Корея
Словацкая Республика
США
Турция
Финляндия
Франция
Чешская Республика
Швейцария
Швеция
Япония

Европейская Комиссия
также участвует
в работе МЭА.

International Energy Agency

© ОЭСР/МЭА, 2010

International Energy Agency
9 rue de la Fédération
75739 Paris Cedex 15, France

Просьба обратить внимание,
что использование и распространение
этого PDF-файла имеет особые ограничения.
Положения и условия изложены здесь:
www.iea.org/about/copyright.asp

КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ ПО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Консультативный совет по угольной промышленности (CIAB) – это группа высокопоставленных должностных лиц промышленных предприятий, связанных с добычей и переработкой угля. Совет был основан Международным энергетическим агентством (МЭА) в июле 1979 года для консультирования МЭА по ряду вопросов, связанных с угольной промышленностью. На сегодняшний день в состав CIAB входят 45 членов из 19 стран, которые обмениваются ценным опытом в сфере угледобычи, электроэнергетики и других аспектов использования, сбыта и транспортировки угля.

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ДИРЕКТОРА МЭА

Уголь является важнейшим источником первичной энергии в мире, и во многих развивающихся странах спрос на него продолжает стремительно расти, так как они переживают долгожданный период экономического роста. В течение 50 лет – с 2000 по 2050 год – спрос на уголь может удвоиться, превысив 7 000 миллионов тонн условного топлива и составив 28% мировых поставок первичных энергоносителей, по сравнению с 25% на сегодняшний день. Потребление угля может значительно снизиться при условии проведения активной экологической политики — ведь он является наиболее углеродосодержащим видом топлива. Тем не менее, ввиду обилия запасов угля, в будущем будет существовать стремление использовать этот ресурс из соображений энергобезопасности и экономической целесообразности. Улучшение экологических показателей использования угля является ключевым фактором, определяющим его роль в структуре энергетики будущего. В частности, группа технологий улавливания и хранения CO_2 (УХУ) может гармонично сочетать задачи в сфере надежности энергоснабжения, экономического развития и экологической устойчивости, которые иногда конкурируют между собой.

Последние исследования МЭА показывают, что выбросы CO_2 можно сократить на 32 млрд тонн к 2050 году по сравнению с базовым сценарием при условии ускоренного внедрения ряда низкоуглеродных технологий и мер по увеличению эффективности использования энергоресурсов (IEA, 2006a). 20% такого сокращения обеспечивается за счет технологий УХУ, при этом 10% является результатом применения технологий УХУ на угольных электростанциях. Технологии УХУ являются важным компонентом любой стратегии по смягчению последствий изменения климата.

Я приветствую участие предприятий угольной промышленности во все большем количестве проектов, партнерств и программ, целью которых является развитие и демонстрация технологий УХУ в масштабах, соответствующих промышленной эксплуатации. Крупномасштабные испытания технологий улавливания CO_2 являются важным шагом, однако этого недостаточно. Мы знаем, что хранение CO_2 требует больше опыта и уверенности. Для того чтобы технологии УХУ возымели то влияние, которое прогнозируется в нашем анализе, к 2050 году их применение должно вырасти до размеров современной газовой промышленности. Для тех, кто готов инвестировать в технологию, которая на сегодняшний день является достаточно дорогостоящей, должен существовать привлекательный уровень рентабельности. Настоящий отчет содержит идеи представителей угольной промышленности относительно стимулов, которые могут способствовать коммерческому внедрению технологий УХУ. Я рад видеть, что Консультативный совет МЭА по угольной промышленности принял эту инициативу, и я настоятельно призываю лиц, формирующих политику, тщательно изучить многочисленные рекомендации и, применив их, создать условия для ранних этапов демонстрации этих технологий.

Наконец, хотелось бы сказать пару слов о роли традиционных чистых технологий производства и переработки угля. Они не настолько широко распространены, как следовало бы. Политическая

поддержка, необходимая для успешного внедрения технологий УХУ, будет обеспечена лишь в том случае, если будет виден прогресс на пути к уменьшению негативного воздействия от сжигания угля на окружающую среду по всем показателям. В этом отношении развитые страны могут многое предложить развивающимся нациям, в частности технологии и опыт их применения в рамках политических стратегий, которые приносят результаты. Значительная роль в распространении передового практического опыта отведена промышленности.

Пользуясь своими полномочиями исполнительного директора, я рад опубликовать настоящий доклад, который является частью программы МЭА по информированию лидеров «Большой восьмерки» о сценариях и стратегиях использования альтернативной энергии, направленных на формирование чистой, рациональной и конкурентоспособной энергетики будущего. Рекомендации и мнения, нашедшие отражение в настоящем отчете, могут не совпадать с взглядами или политикой МЭА или стран – членов МЭА.

Нобуо Танака
Исполнительный директор

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ДИРЕКТОРА МЭА 5

РЕЗЮМЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ПОЛИТИКИ 9

ВВЕДЕНИЕ 13

ПОТРЕБНОСТЬ В УГЛЕ 17

ПУТЬ К УЛАВЛИВАНИЮ И ХРАНЕНИЮ CO_2 (УХУ) 25

- Улучшение качества угля 28
- Повышение эффективности существующих электростанций 28
- Усовершенствованные технологии 29
- Технологии с близким к нулю уровнем выбросов 31
- Транспортировка и хранение CO_2 33

КОММЕРЧЕСКИЕ И ПОЛИТИЧЕСКИЕ СТИМУЛЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ 35

- Обзор и дискуссия членов CIAB 35
- Создание четкой и сбалансированной нормативной базы для транспортировки и хранения CO_2 40
- Формирование более глубокого понимания и приятия общественностью процессов улавливания и хранения CO_2 (УХУ) 41
- Финансирование исследований, разработок и внедрения технологий УХУ 42
- Создание налоговых льгот и кредитных гарантий для исследования, разработки и внедрения технологий УХУ и коммерческих проектов 44
- Поддержка коммерческих возможностей по применению CO_2 для повышения нефтеотдачи пластов (ПНП) и увеличения объема угольного метана как способы развития технологий УХУ и их инфраструктуры 45
- Создание благоприятных коммерческих условий в сфере производства топлива для транспортных средств и химического производства на основе угля как способ развития технологий УХУ и их инфраструктуры 48
- Поддержка рыночных решений, таких как торговля квотами на выбросы ПГ, в целях ускорения окончательной коммерциализации технологий УХУ 49
- Поощрение обязательной ценовой поддержки и «зеленых» тарифов, основанных на выбросах, которых удалось избежать благодаря применению технологий УХУ 50
- Поддержка участия развивающихся стран в развитии и внедрении технологий УХУ 51

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 53

БЛАГОДАРНОСТЬ 56

Перечень рисунков

Рисунок 1. Выбросы в сценарии обычного развития и траектории стабилизации выбросов, позволяющие достичь концентрации в атмосфере 450-550 частей на миллион в CO_2-экв., с указанием необходимых к 2050 году «объемов снижения выбросов»..... 14

Рисунок 2. Изменения энергетических потребностей к 2030 году 18

Рисунок 3. Выбросы CO_2 в мире от сжигания ископаемого топлива, 1971-2005 гг. .. 19

Рисунок 4. Потребление каменного угля в мире по основным регионам, 1980-2006 гг..... 20

Рисунок 5. Историческое соотношение ВВП на душу населения и роста потребностей в энергоресурсах..... 21

Рисунок 6. Тенденции изменения европейских цен на импорт для энергетического угля, природного трубопроводного газа и высокосернистого нефтяного топлива, 1992-2007 гг. 23

Рисунок 7. Сокращение выбросов CO_2 с помощью чистых технологий добычи и переработки угля..... 28

Рисунок 8. Совокупный потенциал сокращения выбросов углекислого газа в ЕС в результате повышения эффективности работы существующих электростанций любого срока службы 29

Рисунок 9. Этапы повышения эффективности электростанций 30

Рисунок 10. Обзор технологий улавливания CO_2 на электростанциях..... 32

Рисунок 11. Роли действующих факторов в инновационной цепи..... 36

Рисунок 12. Затраты на исследования и разработки в странах МЭА и цены на нефть, 1974-2003 гг. 43

Рисунок 13. Действующие в США проекты ПНП на основе CO_2 47

Перечень таблиц

Таблица 1. Сравнение темпов роста потребления энергии в мире по видам топлива к 2015 году (среднегодовой прирост в процентах)..... 19

Таблица 2. Оценка затрат на УХУ, подготовленная МЭА, для существующих и перспективных производственных технологий..... 27

Таблица 3. Среднее процентное изменение в крупнейших программных областях энергетических исследований и разработок государственного сектора экономики одиннадцати стран – членов МЭА 43

РЕЗЮМЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ПОЛИТИКИ

Факторы, обусловливающие рост потребления угля в развитых и развивающихся странах, должны уравновешиваться растущими обязательствами, которые приняли многие страны, в том числе страны – члены МЭА, по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ) с целью смягчить последствия изменения климата. В настоящий момент дальнейшее процветание развитых стран напрямую связано с поддержанием и в некоторых случаях с расширением уровня производства электроэнергии с использованием угля. По данным Всемирного банка, в других частях мира экономический рост последних двух десятилетий привел к наибольшему в истории сокращению масштабов бедности, в первую очередь в развивающихся азиатских странах. Однако недавно опубликованные доклады, в том числе *The Stern Review: The Economics of Climate Change (Доклад Стерна «Экономика изменения климата»)*, и последние доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) подчеркивают, что во избежание катастрофических экономических последствий, связанных с повышением средней температуры в мире более чем на 2°C, к 2050 году концентрация CO_2 в атмосфере не должна превышать 450-550 частей на миллион. Кроме того, они подчеркивают необходимость начать сокращение выбросов в мире в следующие десять-пятнадцать лет и достичь абсолютного сокращения выбросов в развитых странах на 60-80% к 2050 году. Не являясь общепризнанными, эти доклады проинформировали растущие ряды научных и политических единомышленников о необходимости реального сокращения выбросов парниковых газов во всем мире в течение следующих трех-четырех десятилетий.

Признанные национальные и международные организации прогнозируют умеренный рост спроса на уголь в развитых странах и интенсивный рост спроса в развивающихся странах. Недавно опубликованные статистические данные подтверждают, что из всех мировых источников энергии потребление угля растет наиболее стремительно. Широкое распространение и конкурентоспособная цена этого ископаемого гарантируют, что и в будущем уголь сохранит за собой значительную роль в удовлетворении энергетических потребностей. Действительно, многие крупные развивающиеся страны именно в угле видят основу своего дальнейшего экономического роста. Несмотря на существование альтернативных источников энергии, их географическая концентрация, высокая себестоимость и продолжительный период освоения снижают вероятность того, что в обозримом будущем они смогут в значительной степени заменить уголь при производстве электроэнергии. Следовательно, резкое сокращение выбросов парниковых газов к 2050 году, к которому призывают *доклад Стерна* и оценки МГЭИК, едва ли может быть достигнуто без масштабного использования угля с применением новых технологий с низким уровнем выбросов.

Чистые технологии использования угля (ЧТУ) разрабатываются и внедряются с целью снизить воздействие от использования угля на окружающую среду в течение последних 30-40 лет. Изначально акцент был сделан на сокращение выбросов твердых частиц в отработанных газах – сернистого ангидрида, окисей азота и ртути. Угольная отрасль – производители, потребители и поставщики

оборудования – так же, как и правительства и организации в странах, где уголь является основным видом топлива, имеют большой опыт по стимулированию внедрения чистых технологий добычи и переработки угля. С внедрением и распространением этих технологий в развивающихся странах этот опыт только растет. В странах МЭА акцент в исследованиях чистых технологий добычи и переработки угля сместился в сторону разработки и использования технологий с низким и близким к нулю уровнем выбросов парниковых газов, таких как улавливание и хранение CO_2 (технологии УХУ). Внедрение технологий УХУ в качестве составляющей всех программ по сокращению выбросов парниковых газов было одобрено лидерами «Большой восьмерки», МЭА, а также Стерном в его докладе и Международной группой экспертов по изменению климата. Международное энергетическое агентство определило четыре группы ЧТУ, которые могут резко сократить выбросы ПГ (улучшение качества угля, повышение производительности существующих электростанций, усовершенствованные технологии и технологии с близким к нулю уровнем выбросов). По мнению CIAB, пятой группой чистых технологий использования угля, необходимой для сокращения выбросов ПГ, должны стать транспортировка и хранение CO_2.

Для достижения масштабных целей по сокращению выбросов парниковых газов, предложенных МГЭИК и другими организациями, а также для поддержания экономического развития необходимо декарбонизовать значительную часть сектора электроэнергетики как в развитых, так и в развивающихся странах. Для этого потребуется широкое внедрение технологий УХУ. Анализ уже приложенных усилий, стимулирующих интерес к новым технологиям, их развитию и распространению, свидетельствует о том, что неотъемлемыми элементами внедрения технологий УХУ являются внутринациональное сотрудничество (науки, бизнеса и правительства), поддержка этих технологий на национальном уровне и международная координация и поддержка.

По мнению CIAB, факторы, способствующие разработке и внедрению сокращающих выбросы технологий, и механизмы поддержки внедрения технологий с низкими выбросами парниковых газов могут эволюционировать, создав необходимые условия, в которых процесс исследования, разработки и внедрения технологий УХУ будет протекать более быстро. Совет определил несколько основных политических и коммерческих стимулов, используемых для создания и внедрения более экологически чистых технологий при сохранении эффективности и рентабельности энергосистем, работающих на ископаемом топливе. CIAB полагает, что применение этих стимулов, созданных специально для разработки и внедрения технологий с низкими выбросами CO_2, может сократить время, которое понадобится, чтобы достичь цели по значительному сокращению выбросов парниковых газов. Совет рекомендует национальным и международным политикам всеми силами поддерживать, поощрять и ускорять применение этих стимулов. Эти стимулы включают:

- создание четкой и сбалансированной нормативной базы для транспортировки и хранения CO_2;
- содействие пониманию и признанию общественностью процессов улавливания и хранения CO_2 (УХУ);
- финансирование исследований, разработок и внедрения технологий УХУ;
- создание налоговых льгот и кредитных гарантий для коммерческих проектов, связанных с технологиями УХУ, а также их исследованием, разработкой и внедрением;
- поддержка коммерческих возможностей по применению CO_2 для увеличения нефтеотдачи и увеличения объема добычи угольного метана в качестве средства развития технологий и инфраструктуры УХУ;
- создание благоприятных коммерческих условий в сферах производства транспортного топлива и химического производства на основе угля как способ развития технологий и инфраструктуры УХУ;
- поддержка рыночных мер, таких как системы торговли квотами на выбросы ПГ, с целью ускорить окончательную коммерциализацию технологий УХУ;

- поощрение обязательных гарантированных цен и «зеленых» тарифов, основанных на системах с применением технологий УХУ, способствующих сокращению выбросов;
- содействие участию стран с переходной экономикой в развитии и внедрении технологий УХУ.

Как признанный авторитет в вопросах энергоснабжения, энергетических потребностей и энергобезопасности, МЭА имеет уникальную возможность стимулировать процесс внедрения технологий УХУ, одобрив использование этих стимулов и предоставив рекомендации политикам в странах – членах МЭА. Одной из рекомендаций было бы включить технологии УХУ в механизм чистого развития Киотского протокола с целью создать спрос на эти технологии в развивающихся странах, где наблюдается особенно интенсивный рост объемов использования угля. К тому же, с помощью соглашений по внедрению энергетических технологий (Рабочих соглашений) и договоров о сотрудничестве со странами, которые не являются членами МЭА, Агентство имеет возможность придать вес всем вышеперечисленным рекомендациям по формированию политики и коммерческим стимулам, а также значительно ускорить темпы разработки и внедрения технологий УХУ во всем мире.

ВВЕДЕНИЕ

Для настоящего доклада Консультативный совет МЭА по угольной промышленности (CIAB) проанализировал коммерческие и политические стимулы, используемые для поощрения развития и распространения чистых технологий добычи и переработки угля и других технологий с низким уровнем выбросов в странах – членах Международного энергетического агентства, а также в других странах.

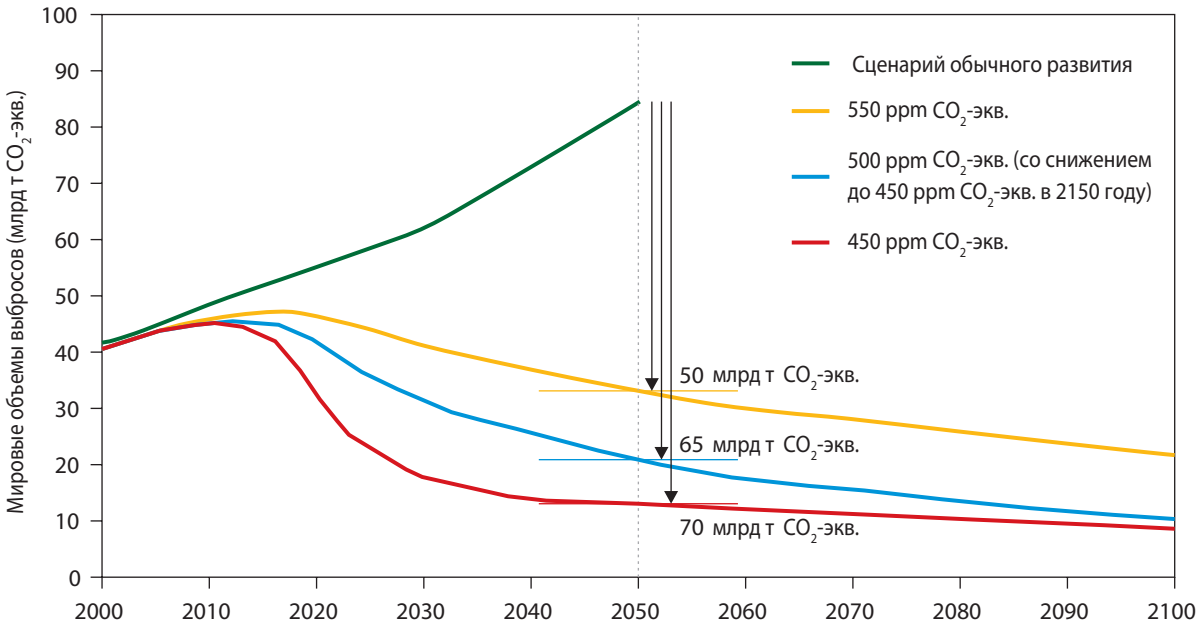
Доклад содержит краткий анализ потребностей в угле и обзор ряда доступных чистых технологий добычи и переработки угля. В нем также рассматриваются коммерческие и политические стимулы, которые могут ускорить разработку и внедрение ЧТУ. Исследование основывается на первоначальных вкладах членов CIAB, которые впоследствии обсуждались на пленарном заседании от 7 ноября 2007 года и на симпозиуме *«Улавливание и хранение CO_2 – международный прогресс и перспективы»*, проведенный CIAB совместно с Королевским научным обществом и британской Королевской инженерной академией непосредственно после пленарного заседания. Технологии по улавливанию и хранению CO_2 (УХУ) вышли на первый план среди технологий по сокращению выбросов CO_2, поэтому в настоящем докладе также кратко излагается обсуждение необходимых политических мер в этих двух направлениях, которое имело место во время двух встреч. И наконец, проанализирован каждый из предложенных коммерческих и политических стимулов.

По мнению CIAB, в последующие десятилетия существует большая вероятность того, что интенсивный рост потребления угля во всем мире будет продолжаться. Это убеждение поддерживают прогнозы МЭА, а также разделяют многие страны – члены Агентства, ряд других стран и эксперты в энергетической промышленности. Даже если в результате интенсивной экологической политики доля угля в структуре энергетики уменьшится, его общее потребление все равно возрастет из-за прогнозируемого роста мировых энергетических потребностей к 2030 году. Развитые страны в течение долгого времени зависели от угля, и интенсивный экономический рост в развивающихся странах преимущественно поддерживается использованием угля, причем не только для производства электроэнергии, но и в тяжелой промышленности для производства таких продуктов, как сталь и цемент.

«BP Statistical Review of World Energy» (Статистический обзор мировой энергетики компании BP) (BP, 2007) подчеркивает непрерывную тенденцию роста потребности в угле. В то время как мировые объемы потребления газа и нефти в 2006 году выросли на 2,5% и 0,7% соответственно, объемы потребления угля выросли на 4,5%, что почти в два раза больше общего показателя роста потребления первичной энергии, составившего 2,4%. По данным BP, в период с 2001 по 2006 год потребление угля в мире выросло более чем на 1,4 миллиарда физических тонн. Около 90% этого роста пришлось на Азиатско-Тихоокеанский регион, в первую очередь на Китай и Индию, а также на Тайвань, Южную Корею, Японию, Малайзию и Таиланд.

Факторы, обусловливающие рост потребления угля в развитых и развивающихся странах, должны уравновешиваться обязательствами, которые приняли на себя многие страны, в том числе страны – члены МЭА, по сокращению объема выбросов парниковых газов (ПГ) с целью смягчить последствия изменения климата. Последние данные, полученные от национальных и международных органов, подчеркнули крайнюю необходимость выполнения этих обязательств. Например, эта необходимость стала главной темой презентации доклада сэра Николаса Стерна (Nicholas Stern) под названием *«The Economics of Climate Change» (Экономика изменения климата)*, сделанной в октябре 2006 года. Доклад был подготовлен по поручению Министерства финансов Великобритании (Stern, 2007). Несмотря на то что его выводы не являются общепризнанными, Стерн утверждает, что экономические последствия потепления климата более чем на 2°C выглядят катастрофическими и поэтому концентрацию эквивалента CO_2 в атмосфере необходимо удерживать на уровне ниже 550 частиц на миллион (ppm). Используя климатические модели Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), он сделал вывод, что, для того чтобы к 2050 году мировая концентрация эквивалента CO_2 осталась в пределах 450-550 частиц на миллион, сокращение общего объема выбросов CO_2 в атмосферу в мире должно начаться в течение следующих десяти-пятнадцати лет (рисунок 1). В докладе Стерна также сделано заключение, что к 2050 году в развитых странах сокращение выбросов в абсолютном выражении должно составить 60-80%. Стерн отмечает, что *«к 2050 году сектор энергетики во всем мире должен быть декарбонизирован как минимум на 60%, для того чтобы концентрация CO_2-эквивалента в атмосфере стабилизировалось на отметке 550 частиц на миллион или ниже»* (*там же*, с. xvii). В научных докладах о глобальных климатических изменениях, опубликованных МГЭИК в первой половине 2007 года, также уделялось внимание экономическим и политическим вопросам и подчеркивалась необходимость сократить выбросы в мире в течение следующих десяти-пятнадцати лет, чтобы глобальный рост температуры не превысил 2°C (IPCC, 2007).

Рисунок 1. Выбросы в сценарии обычного развития и траектории стабилизации выбросов, позволяющие достичь концентрации в атмосфере 450-550 частей на миллион (ppm) в CO_2-экв., с указанием необходимых к 2050 году «объемов снижения выбросов»



Источник: Stern, 2007.

Эти доклады оказывают существенное влияние на политическое мышление, особенно в Европе. Европейский Совет и Европейский Парламент призвали к решительным действиям с целью не допустить глобального потепления более чем на 2°C и одобрили меры для обязательного сокращения выбросов, указав определенные сроки их реализации. Канцлер Германии Ангела Меркель, которая до июня 2007 года занимала пост Президента Европейского Совета и Председателя «Большой восьмерки», подчеркнула, что государства Евросоюза и лидеры «Большой восьмерки» должны взять на себя обязательства не допустить глобального потепления более чем на 2°C и сократить выбросы парниковых газов как минимум на 50% к 2050 году. В июне 2007 года в городе Хайлигендамм в Германии на саммите «Большой восьмерки», США и крупнейшие развивающиеся страны, такие как Китай и Индия, были успешно вовлечены работу под руководством ООН по разработке документа взамен Киотского протокола, действие которого истекает в 2012 году.

Уже сейчас видно, что в научном и политическом мире растет консенсус в отношении необходимости сократить выбросы ПГ в мире в течение следующих тридцати-сорока лет, а не откладывать это на будущее. Для того чтобы уравновесить стремление использовать уголь в экономической деятельности и выполнение обязательств по сокращению выбросов ПГ в этих временных рамках, потребуются колоссальные технологические усилия в течение следующих двадцати лет. Существует ряд перспективных технологий с низким уровнем выбросов, которые можно использовать, чтобы предотвратить рост выбросов ПГ, которые включают использование атомной энергии и возобновляемых источников энергии. Но даже сочетание этих технологий не сможет заменить широко распространенное использование ископаемых видов топлива. Уголь остается основным ископаемым топливом для производства электроэнергии, а также используется в некоторых отраслях промышленности как в развитых, так и в развивающихся странах, благодаря надежности поставок и его конкурентоспособной цене. Следовательно, необходимо ускорить разработку и внедрение технологий, которые сократят выбросы от использования угля, также как и от использования природного газа и нефти. В исследовании Массачусетского технологического института (MIT) сделан вывод, что *«...улавливание и хранение CO_2 (УХУ) является важнейшим технологическим решением, которое дает возможность значительно сократить выбросы CO_2, при этом удовлетворяя острую мировую потребность в энергоресурсах»* (MIT, 2007, p. x).

Масштаб задачи по ускорению разработки и внедрения технологий УХУ огромен. Периоды планирования для крупнейших энергосистем мира составляют от десяти до двадцати лет, а срок амортизации основных средств – от сорока до шестидесяти лет. Ускоренные темпы разработки и внедрения новых технологий с низким уровнем выбросов ставят перед правительствами, бизнесом и общественностью комплексную и чрезвычайно сложную задачу.

Кроме того, в докладе Стерна и других исследованиях подчеркивается, что технологии с низким уровнем выбросов и технологии с близким к нулю уровнем выбросов должны внедряться не только в промышленно развитых странах, но и в развивающихся. В ходе переговоров, предварявших саммит «Большой восьмерки» в Германии в 2007 году, представители Индии обратили внимание на то, что развитым странам необходимо предоставить такие технологии для сокращения выбросов CO_2, которые будут приемлемы в условиях развивающихся стран. Развитые страны должны взять на себя инициативу по разработке технологий, а также правовой/регуляторной базы для их внедрения и усовершенствования в первую очередь в своих экономических системах, а затем незамедлительно приступить к стимулированию и поддержке широкомасштабного внедрения этих технологий в развивающихся странах.

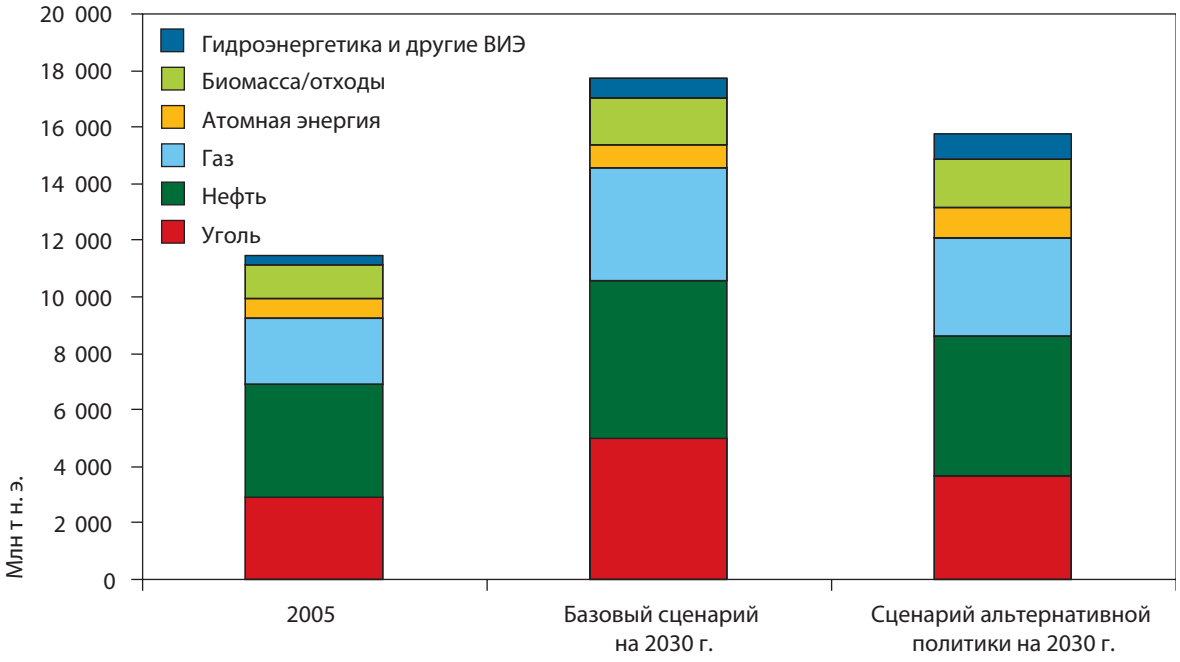
ПОТРЕБНОСТЬ В УГЛЕ

Согласно последним заявлениям МЭА, только сочетание ряда более экологически чистых видов топлива с мерами по энергоэффективности, использованием атомной энергии и возобновляемых источников энергии может обеспечить стабильность цен, надежное энергоснабжение и широкую доступность этих источников, необходимые в течение нескольких последующих десятилетий для сохранения процветания развитых стран, а также для экономического роста и борьбы с бедностью в развивающихся странах (IEA, 2007a; IEA, 2007b). Кроме того, стремление сократить масштабы нищеты делает приоритетным экономический рост и сопутствующие ему урбанизацию и развитие массовой инфраструктуры, характерные для быстро развивающихся азиатских стран. Потребность в новых портах, автомобильных и железных дорогах, аэропортах и жилье влечет за собой увеличение потребности в электроэнергии, стали и цементе, при производстве которых в качестве топлива традиционно используется уголь.

Согласно базовому сценарию, рассматриваемому в *«World Energy Outlook 2007» (Прогноз мировой энергетики 2007)* (WEO 2007), в период с 2005 по 2030 год мировая потребность в первичных энергоресурсах увеличится на 55,1% и составит 17 721 миллионов тонн нефтяного эквивалента (млн т н.э.) (рисунок 2). При подготовке WEO 2007 МЭА также разработало сценарий альтернативной политики, который отображает эволюцию мирового энергетического рынка при условии, что развитые страны внедрят все разрабатываемые в настоящее время стратегии, касающиеся надежности энергоснабжения и изменения климата, а развивающиеся страны пойдут по менее энергоемкому пути развития. По этому сценарию в период с 2005 по 2030 год мировая потребность в первичных энергоресурсах увеличится на 38,1% и составит 15 783 млн т н.э., что на 1 938 млн т н.э. меньше объема базового сценария (IEA, 2007c). В базовом сценарии на 2030 год на ископаемые топлива приходится 82,0% мировой потребности в энергоресурсах по сравнению с 80,9% в 2005 году. По сценарию альтернативной политики на ископаемые топлива все еще приходится 76,4% мировой потребности в первичных энергоресурсах. Уменьшение доли ископаемых топлив в первую очередь происходит в результате общего сокращения потребления энергоресурсов при увеличении роли атомной и возобновляемой энергии. По сценарию альтернативной политики к 2030 году объемы гидроэнергетики и производства электроэнергии на основе твердой биомассы, отходов и других возобновляемых источников превышают эти показатели базового сценария на 308 млн т н.э., а объемы атомной энергии превышают показатели базового сценария на 226 млн т н.э.

В обоих сценариях уголь сохраняет свое значение. Согласно базовому сценарию WEO 2007, потребление угля возрастет с 2 892 млн т н.э. в 2005 году до 4 994 млн т н.э. в 2030 году, а годовой прирост составит 2,2%. Согласно альтернативному сценарию, потребление угля в 2030 году составит 3 700 млн т н.э. при годовом приросте 1,0% в период с 2005 по 2030 год. Согласно базовому сценарию доля угля в балансе потребления первичных источников энергии возрастет с 25,3% в

Рисунок 2. Изменения энергетических потребностей к 2030 году по двум сценариям



Источник: IEA, 2007c.

2005 году до 28,2% в 2030 году. В сценарии альтернативной политики доля угля снижается до более скромной отметки в 23,4% (рисунок 2). Большинство прогнозов утверждают, что независимо от политики смягчения последствий изменения климата в будущем уголь сохранит за собой ключевую роль в структуре энергетики, поскольку потребности развивающихся стран в электроэнергии будут расти.

Прогноз WEO 2007 можно сравнить с последними энергетическими прогнозами, опубликованными Управлением по энергетической информации (EIA) Департамента энергетики США (DOE) в мае 2007 года в *«International Energy Outlook» (Международный прогноз развития энергетики 2007)* (IEO 2007). При базовом темпе роста мировое энергопотребление возрастает с 447 квадрильонов британских тепловых единиц (Btu) (11 264 млн т н.э.) в 2004 году до 702 квадрильонов Btu (17 690 млн т н.э.) в 2030 году, т.е. увеличение составит 57% или 1,8 % в год (EIA, 2007). Согласно IEO 2007 доля угля в общем объеме мирового энергопотребления увеличится с 25,6% в 2004 году до 28,4% в 2030 году. По прогнозам EIA, до 2015 года годовой прирост потребления угля составит 2,6% (2,2% в случае медленного роста и 2,9% в случае быстрого роста). Эти показатели ниже прогнозируемых ранее в IEO 2006 и значительно ниже прогноза WEO 2007 для угля, согласно которому годовой прирост составит 3,3% (таблица 1).

Все энергетические прогнозы указывают на то, что рост потребления угля повлечет за собой значительный рост выбросов CO_2. В базовом сценарии *WEO 2007* выбросы CO_2 возрастут с 26,6 млрд т в 2005 году до 34,1 млрд т в 2015 году и до 41,9 млрд т в 2030 году. Согласно сценарию альтернативной политики *WEO 2007*, выбросы возрастут до 31,9 млрд т CO_2 в 2015 году и до 33,9 млрд тонн в 2030 году. В базовом сценарии прогноза *IEO 2007* выбросы CO_2 вырастут с 26,9 млрд т в 2004 году до 33,9 млрд т в 2015 году и до 42,9 млрд т в 2030 году. Как прогноз МЭА, так и прогноз EIA могут считаться оптимистическими в плане предполагаемых показателей выбросов CO_2. Фактически за последние пять лет объемы выбросов CO_2 увеличивались намного

Таблица 1. Сравнение темпов роста потребления энергии в мире по видам топлива к 2015 году (среднегодовой прирост в процентах)

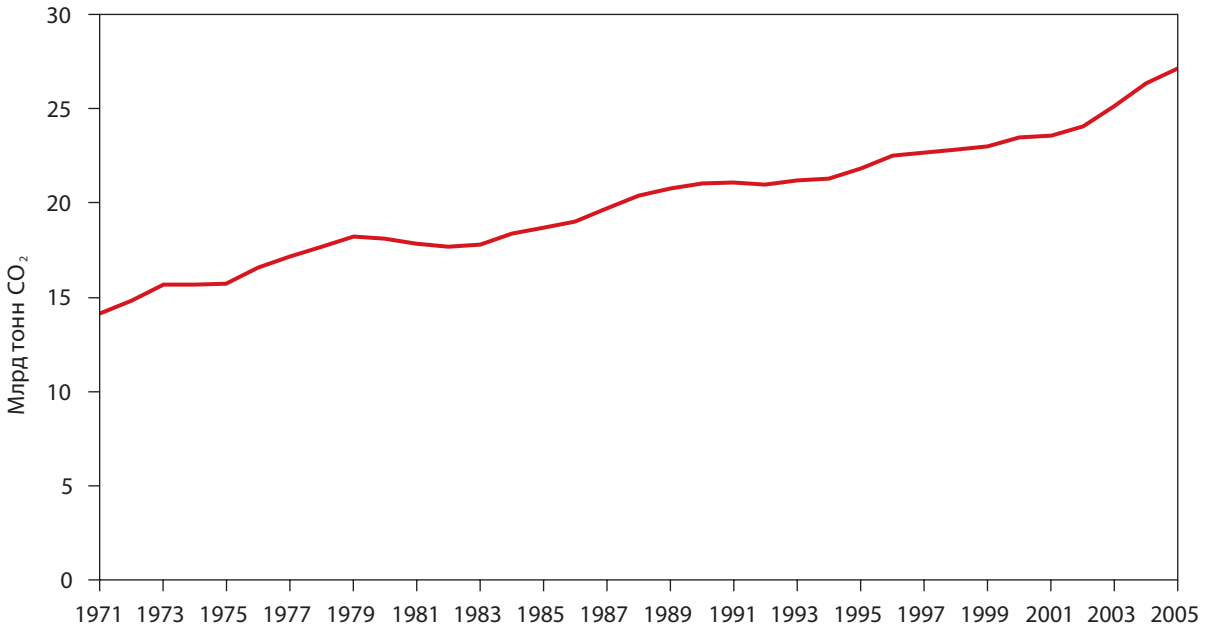
Топливо	Прогноз Управления по энергетической информации США, опубликованный в IEO 2007 (2004-15)			Прогноз МЭА, опубликованный в WEO 2007 (2005-15), базовый сценарий
	Медленный темп роста	Базовый темп роста	Быстрый темп роста	
Жидкое топливо	1,2	1,5	1,9	1,7
Природный газ	2,0	2,4	2,7	2,6
Уголь	2,2	2,6	2,9	3,3
Атомная энергия	1,5	1,5	1,6	1,1
ВИЭ и другие виды энергии	2,1	2,3	2,6	2,1
Всего	**1,8**	**2,1**	**2,4**	**2,3**

Источник: EIA, 2007 и IEA, 2007c.

быстрее, чем в 1990-х годах (рисунок 3). Объемы выбросов CO_2 увеличились с 23,5 млрд т в 2000 году до 27,1 млрд т в 2005 году (IEA, 2007d). Некоторые прогнозируемые показатели на 2006 год уже превышают 30 млрд т. Это означает, что рост энергопотребления опережает все долгосрочные тенденции, приведенные в упоминающихся здесь прогнозах (Canadell *и др.*, 2007).

Если не произойдет значительных достижений в разработке технологий использования альтернативных видов энергии, то большую часть этого столетия уголь останется ключевым компонентом в структуре топливного баланса электроэнергетики ввиду его изобилия, географического распределения, а

Рисунок 3. Выбросы CO_2 в мире от сжигания ископаемого топлива, 1971-2005 гг.

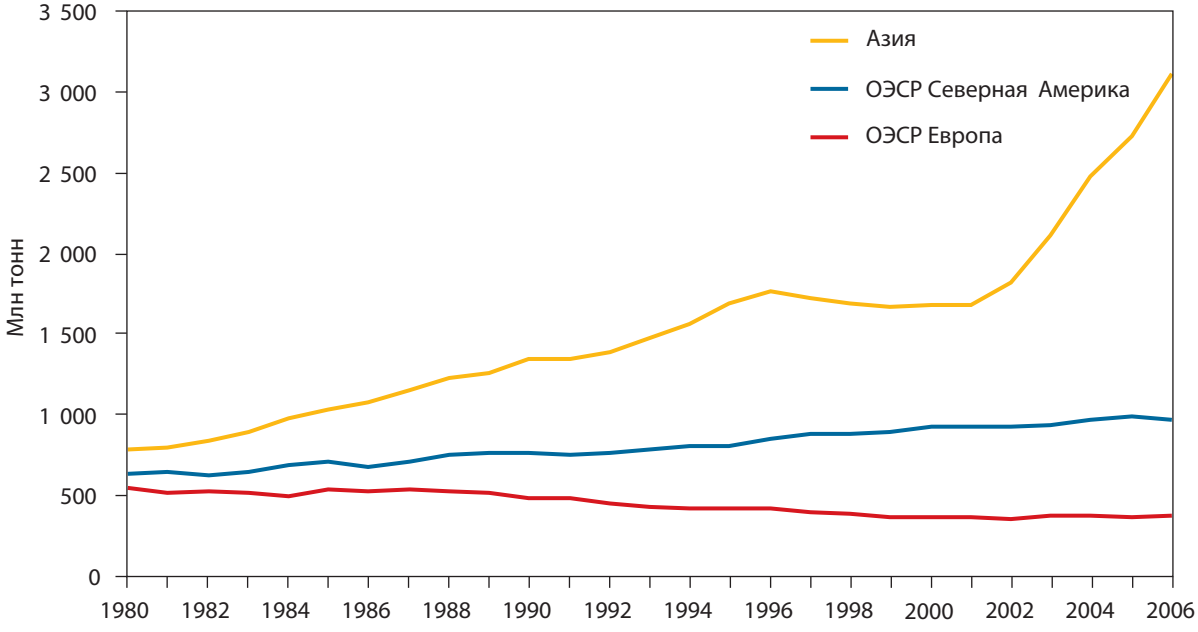


Источник: IEA, 2007d.

также относительно низкой и стабильной конечной стоимости. Доказанные мировые запасы всех типов угля составляют 909 млрд т, при этом 41% из них находится на территории стран – членов Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (BP, 2007). При этом на страны ОЭСР приходится 6,6% мировых запасов нефти и 8,8% запасов природного газа (*там же*). Уголь играет решающую роль в электроэнергетике: в странах ОЭСР в 2005 году 38% электроэнергии было произведено с использованием угля и 3% с использованием возобновляемых источников энергии; в Североамериканском регионе 44,9% электроэнергии было произведено с использованием угля и 2,4% с использованием возобновляемых источников энергии (IEA, 2006b). В период с 1995 по 2005 год наблюдался ускоренный рост потребления угля в мире: общемировые показатели выросли на 36%, а в Азии прирост составил 70% (*там же*). Доля угля в балансе потребления первичных энергоресурсов уменьшилась в Европе, но увеличилась в Азии. В то время как в Европе объемы потребления каменного угля в последнюю четверть века медленно снижались, а в Северной Америке постепенно росли, в Азии наблюдалось увеличение объемов потребления почти на 300% с замедлением прироста лишь на несколько лет после азиатского финансового кризиса в 1997 году (рисунок 4). Стремительный подъем экономик азиатских стран поддерживался в первую очередь углем, и потребность в угле, вероятно, будет и дальше расти по мере повышения уровня жизни в регионе (рисунок 5). Согласно *«Statistical Review of World Energy («Статистический обзор мировой энергетики»)* компании BP, в период с 2001 по 2006 год потребление угля в Азиатско-Тихоокеанском регионе выросло на 642,1 млн т н.э., что составляет 91% от мирового роста потребления в этот период.

По показателям роста лидирует Китай. Китай начал проводить кампании по закрытию старых небольших угольных электростанций и выразил желание в будущем строить главным образом электростанции с энергоблоками сверхкритичного давления мощностью от 600 МВт и выше[1].

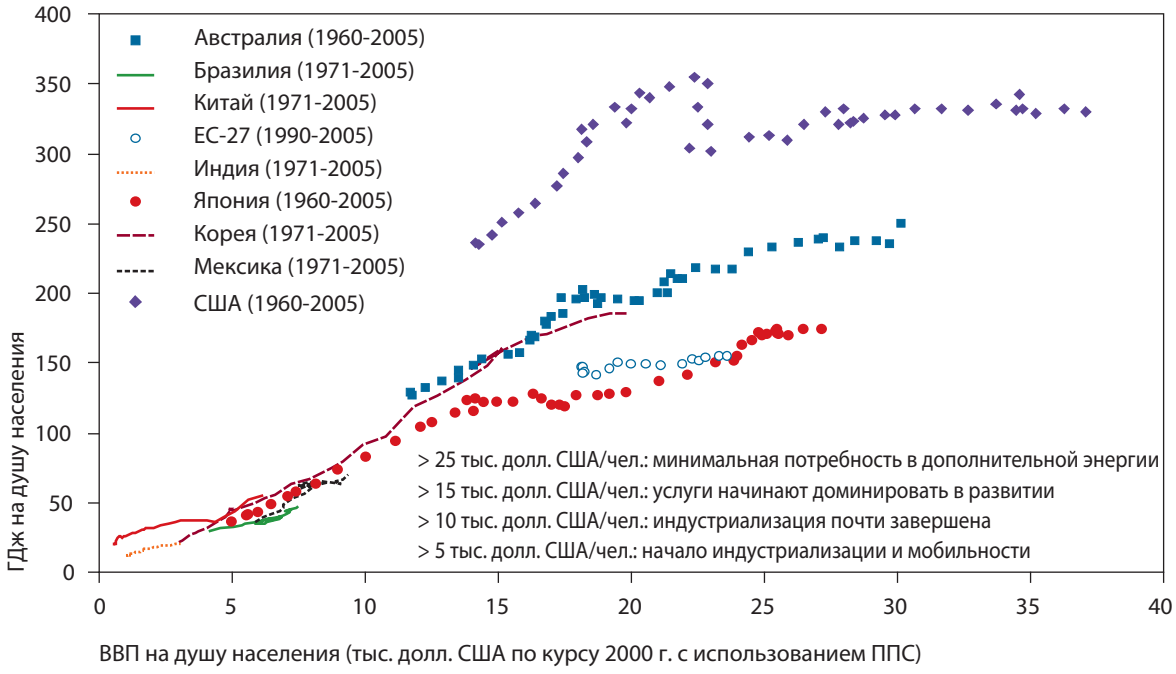
Рисунок 4. Потребление каменного угля в мире по основным регионам, 1980-2006 гг.



Источник: IEA, 2007e.

1 О предпринятых ранее мерах по закрытию небольших угольных электростанций см. статью в *China Daily* от 9 октября 2003 г., www.chinadaily.com.cn/en/doc/2003-10/09/content_270086.htm; также *China Daily* от 26 ноября 2000 г. О настоящих мерах по закрытию небольших угольных электростанций см. *Platts International Coal Report* за 5 марта 2007 г., с. 13.

Рисунок 5. Историческое соотношение ВВП на душу населения и роста потребностей в энергоресурсах



Источник: IEA, 2007d.

В 2005 году в Китае новыми электростанциями было произведено 70 ГВт электроэнергии. В 2006 году аналогичный показатель составил 102 ГВт, 89% из которых приходилось на производство энергии с использованием угля. В 2007 году ожидается прирост мощностей в объеме 90 ГВт[2]. В долгосрочной перспективе цели еще более масштабны. Заместитель министра Национальной комиссии по развитию и реформам отметил, что к 2025 году объем потребляемой Китаем энергии может достичь 11 000 ТВт·час при энергетической мощности 2 400 ГВт[3]. В таком случае по сравнению с текущим уровнем соответствующие показатели должны увеличиться на 330 и 360%. Хотя эти показатели значительно превышают предполагаемые показатели остальных прогнозов, к 2030 году доля угля в топливном балансе электроэнергетического сектора может составить около 78%, атомной энергии – 3%, природного газа – 4%, гидроэнергетики – 12%, возобновляемых источников – 3% (IEA, 2007c).

В Индии, где в течение нескольких лет прирост ВВП составлял 8% в год, существует значительный дефицит электроэнергии. Правительство Индии объявило о строительстве шести «ультра-мега» электростанций мощностью 4 000 МВт каждая, четыре из которых будут работать на импортном угле, а две — на угле местного производства. В то же время концерн Reliance Industries объявил о планах построить станцию мощностью 12 000 МВт (крупнейшая в мире), которая будет работать на местном угле. О строительстве дополнительных угольных электростанций заявил и ряд других

2 *Financial Times*, 7 февраля 2007 года, со ссылкой на *China Electric Power News*. Похоже, что рост 2006 года не попал в поле зрения органов центрального государственного управления. В конце 2006 года эти органы сообщили, что новые мощности, которые предполагается ввести в действие в 2006 году, составят 80 ГВт, см. *China Electric Power Weekly* за 2 ноября 2006 г., с. 1.

3 См. *China Daily* от 19 октября 2004 г., *Official Calls for More Power Stations*. В статье цитируется Жанг Гуобао, заместитель министра Национальной комиссии по развитию и реформам, www.chinadaily.com.cn/english/doc/2004-10/19/content_383600.htm. Приведенные здесь показатели намного выше тех, которые предполагались для Китая в прогнозе *WEO 2007* для 2030 года: 8 472 ТВт·час для потребляемой электроэнергии и 1 775 ГВт – для энергетической мощности (с. 597). О масштабности некоторых проектов по созданию новых электрогенерирующих мощностей можно судить из намерений китайского региона Внутренняя Монголия ввести в действие 100 ГВт новых мощностей на лигните к 2010 году (текущая установленная мощность составляет 1 400 МВт), чтобы воспользоваться запасами лигнита, которые оцениваются в 139,3 млрд т (см. Platts *International Coal Report* от 11 декабря 2006 г., с. 12).

развивающихся стран Азии, в том числе Бангладеш, Камбоджа, Индонезия, Малайзия, Мьянма, Пакистан, Южная Корея, Шри-Ланка, Таиланд и Вьетнам[4].

В странах Южной Африки также ускорился экономический рост и возросли потребности в энергоресурсах, в то время как страны, зависимые от ресурсов, стали выполнять больше работ с высокой добавленной стоимостью. Потребность в электроэнергии растет также за счет энергоёмких заводов по переработке и очистке минералов и руд. Новые угольные электростанции находятся на стадии строительства в Южно-Африканской Республике и на стадии рассмотрения в других странах Южной Африки, таких как Ботсвана и Мозамбик[5]. Что касается Североафриканского региона, растущая потребность Марокко в энергии должна быть удовлетворена за счет увеличения вдвое количества угольных электростанций. В Южной Америке резкое сокращение поставок газа из Аргентины привело к разработке проектов по строительству новых угольных электростанций в Чили[6].

В Европе строительство новых угольных электростанций сконцентрировано в основном на востоке – новые крупные электростанции, работающие на буром угле, находятся на этапе конкурсных предложений или строительства в Турции, Косово, Боснии и Болгарии[7]. Украина, на которую в январе 2006 года огромное воздействие оказали разногласия с Россией относительно поставок природного газа, планирует увеличение объемов потребления угля[8]. Россия также намерена увеличить произведенный угольными электростанциями объем электроэнергии с 27% в 2006 году до 29% в 2010 году и до 37% в 2015 году, чтобы высвободить больше газа для экспорта[9].

Замена угля другими источниками энергии продвигается слабо из-за их высокой себестоимости и ограничений, связанных с поставками. Политическая нестабильность в некоторых главных странах-экспортерах нефти поставила под вопрос стабильность поставок импортной нефти и вызвала рост цен. В некоторых регионах рост цен на нефть привел к росту цен на природный газ, что в свою очередь повысило уровень риска и снизило уверенность в том, что коммунальные службы смогут получать природный газ по приемлемым ценам (рисунок 6).

Перебои в поставках природного газа в 2005 и 2006 годах, вызванные ухудшением погодных условий и политическими разногласиями, оголили проблему растущей зависимости некоторых стран от природного газа. К тому же, очевидно, что природный газ все больше используется в производстве электроэнергии и все меньше на рынке теплоснабжения, что может повлечь за собой

4 О том, что в период с 2007 по 2021 год мощность электростанций, работающих на угле, составит 21,7 ГВт см. Platts *International Coal Report* от 12 февраля 2007 г., с. 13. О четырнадцати новых электростанциях, которые планируется построить в Южной Корее, см. *там же*, 8 января 2007 г., с. 10; о Шри-Ланке см. *ibid.*, 8 января 2007 г., с. 4; о Вьетнаме см. *там же*, 27 ноября 2006 г., с. 9 и 13 ноября 2006 г., с. 14; о Камбодже и Мьянме см. *там же*, 7 августа 2006 г., с. 4; о планах инвестиций пакистанской компании Shenhua Group см. *там же*, 13 ноября 2006 г., с. 15.

5 О запланированных энергетической компанией Eskom новых мощностях угольных электростанций см. Platts *International Coal Report* от 16 октября 2006 г., с. 1, 9; впрочем, к этим показателям следует добавить объем энергии с газовых электростанций, см. Platts *International Gas Report* от 12 февраля, 2007 г., с. 5; о Мозамбике см. Platts *International Coal Report* от 28 августа 2006 г., с. 10-11; о проекте Mmamabula в Ботсване, рассчитанном на 2 400 МВт, см. Platts *International Coal Report* от 23 октября 2006 г., с. 7-8.

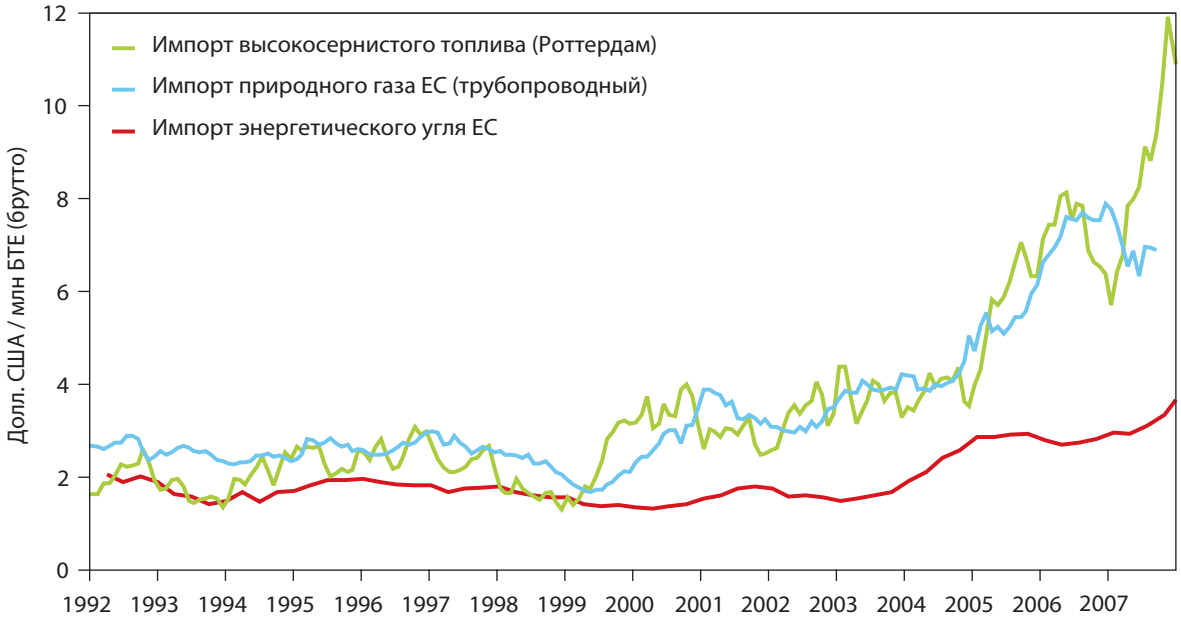
6 О проекте горнодобывающего концерна BHP Billiton, рассчитанном на 500 МВт, см. Platts *International Coal Report* от 13 ноября 2006 г., с. 14; о проекте теплогенерирующей компании AES Gener, рассчитанном на 250 МВт, см. *ibid*., 28 августа 2006 г., с. 4-5; о проекте энергоконцерна Endesa Chile, рассчитанном на 350 МВт, см. *там же*, 31 июля 2006 г., с. 15; о проекте энергокомпании Suez, рассчитанном на 400 МВт, см. *там же*, 26 июня 2006 г., с. 7.

7 О турецких электростанциях Afsin-Elbistan см. Platts *International Coal Report* от 28 августа 2006 г., с. 9; о Косово см. Platts *Energy in East Europe* от 5 января 2007 г., с. 15; о Боснии см. *там же*, 19 января 2007 г., с. 9; о болгарских электростанциях Maritza см. *там же*, 2 марта 2007 г., с. 3.

8 Platts *International Coal Report* от 18 декабря 2006 г., с. 9; обзор МЭА по Украине, опубликованный в 2006 году, указывает на возможный рост объемов добычи угля до 50 миллионов тонн в год в период с 2007 по 2030 год, см. *Ukraine: Energy Policy Review 2006*, IEA, Paris, pp. 245-246.

9 Platts *Energy in East Europe* от 16 февраля 2007 г., с. 1-2; там же на стр. 3 опубликован отдельный отчет, в котором цитируется Президент России В. Путин: *«уголь должен стать главным топливом для российских электростанций»*; *там же*, 2 марта 2007 г., с. 16 о трех новых угольных электростанциях, о которых заявила энергетическая компания ОГК-5; об увеличении использования угля в производстве электроэнергии в будущем см. *Russia Energy Survey 2002*, IEA, Paris, 2002, pp. 200-202, 256.

Рисунок 6. Тенденции изменения европейских цен на импорт для энергетического угля, природного трубопроводного газа и высокосернистого нефтяного топлива, 1992-2007 гг.



Источник: данные МЭА.

структурные изменения в сторону более высокого уровня цен[10]. Международный форум стран – экспортеров газа объявил о назначении группы высокого уровня для прогнозирования цен на природный газ. Форум представляет страны, контролирующие 70% мировых запасов газа (Алжир, Боливию, Бруней, Египет, Индонезию, Иран, Ливию, Малайзию, Нигерию, Оман, Катар, Россию, Тринидад и Тобаго, ОАЭ и Венесуэлу). В любом случае использование как природного газа, так и нефти ведет к увеличению выбросов ПГ. Крупномасштабный переход на другие виды ископаемого топлива не сможет привести к существенному сокращению выбросов ПГ, озвученному в ходе текущего национального и международного диалога, без существования рентабельных технологий УХУ.

На использование угля могут повлиять не только доступность природного газа и нефти, но также и источников возобновляемой энергии, в частности энергии ветра и твердой биомассы. Ожидается, что рост использования возобновляемых источников энергии будет происходить главным образом за счет ветроэнергетики. Основная проблема этого источника энергии – его неравномерность и невозможность обеспечить непрерывный поток энергии. Опыт использования энергии берегового ветра показал, что ее коэффициент электрической нагрузки обычно на 18-20% ниже ожидаемого, а также что периоды пиковой энергии ветра редко совпадают с периодами пиковой потребности в электроэнергии[11]. Прерывистый и рассредоточенный характер энергии ветра требует значительных

10 Об обсуждении того, что поставщики газа будут пытаться получить экономическую ренту от сокращений объемов выбросов углекислого газа, в то время как цены на электроэнергию будут назначаться электростанциями с большим объемом выбросов, работающих на буром угле, см. LBD-Beratungsgesellschaft mbH, *Langfristige Erdgasverstromung,* GEE Symposium 24 ноября 2003, www.gee.de/old/kraftwerke_03/schlemmermeier.pdf.

11 White, D., *Reduction in Carbon Dioxide Emissions: Estimating the Potential Contribution from Wind Power,* December 2004, pp. 2-4 (при поддержке Фонда развития возобновляемых источников энергии); *Renewable Energy: The Need for Balance and Quality,* Renewable Energy Foundation, 2005, pp. 29-37. В 2006 году в ходе исследования принятая генерирующая база мощностью 25 гигаватт была равномерно распределена по всей территории Великобритании. Почасовые замеры мощности ветра показали, что в январе в течение 30 часов нормой были качания мощности в 70%, а средняя минимальная производительность составляла 3,7%, см. технический анализ, выполненный Фондом развития возобновляемых источников энергии Oswald Consultancy Ltd, *25 GW of Distributed Wind on the UK Electricity System,* December 7, 2006, Oswald Consultancy Ltd, Coventry, UK .

дополнительных капиталовложений в резервные мощности традиционного производства электроэнергии и в сети электропередач[12]. В то время как при генерации электроэнергии с помощью морского ветра объем капиталовложений снижался приблизительно на 2% в год[13], себестоимость и расходы на эксплуатацию генераторов берегового ветра были значительно выше, в частности, если генераторы находились на глубоководье (Vahrenholt, 2006, p. 70-71). Внедрение возобновляемых источников энергии оказалось успешным, благодаря существенным государственным субсидиям и соответствующему нормативно-правовому обеспечению. Однако оно может быть лишь частью более масштабных усилий с целью быстро сократить выбросы ПГ, необходимые для выполнения обязательств, озвученных национальными и международными лидерами.

На сегодняшний день около 15% всей электроэнергии в мире производится на основе атомной энергии, и объемы ее использования продолжают медленно расти, но этот рост осложняется продолжительным периодом освоения, опасениями относительно надежности поставок ядерного топлива и переработки отходов. С начала использования атомной энергии в середине шестидесятых годов прошлого столетия увеличились средние сроки строительства станций, что наряду с продолжительным периодом разработки проекта, его проверки и получения разрешений заставляет инвесторов быть осмотрительными. В настоящее время в тринадцати разных странах строятся или модернизируются атомные электростанции общей мощностью 28 ГВт[14]. Несмотря на то что в последние пять лет капитальные затраты всех технологий производства электроэнергии резко увеличились, затраты атомных электростанций трудно подсчитать, а перерасход средств не такое уж редкое явление. В то время как атомная энергетика достигла значительных достижений в области стандартизации конструкций нового поколения реакторов, нет доказательств, что использование только атомной энергии в обозримом будущем приведет к сокращению объема выбросов ПГ, достаточному для достижения целей, очерченных национальными и международными лидерами.

12 По оценке Национального финансово-ревизионного управления Великобритании, к 2010 году затраты на усовершенствование таких энергетических систем составят 1,1-1,3 миллиарда фунтов стерлингов, см. *Department of Trade and Industry – Renewable Energy*, February 11, 2005, The Stationery Office, London, p.3. Рассчитано, что для достижения цели по увеличению доли возобновляемой энергии в энергосистеме до 20% в период с 2010 по 2020 год объем ежегодных затрат составит от 150 до 400 миллионов фунтов стерлингов в зависимости от вида технологии и местонахождения установки, см. Strbac, G., *Quantifying the System Costs of Additional Renewables in 2020*, October 2002, ILEX Energy Consulting, Oxford, UK, pp. 6-8.

13 *Wind Power Monthly*, April 2003, p. 51.

14 База данных Мировой ассоциации атомной энергии, 14 января 2008, www.world-nuclear.org.

ПУТЬ К УЛАВЛИВАНИЮ И ХРАНЕНИЮ CO_2 (УХУ)

Для достижения масштабных целей по снижению выбросов ПГ, установленных в последних отчетах МГЭИК и других документах, необходимо к 2050 году внедрить технологии с близким к нулю уровнем выбросов практически на всех крупных стационарных источниках выбросов, в том числе на угольных электростанциях, крупных сталелитейных, нефтеперерабатывающих и химических заводах. Более того, эти технологии должны быть рентабельны как в условиях развитых, так и в условиях развивающихся стран. Ввиду высокого роста энергопотребления в развивающихся странах, этих целей будет сложно достичь без значительно ускоренного внедрения технологий по снижению выбросов CO_2. Постановка этих новых целей влечет за собой изменение приоритетов в вопросах эффективности чистых технологий добычи и переработки угля (ЧТУ).

Безусловно, угольная отрасль – производители, потребители и поставщики оборудования – также как и правительства и организации в странах, где уголь является важным ресурсом, имеют огромный опыт стимулирования внедрения чистых технологий добычи и переработки угля, а также обеспечения их рентабельности с целью сократить различные выбросы от использования угля. Такие технологии включают в себя технологии улавливания примесей, CO_2, других прекурсоров смога и ртути. Работа над внедрением этих технологий продолжается как в развитых, так и в развивающихся странах.

Прежняя необходимость ускорить распространение ЧТУ близка к настоящей необходимости сократить объем выбросов ПГ и обуздать последствия глобального изменения климата. Непрерывно принимаются меры по достижению этих целей, и внедрение ЧТУ в развивающихся странах является важной частью этих усилий. Угольная отрасль уже уменьшает пагубное воздействие своей деятельности на экологию, стимулируя внедрение более эффективных технологий сжигания угля. Опыт, приобретенный в ходе внедрения ранних и более современных ЧТУ, дает возможность существенно продвинуться на пути к достижению целей по сокращению выбросов ПГ, озвученных национальными и международными лидерами. За применением ЧТУ должно последовать внедрение технологий УХУ. Исследования Массачусетского технологического института делают по этому поводу следующие выводы: «*...в отношении угля приоритетной целью должна быть успешная широкомасштабная демонстрация технических, экономических и экологических возможностей, являющихся основными компонентами комплексной широкомасштабной системы технологий УХУ – улавливания, транспортировки и хранения*» (MTI, 2007, p. xi).

Возможность ускоренного внедрения технологий УХУ поддерживают результаты последних крупных исследований. В конце 2005 года МГЭИК отметила, что технологии УХУ подходят для применения на крупных, одиночных установках-источниках CO_2, включая угольные и газовые электростанции, энергетические установки на основе твердой биомассы, установки добычи природного газа, установки для получения водорода с использованием ископаемых видов топлива, производства синтетического топлива. Также эти технологии могут применяться в

отраслях с наибольшими выбросами – цементной и нефтеперерабатывающей промышленности, в производстве нефтепродуктов, металла и стали (IPCC, 2005). В том же году после Саммита в г. Гленеглсе лидеры «Большой восьмерки» обратились к МЭА и Международному форуму по улавливанию и хранению углерода (CSLF) с просьбой изучить формулировки, объемы необходимых инвестиций и область охвата производства с применением технологий УХУ, а также рассмотреть экономические стимулы. Лидеры Саммита также порекомендовали провести исследования в области подземного хранения CO_2 (G8, 2005).

МЭА отметило, что себестоимость применения технологий УХУ составит от 40 до 90 долларов США за одну тонну уловленного и хранимого CO_2. При использовании наиболее рентабельных технологий УХУ себестоимость улавливания и хранения одной тонны CO_2 может быть снижена до 20-40 долларов США (IEA, 2006a). Транспортировка прибавит к этой сумме еще 10 долларов США за тонну. МЭА пришло к выводу, что будущая себестоимость технологий УХУ зависит от того, какие технологии будут использоваться, как они будут применяться и насколько удастся снизить затраты в результате дальнейших исследований и разработок этих технологий, а также используя опыт их вывода на рынок (таблица 2).

В *докладе Стерна* отмечается, что *«значительное преимущество масштабного внедрения технологий УХУ состоит в том, что они позволят привести непрерывное использование ископаемого топлива в соответствие с необходимостью значительно сократить объемы выбросов в среднесрочной и долгосрочной перспективе»* (Stern, 2007, p.250). Стерн отмечает, что к 2050 году мировая электроэнергетика должна быть большей частью декарбонизирована, благодаря использованию технологий УХУ, атомной и возобновляемой энергии, и подчеркивает, что технологии УХУ могут *«...эффективно сократить объем выбросов от множества новых угольных электростанций, строительство которых запланировано на следующие десятилетия, в частности в Индии и Китае»* (Stern, 2007, pp.235 & 250).

Ряд характерных свойств технологий УХУ, отмеченных МГЭИК, МЭА и в *докладе Стерна*, делают их особенно привлекательными:

- Технологии УХУ могут применяться не только при производстве электроэнергии, но и для сокращения выбросов CO_2 химическими, сталелитейными, нефтеперерабатывающими и нефтехимическими заводами.
- Применение CO_2 в истощенных залежах нефти для повышения нефтеотдачи пласта (ПНП) принесет двойную выгоду: удаление ПГ и рост нефтедобычи. Увеличение объема добычи угольного метана путем нагнетания углекислоты принесет аналогичную выгоду.
- Потенциально технологии УХУ смогут удалять CO_2 из атмосферы, способствуя наращиванию биомассы для потребностей производства энергии и улавливая CO_2 при его сжигании или другом использовании (Obersteiner, 2002).

МЭА определило четыре группы ЧТУ, которые способны резко сократить выбросы CO_2 угольными электростанциями (рисунок 7):

- улучшение качества угля;
- повышение эффективности существующих электростанций;
- усовершенствованные технологии, например комбинированный цикл с внутренней газификацией угля (КЦВГ);
- технологии с близким к нулю уровнем выбросов.

Специально для настоящего доклада к вышеперечисленным четырем категориям ЧТУ CIAB добавил пятую категорию – **транспортировка и хранение CO_2**. Диапазон и сложность технологий, входящих в эти пять групп, предполагают путь или кривую освоения производства, в основе

Таблица 2. Оценка затрат на УХУ, подготовленная МЭА, для существующих и перспективных производственных технологий

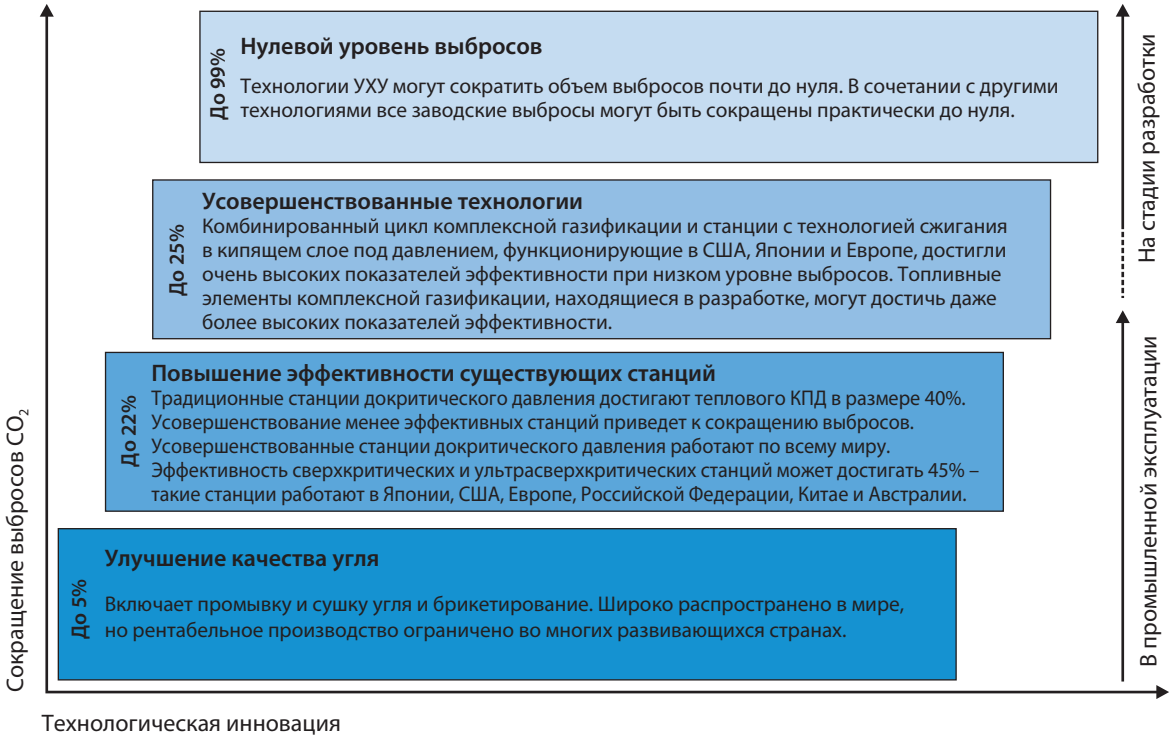
Топливо и технология	Стартовый год	Инвестиционные расходы (долл. США / кВт)	Эффективность (%)	Потери КПД (%)	Дополнительное топливо (%)	Эффективность улавливания (%)	Себестоимость улавливания (долл. США / т CO_2)	Стоимость электроэнергии (центов США / кВт-час)	Стоимость электроэнергии контрольной станции (центов США / кВт-час)	Добавочная стоимость электроэнергии (центов США / кВт-час)
Перспективные технологии										
Уголь, паровой цикл, ХС	2010	1 850	31	–12	39	85	33	**6,79**	3,75	3,04
Уголь, паровой цикл, мембраны + ХС	2020	1 720	36	–8	22	85	29	**6,10**	3,75	2,35
Уголь, УСК, паровой цикл, мембраны +ХС	2030	1 675	42	–8	19	95	25	**5,70**	3,75	1,95
Уголь, КЦВГ, Селексол	2010	2 100	38	–8	21	85	39	**6,73**	3,75	2,98
Уголь, КЦВГ, Селексол	2020	1 635	40	–6	15	85	26	**5,71**	3,75	1,96
Газ, КЦ, ХС	2010	800	47	–9	19	85	54	**5,73**	3,75	1,98
Газ, КЦ, сжигание на потоке воздуха	2020	800	51	–8	16	85	49	**5,41**	3,75	1,66
Черный щелок, КЦВГ	2020	1 620	25	–3	12	85	15	**3,35**	2,35	1,00
Биомасса, КЦВГ	2025	3 000	33	–7	21	85	32	**10,06**	7,46	2,60
Развивающиеся технологии										
Уголь, ЦПС, сжигание с химической циркуляцией	2020	1 400	39	–5	13	85	20	**5,26**	3,75	1,51
Газ, КЦ, сжигание с химической циркуляцией	2025	900	56	–4	7	85	54	**5,39**	3,75	1,64
Уголь, КЦВГ и ТТЭ	2035	2 100	56	–4	7	100	37	**6,00**	3,75	2,25
Газ, КЦ и ТТЭ	2030	1 200	66	–4	6	100	54	**5,39**	3,75	1,64

Примечание: Приведенное выше сравнение основано на процентной ставке 10% и сроке эксплуатации 30 лет. Объемы инвестиций не включают проценты, начисленные за период строительства, и не включают затраты собственника, которые могут увеличить на 5-40% затраты одномоментного возведения объекта строительства. Этот принцип применен ко всем технологиям, которые сравниваются в этом исследовании. Цена на уголь — 1,5 доллара США за ГДж, цена на природный газ – 3 доллара США за ГДж. Производство CO_2 находится в сверхкритическом состоянии — 100 бар. Стоимость перевозки и хранения CO_2 не включены. Стоимость улавливания сравнивается с показателями той же электростанции без применения технологий улавливания. ХС — хемосорбция, КЦ — комбинированный цикл, ЦПС — циркулирующий псевдоожиженный слой, КЦВГ — комбинированный цикл с внутренней газификацией угля, ТТЭ — твердооксидный топливный элемент, УСК — ультрасверхкритический.

Данные по технологии комбинированного цикла с внутренней газификацией угля на 2010 год являются показателями высокоинтегрированной европейской электростанции с установкой для газификации угля Shell. Данные на 2020 год относятся к менее интегрированному американскому заводу с установкой для газификации угля E-gas. Уровень эффективности остается без изменений потому, что новые газовые турбины, которые повысят эффективность, станут доступны только в период с 2010 по 2020 год (турбины так называемого класса H). Замена установки для газификации угля уменьшит затраты на внедрение технологии улавливания и снизит отрицательную прибыль инвестиций. При фиксированных предполагаемых затратах на эксплуатацию и техническое обслуживание в размере 4% стоимость электроэнергии можно рассчитать по следующей формуле: стоимость электроэнергии = (инвестиции x (0,11 + 0,04) / 31,54 / коэффициент готовности + Цена на топливо / Эффективность) x 0,036.

Источник: IEA, 2006a.

Рисунок 7. Сокращение выбросов CO_2 с помощью чистых технологий добычи и переработки угля



Источник: IEA, 2004.

которых лежат меры, принимаемые в настоящее время с целью повысить эффективность сжигания топлива и улучшить эффективность оборудования для контроля над загрязнением, и которые в то же время обеспечивают исследования, разработки и внедрение усовершенствованных систем улавливания и хранения CO_2.

Улучшение качества угля

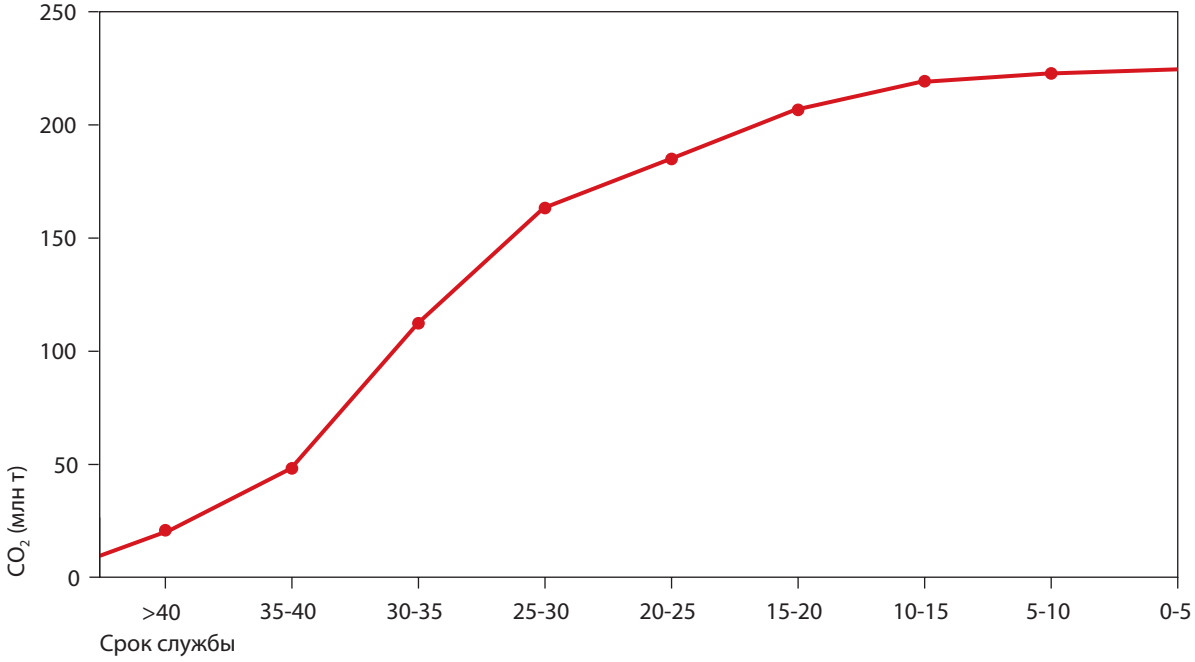
Несмотря на то что три из четырех групп ЧТУ не предоставляют возможностей для достижения целей, поставленных МГЭИК и другими организациями, их применение важно, поскольку они обеспечивают немедленное сокращение объема выбросов и открывают путь самой эффективной технологии – технологии УХУ с близким к нулю уровнем выбросов. Было подсчитано, что промывка, сушка и брикетирование угля могут снизить объем выбросов на 5%. Этот процесс предполагает использование хорошо известных промышленных технологий, применяемых в США, Европе, Японии и Австралии, но он все еще не является широко распространенным в развивающихся странах и в странах бывшего Советского Союза.

Повышение эффективности существующих электростанций

Всемирный институт угля отметил масштабы для повышения эффективности существующих электростанций: повышение теплового КПД до 40% может снизить выбросы CO_2 на 22%, особенно в странах, которые не являются членами ОЭСР (WCI, 2003). Этот потенциал подтверждается

уже осуществленными и планируемыми усовершенствованиями в странах ЕС (рисунок 8). Что касается развивающихся стран, то здесь сочетание помощи развивающимся странам, экспортных кредитов и доходов от продажи электроэнергии может стать источником финансирования таких усовершенствований, как модернизация оборудования, систематический контроль эксплуатационных параметров и диагностическое испытание котлов, турбин, конденсаторов и вспомогательного оборудования (NETL, 2001). Темой следующего доклада МЭА для «Большой восьмерки» будет глобальный потенциал сокращения выбросов CO_2 путем повышения эффективности существующих электростанций. CIAB предоставил рекомендации относительно сложностей с определением уровня эффективности электростанций и отметил, что обоснованные сравнения должны учитывать местные условия и качество топлива.

Рисунок 8. Совокупный потенциал сокращения выбросов углекислого газа в ЕС в результате повышения эффективности работы существующих электростанций любого срока службы

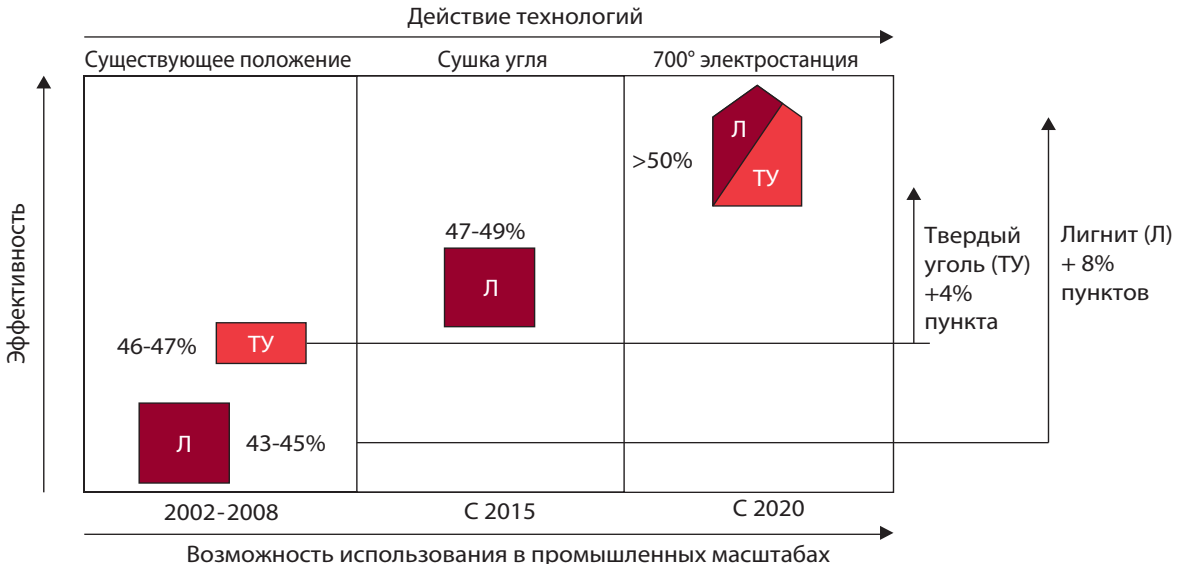


Источник: Euracoal, 2005.

Усовершенствованные технологии

Исследования и разработки сверхкритических (СК) и ультрасверхкритических (УСК) технологий позволили внедрять их в новые проекты, и сейчас они считаются основным направлением развития электроэнергетики. В данный момент в эксплуатацию вводится все больше высокоэффективных сверхкритических угольных установок. Угольная электростанция становится сверхкритической, если температура пара на выходе достигает 540-566°C (1 000-1 050°F), а давление составляет 250 бар (3 600 фунтов на квадратный дюйм). Ультрасверхкритические установки определяются температурой пара на выходе, превышающей 590°C (1 100°F), и давлением свыше 250 бар. Используя данные Центра чистого угля МЭА, Всемирный институт угля подсчитал, что в мире существует 240 сверхкритических установок и 24 ультрасверхкритические установки (WCI, 2006). В будущем более высокие температурные режимы, достигающие 700°C (1 300°F), позволят еще больше повысить уровень эффективности (рисунок 9). Программы по разработке материалов и

Рисунок 9. Этапы повышения эффективности электростанций



Источник: Euracoal, 2005.

технологий производства для котлов, трубопроводной системы, клапанов и турбин, которые смогут применяться при таких температурах, находятся на высоких стадиях разработки.

Внедрение высокоэффективных электростанций, работающих на угольной пыли, стало еще одной мерой по сокращению выбросов. Эти проекты осуществляются благодаря исследованиям, разработке и внедрению технологий, которые финансируются консорциумом правительства и промышленности и поддерживаются благоприятными нормативно-правовыми условиями. В Японии, США, Германии, Дании и других странах правительства, многосторонние агентства, электростанции, поставщики угля и производители оборудования объединились для финансирования испытаний материалов, конструирования оборудования и разработки систем контроля. Все это дало возможность новым электростанциям достигнуть эффективности в 43-47%. Важным преимуществом этих высокоэффективных станций является то, что на каждую единицу произведенной электроэнергии они производят меньше CO_2, который будет впоследствии улавливаться технологиями УХУ. Еще одно преимущество состоит в том, что в будущих сверхкритических и ультрасверхкритических электростанциях потери эффективности и ресурсов, а также себестоимость улавливания CO_2 будут снижаться, поскольку при существующих тенденциях к повышению эффективности электростанций в скором времени этот показатель может превысить 50%.

Хотя газификация угля стала промышленной технологией еще в 19-м веке, только в течение последних тридцати лет ее интеграция в газовые турбины комбинированного цикла для производства электроэнергии стала одним из путей развития ЧТУ, а исследования в этой области получили поддержку как государства, так и промышленности. Потенциально с помощью технологии комбинированного цикла с внутренней газификацией угля можно достичь более высокой эффективности по сравнению со сверхкритическими, ультрасверхкритическими электростанциями и котлами на угольной пыли. Однако эта технология находится на ранних этапах коммерциализации и прежде чем достичь масштабности и надежности, необходимых для экономической конкурентоспособности, потребуются дальнейшие исследования и разработки, а также наработка эксплуатационного опыта в этой области. Тем не менее в Нидерландах, Испании и США успешно работают и предоставляют необходимый эксплуатационный опыт полномасштабные установки с применением этой технологии. К достоинствам газификации

относятся гибкость в использовании различного исходного материала (например, угля, биомассы, гудрона и промышленного топлива, получаемого вакуумной перегонкой мазута), а также наличие вариантов производства различных продуктов (например, электроэнергии, химикатов, водорода, моторных топлив и синтетического природного газа).

CIAB отмечает, что в сентябре 2007 года Исполнительный совет механизма чистого развития Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) утвердил сводную методологию для новых, подключенных к электросетям электростанций на ископаемом топливе, которые применяют технологии с низким уровнем выбросов ПГ. Эта методология дает им возможность торговать квотами в рамках механизма чистого развития (МЧР) Киотского протокола. Согласно правилам, электростанции в развивающихся странах получают право торговать квотами на нереализованные выбросы при использовании упоминающихся выше ЧТУ.

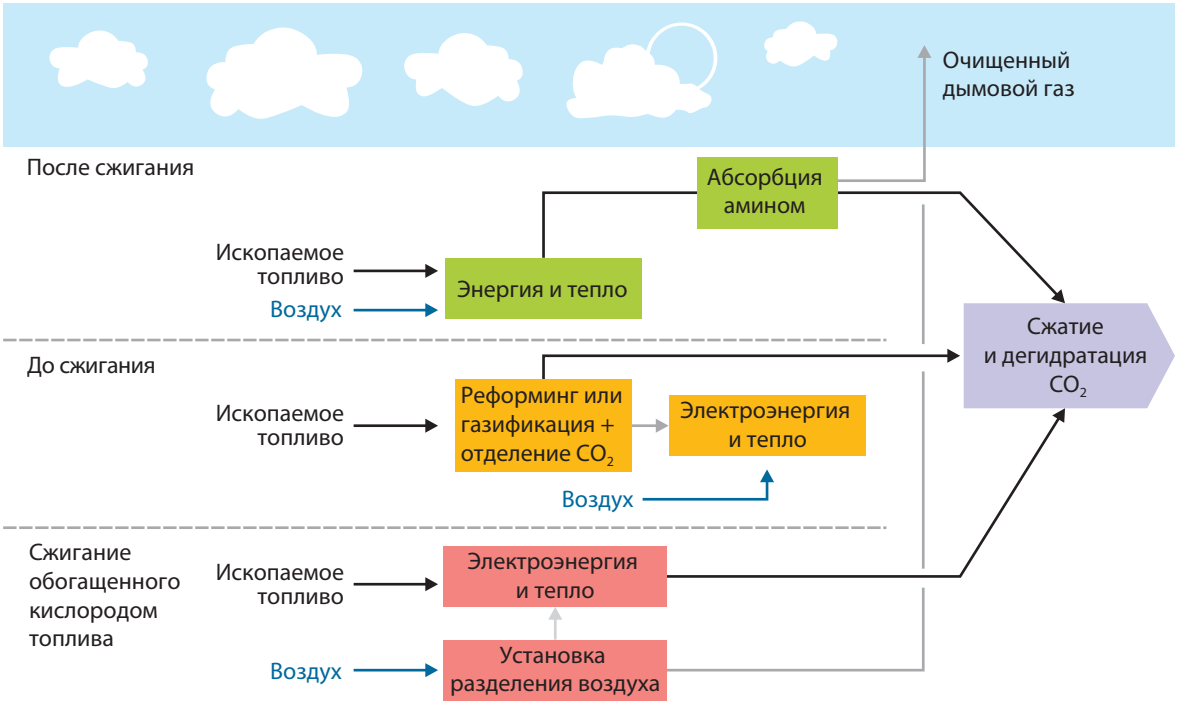
Технологии с близким к нулю уровнем выбросов

До середины девяностых годов прошлого столетия, перед тем как проблемы глобального потепления получили широкую огласку, меры по развитию ЧТУ были главным образом направлены на три первые технологии, представленные МЭА на рисунке 7. После подписания Киотского протокола в 1997 году внимание переместилось с контроля выбросов твердых частиц, сернистого ангидрида, прекурсоров смога и ртути на эффективность, а также на улавливание и хранение CO_2. Хотя многие проекты, касающиеся ЧТУ, особенно в развивающихся странах, в первую очередь нацелены на сокращение объема выбросов обычных загрязняющих веществ, в странах ОЭСР акцент был перенесен на технологии с близким к нулю уровнем выбросов, целью которых является декарбонизация сжигания угля. В настоящее время продолжаются процессы исследования, разработки и внедрения этих систем, причем некоторые правительства, международные и промышленные организации пытаются перенести акцент с обычных загрязняющих выбросов и экономических результатов на достижение целей по сокращению выбросов ПГ. Например, в Австралии угледобывающая промышленность с помощью добровольного налога на производство угля создала фонд в 1 миллиард австралийских долларов, который будет финансировать демонстрационный показ технологий с низким уровнем выбросов в течение следующих десяти лет. Уже профинансированные демонстрационные проекты включают сжигание обогащенного кислородом топлива и технологии улавливания CO_2 после сжигания топлива. Множество других проектов, как небольших, так и крупных, осуществляются по всему миру, в том числе в Китае и в других развивающихся странах.

Рисунок 10 иллюстрирует технологические варианты удаления CO_2 и предлагает три основных подхода к улавливанию CO_2 для применения на электростанциях: 1) системы улавливания после сжигания отделяют CO_2, произведенный «продутым» сжиганием любого ископаемого топлива или биомассы; 2) системы улавливания до сжигания подвергают первичное топливо обработке в реакторе или установке для газификации угля и производят синтез-газ (сингаз), который потом преобразовывается и делится на два газовых потока – CO_2 для хранения и водород, который может использоваться в качестве топлива для газовой турбины, моторного топлива или как горно-химическое сырье; 3) системы сжигания обогащенного кислородом топлива, использующие «кислородное» сжигание для производства дымового газа с намного более высокой концентрацией CO_2, чем можно получить путем обычного сжигания с продуванием воздухом.

Улавливание CO_2 необходимо в некоторых промышленных процессах и уже используется в течение почти ста лет. Например, CO_2 улавливается при очистке природного газа и при производстве сингаза с содержанием водорода при производстве аммиака, спиртов и синтетического жидкого

Рисунок 10. Обзор технологий улавливания CO_2 на электростанциях



Источник: ZEP, 2006.

топлива. Очистка природного газа и производство аммиака являются процессами промышленного масштаба. Фактически много опыта по хранению CO_2 было приобретено благодаря масштабной утилизации CO_2, связанной с выработкой природного газа.

Улавливание CO_2 при продуваемом воздухом сжигании ископаемого топлива включает отделение и улавливание CO_2 низкой концентрации из дымового газа. На рынке существует несколько технологических процессов для улавливания CO_2 из дымового газа. Процесс адсорбции (поглощения), в котором для отделения CO_2 используются жидкие растворители, на данный момент является предпочтительным вариантом среди других процессов улавливания после сжигания. Эта технология улавливания CO_2 демонстрирует наибольшую эффективность, а также наиболее низкие энергопотребление и уровень затрат по сравнению с другими процессами улавливания после сжигания. Процессы поглощения нашли коммерческое применение, но еще не были применены в масштабе, подходящем для крупных угольных электростанций. В настоящее время существует ряд международных программ исследований и разработок, а также пилотных проектов, нацеленных на повышение эффективности этой технологии и переход к ее промышленной эксплуатации. В общем ситуация с процессами улавливания после сжигания такова, что все основные компоненты технологии присутствуют на рынке, но часто в небольшом масштабе, они не интегрированы и не оптимизированы для применения на крупных угольных электростанциях. Есть и нерешенные проблемы: для процесса необходим очищенный дымовой газ; выпуск поглощенного CO_2 и восстановление применяющегося для адсорбции растворителя влечет за собой высокие пассивные потери энергии, которые оказывают негативное влияние на эффективность электрогенерации. Стимулом к продолжению исследований и разработок является возможность адаптировать этот процесс для существующих систем сжигания ископаемых видов топлива и биомассы. Вне зависимости от того, применяются ли технологии улавливания после сжигания на совершенно новой электростанции или адаптируются под уже существующую станцию, снижение себестоимости

улавливания играет немаловажную роль, поэтому требуется определить поглотители и процессы, которые в состоянии эффективно улавливать и выпускать CO_2 с минимальными потерями энергии.

Применение технологий улавливания CO_2 до сжигания в угольных установках для газификации угля требует дополнительной установки смещенного реактора для производства смеси водорода и CO_2, с последующей сепарацией CO_2 и сжатием его для транспортировки. Уже много лет отрасль использует отдельные компоненты технологии улавливания CO_2 до сжигания в широких масштабах. Как отмечалось выше, последние разработки в области газификации (например, КЦВГ) были направлены на достижение приемлемой надежности и доступности.

Чтобы КЦВГ стал полноценной технологией УХУ, необходимы следующие меры по исследованию и разработке: разработка турбин для газа, насыщенного водородом; интегрированные системные исследования для совместного производства электроэнергии, ценных топлив, химикатов и/или водорода; дальнейшее изучение впрыска и переработки топлива с целью увеличения количества видов угля, лигнита и других видов топлива, которые могут использоваться в установках для газификации угля; улучшение техники очистки сингаза с целью повысить эффективность использования всех компонентов в дальнейшем и общего повышения привлекательности газификации.

Все основные компоненты для сжигания обогащенного кислородом топлива существуют в промышленных масштабах, но демонстрационный показ их интеграции в процесс сжигания был проведен только в лабораторных условиях. Опыт показывает, что эта технология ненамного отличается от сжигания с использованием воздуха; тем не менее, полупромышленная интеграция всех основных компонентов еще впереди. Ключевой проблемой сжигания обогащенного кислородом топлива является высокое потребление энергии при разделении воздуха, чтобы получить необходимый поток кислорода. Обогащенное кислородом топливо позволяет улавливать CO_2 путем прямого сжатия дымового газа без необходимости дальнейшего химического улавливания или разделения. Тем не менее чистота газа (в отношении таких загрязнителей, как окиси серы и окиси азота) может стать ограничивающим фактором, если стандарты связывания CO_2 будут включать только газ очень высокой очистки. Процесс сжигания обогащенного кислородом топлива также можно адаптировать к использованию на существующих электростанциях, но его применение может быть ограничено из-за высоких пассивных потерь энергии в процессе разделения воздуха. В то же время этот процесс обладает значительным потенциалом для применения на новых электростанциях.

Исследования и разработки, необходимые для усовершенствования технологий с использованием обогащенного кислородом топлива, сконцентрированы на снижении объема энергии, потребляемой при разделении воздуха. Важными также являются усилия по разработке комплексных механизмов и исследованию влияния концентрации SO_x и NO_x в дымовом газе на компоненты в последующих циклах сжатия, транспортировки и хранения. Наконец, необходима полная оценка затрат, преимуществ и ограничений этой технологии для применения на уже существующих электростанциях.

Транспортировка и хранение CO_2

Уделяя особое внимание транспортировке и хранению CO_2, CIAB отмечает, что в то время как эффективность сжигания топлива, эффективная работа оборудования и технологий по улавливанию CO_2 имеют целью сократить объем его выбросов, для успешного внедрения технологий УХУ необходимо также разработать эффективные способы транспортировки и долгосрочного хранения CO_2 вдали от атмосферы. Существуют предложения хранить CO_2 в соленосных формациях,

истощенных залежах нефти и газа, глубинных угольных жилах, сланцевых и базальтовых формациях. Несмотря на то что в некоторых регионах существует опыт транспортировки и хранения, большей частью связанный с методами повышения нефтеотдачи (ПНП) и переработкой природного газа, все еще следует приложить значительные усилия для оптимизации выбора мест, где можно разместить крупные хранилища, и обеспечения их безопасности. Для этого необходимы следующие исследования: детальная геологическая оценка перспективных участков хранения, улучшенное понимание и прогнозирование последствий рассеивания CO_2 в геологической среде для определения стабильности и безопасности хранилища, ускоренное изучение технологий, которые могут быть использованы для долгосрочных измерений, контроля и проверки хранилищ.

В дополнение к этим необходимым исследованиям требуются одновременные усилия по разработке сбалансированной нормативно-правовой базы для хранения CO_2 и контроля над хранилищами – важнейшими компонентами применения технологий УХУ. Такие исследования должны включать разработку жизнеспособных национальных и международных стандартов, регулирующих выбор, эксплуатацию и контроль хранилищ CO_2.

КОММЕРЧЕСКИЕ И ПОЛИТИЧЕСКИЕ СТИМУЛЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ

Обзор и дискуссия членов CIAB

Тезисы:

- Опыт промышленности по разработке технологий, сокращающих выбросы загрязняющих веществ от угольных электростанций, придает уверенность в том, что в будущем при условии существования соответствующих политических и коммерческих стимулов можно будет добиться сокращения выбросов CO_2 с использованием технологий УХУ.
- Необходимо как можно скорее начать постепенное осуществление широкомасштабных технологических улучшений, которые позволят в пределах временных рамок, установленных в последних основных докладах (*Stern Review* и доклады МГЭИК), достичь значительных и повсеместных сокращений выбросов CO_2 с помощью технологий УХУ.
- Чтобы ускорить внедрение технологий УХУ, необходимы значительная инвестиционная поддержка, надежная правовая база и институциональные преобразования.

Для достижения масштабных целей по сокращению выбросов ПГ, поставленных МГЭИК и другими организациями, необходимо незамедлительно начать постепенное осуществление широкомасштабных технологических улучшений в таких сферах, как энергоэффективность, добыча ископаемого топлива, сжигание топлива, улавливание и хранение CO_2. Легкого решения, позволяющего существенно приблизиться к достижению этих целей, не существует. Необходимо применить целый ряд технологий как в развитых, так и в развивающихся странах для успешного сокращения выбросов ПГ.

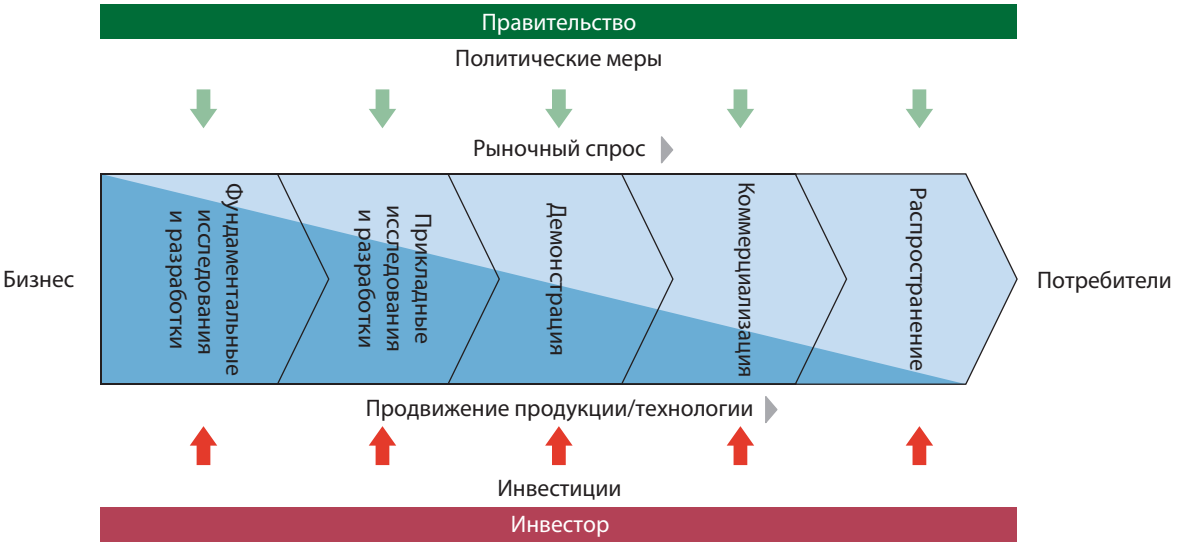
Технология улавливания и геологического хранения CO_2, производимого электростанциями, работающими на угле и других ископаемых видах топлива, является одним из важнейших решений в отношении потенциального сокращения выбросов в будущем. CIAB согласен с выводами о том, что *«...необходимо помнить, что уголь остается важным и незаменимым ресурсом в мире, где действуют ограничения на выбросы ПГ. Фактически правительствам и промышленности предстоит найти*

путь к подавлению последствий выбросов углерода, в то же время продолжая использовать уголь для удовлетворения потребностей в энергетических ресурсах, особенно в развивающихся странах» (MIT, 2007, p. ix).

Тем не менее по многим причинам – в том числе из-за стоимости разработок и внедрения технологий УХУ и отсутствия рынков и программ поддержки – эта цель недостижима без незамедлительного и активного вмешательства правительств и их лидерства в финансовой, правовой и политической сферах. Финансирование исследований и разработок и первичных демонстрационных проектов УХУ предполагает значительное повышение текущего уровня затрат на исследования, разработки и внедрение. Кроме того, для ускорения внедрения новых технологий необходимы существенная инвестиционная поддержка и институциональные изменения.

Этот процесс намного сложнее прямого перехода от исследований и разработок к этапам демонстрации, коммерциализации, захвата доли рынка и крупномасштабного применения. Эксперты в области новых технологий отметили важную роль, которую взаимодействие и связь между технологическими и институциональными изменениями играют в этом процессе (Grubb, 2004). На рисунке 11 отображены стадии введения новых технологий и роли отдельных участников. Связи между этими стадиями делают возможным обучение в процессе деятельности, использования и взаимодействия, причем все типы обучения позволяют новаторам продвигаться по кривой освоения производства. Анализ кривых освоения производства для электроэнергетических технологий показал, что на ранних стадиях разработок себестоимость

Рисунок 11. Роли действующих факторов в инновационной цепи



- Инновационный процесс включает разработку и внедрение новых технологий, продуктов и услуг для удовлетворения нужд потребителей. Для этого необходимо финансирование ряда инвесторов, таких как страховые компании, банки, частный акционерный капитал, а также инвесторов, готовых вкладывать в компанию на начальной стадии ее функционирования.
- На ранних стадиях завоевания рынка подъем происходит в основном благодаря продвижению продуктов/технологий. С ростом потребительской осведомленности скорость внедрения увеличивается по мере роста потребительского спроса.
- Государство может вмешиваться в процесс путем законодательных изменений на разных стадиях инновационной цепи с целью преодоления препятствий на пути к разработке разных технологий, продуктов и услуг.

Источник: Carbon Trust, 2003.

произведенной единицы энергии падает на 10-20% каждый раз, когда удваивается суммарный объем производства.

В результате исследования эмпирических, аналитических и политических усилий в двадцати четырех странах ОЭСР установила, что разница в размере и уровне развития стран влияет на их инновационный потенциал (OECD, 1999). Исследование также показало, что различия между институциональными структурами означают, что соответствующие роли основных участников инновационного процесса (предприятий, государственных и частных исследовательских организаций, правительств и других государственных органов) также отличаются в разных странах.

Исследование ОЭСР также определило несколько распространенных тенденций, которые создают условия для успешного внедрения инновационных технологий:

- инновации все больше зависят от эффективного взаимодействия научной базы с деловым миром;
- более конкурентные рынки и ускоряющийся темп научных и технологических изменений заставляют компании использовать больше инновационных технологий;
- связи и сотрудничество между компаниями в настоящий момент играют более важную, чем в прошлом, роль, и все чаще включают в себя наукоемкие услуги;
- малые и средние предприятия (МСП), особенно новые технологические фирмы, играют более важную роль в разработке и распространении новых технологий;
- в условиях глобализации экономики взаимозависимость инновационных систем разных стран растет.

Эти тенденции присущи продолжающимся усилиям по изобретению и коммерциализации «традиционных» технологий и процессов использования угля с низким уровнем выбросов. Цель по достижению существенного сокращения выбросов ПГ продолжает инновационное развитие ЧТУ, однако является более безотлагательной и труднодостижимой.

Успех, достигнутый за последние пятьдесят лет в сокращении объема выбросов угольными электростанциями твердых частиц, SO_2, NO_x и ртути с помощью традиционных ЧТУ, открывает прямой путь к сокращению выбросов CO_2 электростанциями на ископаемом топливе. Выбросы обычных загрязняющих веществ считались серьезной угрозой окружающей среде, особенно в США, Европе, Японии. Но в последние пятьдесят лет, невзирая на растущее потребление электроэнергии, эти выбросы удалось взять под контроль благодаря успешному применению новых технологий. Хотя в развивающихся странах эти технологии еще не получили широкого распространения, ожидается, что внедрение ЧТУ уменьшит влияние на окружающую среду и позволит углю остаться конкурентоспособным ресурсом, использование которого поддержит экономический рост и сократит объемы нищеты. Контроль над выбросами осуществляется благодаря взаимодействию ряда факторов, которые включают государственное финансирование исследований и разработок, введение обязательных нормативно-правовых актов, инвестиционную поддержку и гибкие системы торговли квотами на выбросы. Более того, эти факторы могут стимулировать внедрение сокращающих выбросы технологий и формирование соответствующей политики в развивающихся странах.

CIAB пересмотрел список технологий, которые в настоящее время развиваются в Европе, Японии, Австралии и США и заключил, что электростанции, на которых применяются низкоуглеродные технологии и технологии с близким к нулю уровнем выбросов, достаточно продвинулись на пути разработки, усовершенствования и внедрения. Необходимость срочно достичь поставленных МГЭИК и другими организациями целей по существенному сокращению выбросов к 2050 году, вместо замедления темпов их роста, заставляет активизировать все усилия. Для успешного внедрения

технологий УХУ в течение следующих сорока лет необходимо ускорить процесс улучшения экологических характеристик угля при сохранении его рентабельности. Элементы этого процесса включают:

- создание прозрачной и сбалансированной правовой базы для транспортировки и хранения CO_2;
- повышение понимания и принятия общественностью процесса улавливания и хранения CO_2 (УХУ);
- финансирование исследований, разработок и внедрения технологий УХУ;
- установление налоговых льгот и кредитных гарантий для исследований, разработок и внедрения технологий УХУ и коммерческих проектов;
- поддержка коммерческих возможностей нагнетания CO_2 для повышения нефтеотдачи пласта (ПНП) и увеличение объема добычи угольного метана путем нагнетания углекислоты, что позволит разрабатывать технологии УХУ и их инфраструктуру;
- улучшение условий коммерческой деятельности по производству моторного топлива и химического производства на основе угля, что будет содействовать разработке технологий УХУ и их инфраструктуры;
- поддержка рыночных реакций, например систем ограничения и торговли квотами на выбросы ПГ, для ускорения окончательной коммерциализации технологий УХУ;
- поощрение обязательной ценовой поддержки и «зеленых» тарифов, основанных на объеме выбросов, которых удалось избежать благодаря технологиям УХУ;
- содействие разработкам и внедрению технологий УХУ в развивающихся странах.

Члены CIAB обсудили эти элементы на Пленарном заседании в ноябре 2007 года. В ходе заседания они:

- подчеркнули необходимость в государственной поддержке на ранних стадиях процесса;
- аргументировали необходимость в инвестиционной поддержке и финансовой поддержке со стороны государства, особенно на фоне растущих капитальных затрат;
- одобрили применение систем торговли квотами на выбросы ПГ на более поздних стадиях разработок технологий УХУ и процесса коммерциализации;
- сделали вывод о чрезвычайной важности участия развивающихся стран, стимулировать которое можно посредством предоставляемых Мировым банком субсидий;
- поручили МЭА предпринять все необходимые шаги, чтобы обеспечить разработку и согласование методологии, которая бы позволила технологиям УХУ удовлетворить требованиям для участия в механизме чистого развития в рамках Киотского протокола.

Осознавая необходимость уравновесить выбросы парниковых газов с растущим энергопотреблением и безопасностью поставок, члены совета обратили внимание на более масштабные проблемы разработок технологий УХУ, которые стоят перед промышленностью и государством. Необходимо как можно скорее разработать и внедрить технологии УХУ, но также необходимо обеспечить их устойчивое развитие и использование. Объем электроэнергии, необходимый для применения технологий УХУ, снижает выработку и мощность электростанций, что влечет за собой дополнительную добычу угля и разработку новых месторождений. Поэтому при использовании технологий УХУ необходимо будет постоянно работать над сокращением потерь энергии и повышением энергоэффективности на каждом этапе производственно-сбытовой цепи, в том числе путем внедрения новых, эффективных технологий производства электроэнергии. «Большая восьмерка» под руководством МЭА и Международного форума по улавливанию и хранению

углерода сконцентрировала свою деятельность на существующих возможностях для внедрения технологий УХУ в краткосрочной перспективе (G8, 2005).

В ходе симпозиума *«Улавливание и хранение CO_2 – международное развитие и перспективы на будущее»,* организованного CIAB, Королевским научным обществом и Британской Королевской инженерной академией, и проведенного после Пленарного заседания, был сделан вывод, что технологии УХУ являются главными для смягчения последствий глобального потепления. На фоне растущего потребления электроэнергии и преимущественного использования в обозримом будущем ископаемых топлив, как проиллюстрировано сценариями развития энергетики, опубликованными МЭА в *World Energy Outlook 2007,* необходимость решать вопросы, связанные с изменением климата, создает дополнительную проблему, касающуюся надежности энергоснабжения в будущем. Отмеченная МГЭИК необходимость резко сократить выбросы CO_2, которая все чаще фигурирует в политических стратегиях государств, требует незамедлительного развития технологий производства электроэнергии и других промышленных процессов с низким уровнем выбросов, в том числе технологий УХУ для угольных и газовых электростанций. На симпозиуме также сообщалось об обнадеживающих успехах в разработке нормативно-правовых норм для внедрения технологий УХУ, в том числе о принимаемых Европейской комиссией мерах по включению технологий УХУ в систему торговли выбросами ЕС.

В то же время, чтобы способствовать ускоренной демонстрации и внедрению технологий УХУ наряду с другими технологиями, государства также должны принять положительные меры по снижению инвестиционных рисков. В ходе симпозиума было представлено множество проектов, которые могли бы продемонстрировать жизнеспособность технологий УХУ в электроэнергетике, и сделан общий вывод, что в настоящее время они нуждаются в большей политической и финансовой поддержке. Действительно, желание правительств решить проблему изменения климата должно претвориться в действия, которые обеспечат понимание и поддержку общественности в привлечении необходимых и значительных средств. Согласно оценкам, технологии УХУ могут помочь сократить эти затраты, но для этого понадобится полномасштабная демонстрация различных видов технологий УХУ, чтобы укрепить доверие инвесторов и общественности. Это сделает возможным их широкомасштабное внедрение, в том числе и в быстро развивающихся странах мира, таких как Китай и Индия. Многие участники обращали внимание на важную роль, которую может сыграть механизм чистого развития в рамках Киотского протокола, но только в том случае, если технологии УХУ будут признаны правомерными для участия в торговле переуступаемыми квотами на выбросы.

Выборочный опрос общественного мнения на симпозиуме показал, что, по мнению большинства присутствующих, к 2014 году можно провести широкомасштабный демонстрационный показ некоммерческих технологий УХУ, и перейти к их промышленному использованию в период между 2016–2020 годами. Этих довольно трудных целей можно достичь только в том случае, если необходимость, о которой высказываются лишь некоторые, станет требованием большинства. Опытные специалисты-практики предупреждают, что необходимо одновременно и целеустремленно решать существующие технические, экономические, политические, регулятивные и правовые проблемы. Особенно важно доказать возможность безопасного хранения CO_2, что столь же актуально, как и демонстрация технологий улавливания углекислого газа, и столь же сложно, как и освоение больших месторождений нефти и газа.

В случае неудачи с внедрением технологий УХУ, может появиться необходимость сделать болезненный и, возможно, не поддающийся контролю политический выбор между надежностью энергоснабжения и решением проблем, связанных с изменением климата. В этом отношении технологии УХУ являются неотъемлемой частью решения проблемы.

Далее в этом разделе подробно рассматривается каждый политический и коммерческий стимул.

Создание четкой и сбалансированной нормативной базы для транспортировки и хранения CO_2

Тезисы:

- Отсутствие четкой нормативно-правовой базы и механизмов контроля над транспортировкой и хранением CO_2 может значительно затормозить или даже остановить развитие глобальной инициативы по разработке и внедрению технологий УХУ.
- Для перехода к широкомасштабному использованию технологий УХУ необходим ряд согласованных на национальном и международном уровне принципов, которые бы образовали рамочную программу действий, относящихся к технологиям УХУ в разных юрисдикциях.
- Права собственности на находящийся в хранилищах CO_2, ответственность за хранилища в долгосрочной перспективе и открытый доступ к информации о хранении CO_2 являются основными вопросами, для решения которых требуется прозрачная нормативно-правовая база.
- Свою роль может сыграть и международный орган, который бы создал информационную базу данных, содержащую правила и принципы, разработанные национальными и другими юрисдикциями. Такая база данных позволила бы инициировать всесторонние обсуждения и содействовала бы распространению знаний, а также формированию региональных, национальных и международных правовых моделей эксплуатации систем УХУ.

Улавливание, транспортировка и хранение CO_2 уже происходит в нескольких регионах, где возникли правила эксплуатации, транспортировки, закачивания газа и осуществления контроля за хранилищами, которые соответствуют национальным, региональным, местным и промышленным нормам стран, где они применяются. Таким образом, правовая база, регулирующая транспортировку и хранение CO_2 в разных регионах, находится на разных стадиях разработки, и на сегодня не существует общей национальной или международной модели, готовой к применению (IEA, 2007f). Отсутствие четкой нормативно-правовой базы и механизмов контроля может значительно затормозить или даже полностью остановить развитие глобальной инициативы по внедрению технологий УХУ.

Для перехода к широкомасштабному внедрению технологий УХУ с целью сокращения выбросов ПГ необходим ряд согласованных на национальном и международном уровне принципов, которые бы составили рамочную программу действий, относящихся к технологиям УХУ в разных юрисдикциях. Хотя большинство международных юрисдикций выделяют только три стадии УХУ (улавливание, транспортировка, закачивание), некоторые национальные модели включают также четвертую стадию цикла — фазу после консервации, в которую входит хранение, выведение хранилищ из эксплуатации и долгосрочные обязательства. Основными проблемными моментами, требующими решения, являются: отсутствие нормативно-правовой базы, регулирующей принадлежность находящегося в хранилищах CO_2; ответственность за места геологического хранения; доступность для общественности информации о хранилищах CO_2 и рисках, связанных с ними. CIAB поддерживает идею мощной правовой системы, в которой бы учитывались вопросы передачи хранилищ от одного поколения другому и которая бы обеспечивала доверие общественности.

Отсутствие прозрачной и понятной общественности нормативно-правовой базы уничтожит доверие ко всему процессу. В то же время важно сохранить хрупкое равновесие, которое позволит правовым структурам, регулирующим эксплуатацию технологий УХУ, защищать интересы общественности, не препятствуя при этом промышленному применению этих технологий. Например, чрезмерное

регулирование хранения CO_2, выбросы которого происходят естественным образом, может парализовать весь процесс. В то же время попытка классификации CO_2 как опасного вида отходов или загрязняющего вещества не учитывает, что двуокись углерода присутствует в окружающей среде повсеместно и такие действия сильно затруднят применение технологий УХУ.

CIAB поддерживает действия Международного форума по улавливанию и хранению углерода и международных агентств, таких как МЭА и ООН, которые инициируют, ускоряют и координируют разработку сбалансированной правовой базы для внедрения и использования технологий УХУ. Необходимо создать и постоянно обновлять централизованный многонациональный архив конкретных правил и принципов, разработанных национальными и другими юрисдикциями, а также промышленностью. Более того, необходимо стимулировать многосторонние обсуждения и распространение знаний о существующих решениях и методологиях в этой сфере с помощью международных конференций, публикаций и других способов. Кроме того, признанная международная организация должна разработать региональные, национальные и международные правовые модели, которые будут служить отправной точкой для эксплуатации технологий УХУ по мере их распространения.

Формирование более глубокого понимания и приятия общественностью процессов улавливания и хранения CO_2 (УХУ)

Тезисы:

- Общественность не полностью понимает технологии УХУ и недостаточно о них проинформирована.
- В демократических странах признание общественностью технологий УХУ является ключевой задачей, которая учитывается при разработке политической базы, необходимой для внедрения технологий УХУ.
- Пропаганда программ, которые обеспечивают более глубокое понимание общественностью технологий УХУ, а также признание этих технологий государственными органами, политическими лидерами, лицами, ответственными за формирование политики, и общественными организациями, весьма существенно для принятия этих технологий общественностью.
- Авторитетные организации должны гораздо активнее внедрять меры, повышающие информированность общественности о технологиях УХУ и понимание этих технологий.

Несмотря на замечания МГЭИК о трудностях на пути к признанию технологий УХУ общественностью из-за их технической и «отдаленной» сущности, было осуществлено мало исследований в этой области (IPCC, 2005). Согласно этим исследованиям, уровень информированности общественности об этом вопросе низок. Тем не менее уже предпринимаются первые шаги, чтобы исправить ситуацию, в том числе разворачиваются региональные информационно-разъяснительные программы, осуществляется освещение в СМИ и поддержка технологий УХУ различными организациями по защите окружающей среды. Хотя опросы и показывают, что общественная осведомленность о глобальных изменениях климата растет, в лучшем случае существует незначительное осознание того, что решение этой проблемы потребует применения регулирующих механизмов, что может привести к резкому повышению цен на

электрическую и другие виды энергии. Эти же опросы показывают, что прозрачность и справедливое распределение бремени считаются среди респондентов важными и необходимыми для любого плана по подавлению последствий изменения климата. Многие участники процесса принимали участие в разъяснительной работе с общественностью, но цель резкого снижения выбросов ПГ к 2050 году не может быть достигнута только усилиями представителей промышленности или неофициальным сотрудничеством государственных органов и неправительственных организаций.

CIAB полагает, что информационно-разъяснительные программы и одобрение технологий УХУ политическими деятелями и лицами, ответственными за формирование политики, являются чрезвычайно важными для стран, рассматривающих внедрение технологий УХУ. Правительства и международные организации должны непосредственно рассеять наиболее важные для общественности опасения относительно затрат, регулирования, контроля, безопасности и обоснованности использования технологий УХУ. В то время как Программа МЭА по исследованию и изучению парниковых газов содействует формированию основных принципов безопасности, проанализировав и опубликовав результаты исследований на примере естественных выбросов CO_2, для демонстрации безопасности хранения CO_2 в надежных отстойниках необходимо более глубокое и масштабное исследование (IEA GHG, 2006a).

Для повышения общественной осведомленности необходимо приложить больше усилий. Лица, ответственные за формирование политики и общественного мнения, должны быть в большей степени готовы объяснять своей аудитории важную роль технологий УХУ и их потенциал нейтрализации последствий внушающего страх глобального изменения климата. Координировать распространение знаний должны те, кто пользуется заслуженным доверием в данном вопросе, включая органы государственной безопасности, учреждения, занимающиеся вопросами окружающей среды, международные экологические группы и международные органы, такие, как МГЭИК, РКИК ООН и МЭА.

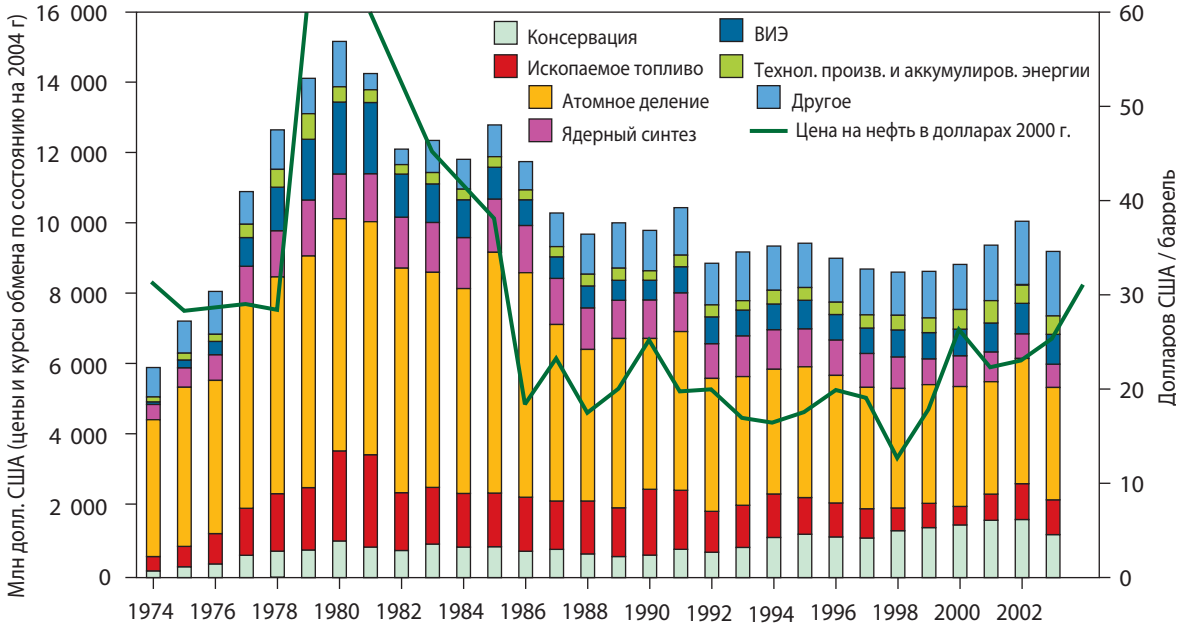
Финансирование исследований, разработок и внедрения технологий УХУ

Тезисы:

- В последнее время правительство и промышленность объединили усилия для содействия разработке и внедрению технологий УХУ.
- Ввиду необходимости значительного и масштабного внедрения технологий УХУ в течение следующих десятилетий, требуется существенно увеличить финансирование исследований и разработок, что компенсирует снижение расходов государства и промышленности, которое наблюдалось в течение нескольких последних десятилетий.
- Возможная утечка новых технологических наработок к конкурентам является препятствием для частных инвестиций в теоретические исследования и разработки в энергетической области.
- Требуется более высокий уровень финансирования, чтобы стимулировать в ближайшие десять лет реализацию демонстрационных проектов УХУ, которые позволят перейти к промышленной эксплуатации электростанций с УХУ в 2020 годах.

CIAB поддерживает мнение, что для внедрения технологий с близким к нулю уровнем выбросов потребуется значительное финансирование исследований и разработок, в основном со стороны правительств развитых стран. Обзор данных МЭА показывает, что, хотя в последние десятилетия объем средств, выделяемых государствами на исследования и разработки, увеличился, расходы

Рисунок 12. Затраты на исследования и разработки в странах МЭА (левая ось) и цены на нефть (правая ось), 1974-2003 гг.



Источник: OECD, 2006.

на энергетические исследования и разработки, снизились. Причем снижение государственных расходов не было компенсировано частным сектором. Из рисунка 12, основанного на данных, предоставленных МЭА, видно, что затраты на энергетические исследования и разработки, коррелируются с ценами на нефть. Конец периода высоких цен на нефть пришелся на вторую половину восьмидесятых годов и в течение девяностых годов привел к значительному уменьшению финансирования исследований и разработок в области энергетических технологий. В период с 1980 по 2003 год снизился уровень финансирования основных программ исследований, включая возобновляемые источники энергии, ископаемые топлива и атомную энергетику (таблица 3). Возросло только финансирование исследований и разработок, направленных на рациональное использование энергии. Общий объем финансирования программ исследований и разработок,

Таблица 3. Среднее процентное изменение в крупнейших программных областях энергетических исследований и разработок государственного сектора экономики одиннадцати стран – членов МЭА

	1980-1990		1990-2003	
	Все	**Без США, Японии**	**Все**	**Без США, Японии**
Консервация	–20%	–42%	+78%	–36%
Ископаемое топливо	–78%	–77%	–68%	–64%
Возобновляемая энергия	–75%	–56%	–5%	–14%
Ядерная энергия	–91%	–83%	–88%	–63%
Среднее значение	**–65%**	**–80%**	**–53%**	**–65%**

Источник: Runci, 2005.

связанных с ископаемым топливом, упал примерно до 1 миллиарда долларов США в 2004 году. На исследования и разработки технологий улавливания и хранения CO_2 в 2004 году пришлось только 1,1% общего объема финансирования всех стран МЭА, а другие направления исследований в области ископаемых топлив, в том числе эффективность производства электроэнергии, получили 10% общего объема финансирования. Более того, быстрая утечка разработанных технологий к конкурентам служит серьезным фактором, сдерживающим инвестиции частного сектора в фундаментальные исследования и разработки в области энергетики. Обзор финансирования исследований и разработок энергетических технологий промышленностью в странах ОЭСР показывает, что финансирование таких исследований постоянно снижалось с 1990 года (OECD, 2006).

Правительствам придется существенно усилить свою роль в финансировании исследований и разработок. В отношении технологий УХУ, они должны не только восполнить пробел в знаниях, но и обеспечить финансирование для выполнения демонстрационных проектов на ранней стадии. Правительства также играют важную роль в распространении знаний путем организации конференций и поощрения сотрудничества правительства и бизнеса.

CIAB позитивно относится к значительной роли правительств в финансировании и продвижении общественно-частных партнерств, несмотря на долгосрочное снижение уровня финансирования исследований и разработок в энергетическом секторе. Хотя эти проекты и не получают достаточного финансирования, они продвинулись на пути к сокращению объема выбросов ПГ угольными электростанциями. Европейский Союз, отдельные страны ЕС, США, Австралия, Канада и Япония в данный момент поддерживают усилия по исследованию технологий улавливания, транспортировки, хранения, контроля и проверки CO_2. Правительства объединили усилия с многочисленными крупными и малыми частными предприятиями из цепи поставщиков и потребителей угля, которые предоставили финансирование и техническую поддержку. Однако намного большее финансирование понадобится в следующие десять лет для стимулирования множества демонстрационных проектов. Австралийская группа бизнеса и климата (Australian Business and Climate Group) в исследовании, проведенном в 2007 году, настоятельно рекомендовала торговлю выбросами, но также подчеркнула необходимость создания общественно-частных партнерств и масштабной государственной поддержки исследований и разработок для скорейшего внедрения технологий УХУ (ABCG, 2007). В другом исследовании потенциала УХУ Массачусетский технологический институт рекомендовал правительству США в течение последующих пяти лет выделять по 460 миллионов долларов в год на необходимые анализы, исследования и разработку этих технологий (MIT, 2007, p.104).

Создание налоговых льгот и кредитных гарантий для исследования, разработки и внедрения технологий УХУ и коммерческих проектов

Тезисы:

- Кредитные гарантии оказывают значительное позитивное влияние на готовность компаний инвестировать в переход технологий из демонстрационной стадии в промышленную.
- Налоговые льготы могут стимулировать промышленность инвестировать в исследования и разработки и ускорить внедрение новых технологий.

Кредитные гарантии и налоговые льготы давно применяются в Австралии, странах ЕС и США с целью стимулировать внедрение технологий чистого угля и других «зеленых» технологий. В развитых странах кредитные гарантии поощряют рынки частного капитала финансировать проекты, которые являются рискованными из-за неустойчивых цен, использования новых технологий и трудностей, связанных с переводом проектов из демонстрационной стадии к промышленным

масштабам. Национальная лаборатория энергетических технологий США в апреле 2007 года опубликовала отчет, в котором подчеркивается, что кредитные гарантии имеют наибольшее влияние на общее заводское хозяйство и намного повышают доходность инвестиций (NETL, 2007). Гарантии приводят к более высокому соотношению между заемным и собственным капиталом, и таким образом снижают стартовые потребности в капитале, в то же время, предоставляя проектам определенный поток финансовых средств из-за более низких выплат по процентам. Кредитные гарантии также снижают риски акционеров, ограничивая их подверженность финансовому риску.

Налоговые льготы, предоставляемые в виде кредитов и ускоренного начисления износа, особенно выгодны на стадии внедрения, так как они снижают затраты на финансирование. Поскольку использование новых технологий часто характеризуется значительной степенью риска и, как следствие, более высокими процентными ставками, снижение стоимости капитала чрезвычайно важно на стадии внедрения. У налоговых механизмов есть и другие преимущества. Их можно применить к целому ряду новых энергетических технологий, таким образом гарантируя, что государство не вмешивается в работу рыночных сил, отдавая предпочтение одному источнику энергии над другим. Должным образом структурированные налоговые механизмы, такие как налоговые скидки на инвестиции, могут привлечь новые инвестиции, которые в противном случае не были бы сделаны. При применении этого подхода, любой собранный налог, даже по самой низкой ставке, вносит свою лепту в государственный доход от сбора налогов. Налоговые меры, также как и ускоренное начисление износа, могут финансировать внедрение более эффективной технологии взамен уже существующей[15]. На стадии исследования и разработок налоговые льготы могут частично компенсировать нежелание частного капитала инвестировать в дорогостоящие исследования. Компании, которые выделяют на исследования и разработки объем финансирования, превосходящий базовый, могут получить значительное снижение налогов для защиты дохода, получаемого от рентабельной экономической деятельности. CIAB замечает, что удачные программы налоговых льгот и кредитных гарантий более характерны для развитых стран, где финансовые и налоговые структуры могут контролировать такие комплексные программы.

Поддержка коммерческих возможностей по применению CO_2 для повышения нефтеотдачи пластов (ПНП) и увеличения объема добычи угольного метана как способы развития технологий УХУ и их инфраструктуры

Тезисы:

- Использование CO_2 для повышения нефтеотдачи пластов (ПНП) и увеличения добычи метана угольных месторождений предоставляет возможности для раннего внедрения технологий УХУ.
- Использование CO_2 для ПНП является очень важным технологическим стимулом для технологий УХУ, поскольку обеспечивает стабильный доход для покрытия издержек на разработку инфраструктуры транспортировки и закачивания CO_2.
- Более широкое использование CO_2 для ПНП и увеличения объемов добычи угольного метана, а также подобные виды деятельности могут расширить рынки CO_2, и, следовательно, спрос на CO_2, уловленный на производственных объектах, использующих ископаемое

15 В Германии после воссоединения налоговые меры, в частности ускоренная амортизация, сыграли важную роль в выделении многомиллиардных инвестиций, которые полностью обновили энергетический сектор на территории бывшей ГДР, в результате чего были закрыты старые электростанции с низким КПД. Впоследствии они были либо модернизированы, либо во многих случаях заменены самыми современными и эффективными электростанциями в мире, работающими на буром угле.

топливо. Таким образом обеспечиваются экономические стимулы для применения технологий УХУ на раннем этапе разработок.

- ПНП выступает в качестве инструмента для продвижения технологий УХУ, в то же время, предоставляя дополнительные возможности для исследований и изучения.
- Правительства и международные организации должны поддерживать ПНП и увеличение объемов добычи угольного метана в качестве «переходных» технологий, которые помогут внедрению технологий УХУ.

Использование CO_2 для повышения нефтеотдачи пласта является ключевым технологическим стимулом для технологий УХУ, так как предоставляет возможность получать доход от продажи CO_2 для покрытия дополнительных расходов на улавливание и транспортировку CO_2.

Существует две технологии полезного использования CO_2 в нефтяной и газовой промышленности: повышение нефтеотдачи путем закачивания CO_2 и увеличения объема добычи газа. ПНП применяется чаще, чем увеличение объема добычи газа, потому что темп отбора из коллектора идет на спад, когда случаются прорывы CO_2 в произведенный природный газ. После этого требуется повторное отделение и закачивание CO_2 обратно в коллектор. Два других процесса добычи газа также имеют некоторый потенциал: закачивание CO_2 в угольный пласт улучшает добычу угольного метана; также применяется закачивание CO_2 в глубокие угольные пласты для подземной газификации угля[16]. Оба процесса сейчас находятся на стадии исследования и оценки.

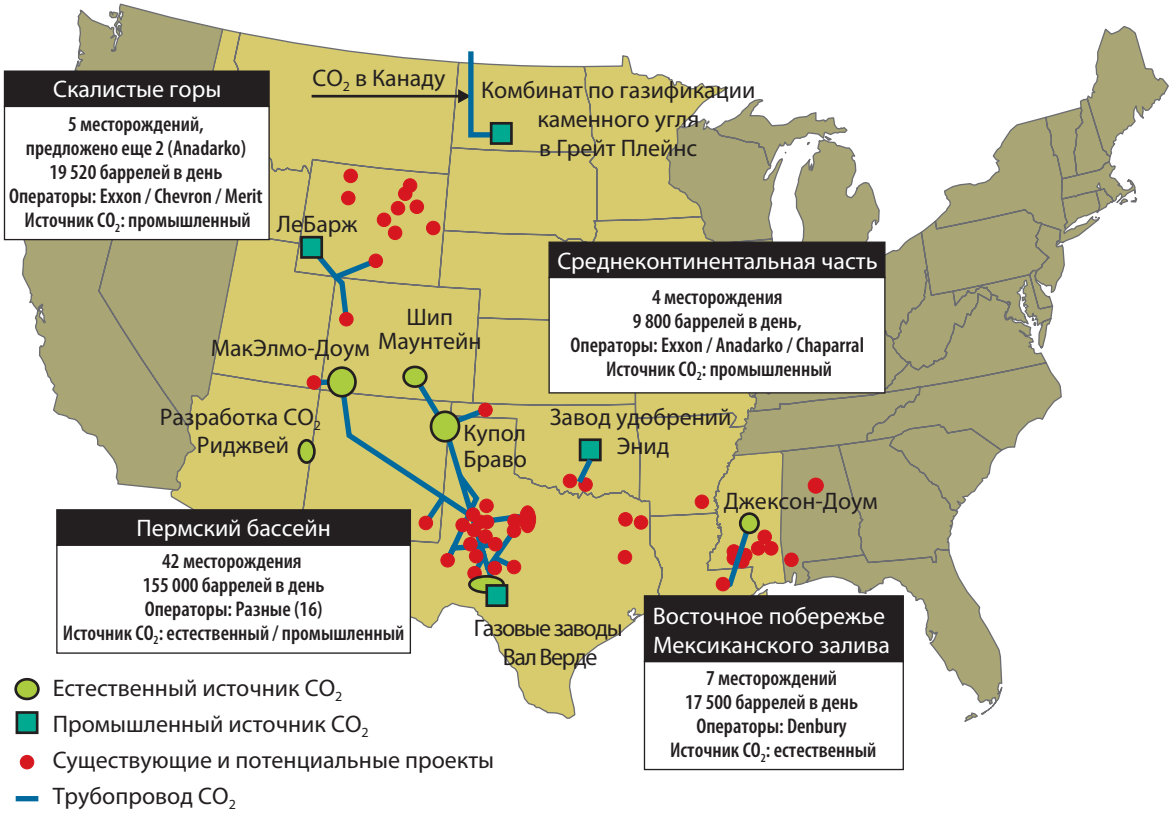
Североамериканская нефтяная промышленность применяет закачивание CO_2 для ПНП уже более тридцати лет. На рисунке 13 представлен обзор текущих проектов ПНП, реализуемых в США, и показано, как они привели к созданию инфраструктуры CO_2. Многие проекты используют CO_2 из природных источников, но некоторые проекты используют антропогенный CO_2. Важнейшим примером является комбинат по газификации каменного угля в Грейт Плейнс (Great Pleins) в штате Северная Дакота, который отправляет плотнофазный CO_2 в Саскачеван для использования нефтегазовой компанией EnCana для ПНП на нефтяном месторождении Вейбурн (Weyburn).

В США добыча угольного метана является полностью сформировавшейся отраслью промышленности, хотя закачивание CO_2 для увеличения объема добычи метана на данный момент не носит массовый характер. Поскольку CO_2 легко поглощается внутренними поверхностями угольных пластов, CO_2, закачанный в те же пласты, замещает метан и может увеличить объем его добычи. Результаты пятилетней коммерческой пилотной программы в бассейне Сан Хуан в штатах Колорадо и Нью-Мексико, США, показали, что такие операции позволяют эффективно хранить CO_2 и что дополнительная добыча метана угольных месторождений возможна при разумном объеме затрат (Reeves, 2005).

CIAB отмечает, что на пути более широкого использования CO_2 для ПНП существуют препятствия, поскольку не все коллекторы нефти подходят для этой третичной технологии добычи нефти. У проектов ПНП высокий уровень первоначальных инвестиций с длительным сроком погашения затрат, что делает эти проекты более выгодными в период высоких цен на нефть. Более того, ПНП рентабельно только в тех регионах, где происходит или происходила добыча нефти. Тем не менее, ПНП в перспективе покроет затраты на развитие инфраструктуры для транспортировки и закачивания CO_2. Часто пласт разработок находится между засоленными водоносными горизонтами, где можно хранить дополнительные объемы CO_2. Проект Вейбурн, в ходе которого был построен новый трубопровод длиной 204 мили (326 км) и диаметром 12 дюймов (0,3 м), который соединяет комбинат по газификации каменного угля в Грейт Плейнс и нефтяное месторождение Вейбурн в Саскачеване, финансировался на основе установленной цены

16 Об этой технологии см. публикации результатов исследований в рамках Программы управления угольными ресурсами, Управление энергетики и окружающей среды, Национальная лаборатория «Лоуренс Ливермор» на сайте http://eed.llnl.gov/co2/

Рисунок 13. Действующие в США проекты ПНП на основе CO_2



Источник: Denbury Resources, 2007.

30 долларов США за тонну CO_2, и оплачивался разработчиком проекта ПНП. Цена за тонну CO_2 в Пермском бассейне в штате Техас, где применение ПНП используется уже давно, составляет около 50 долларов США за тонну.

Более широкое использование технологий ПНП ограничивается доступностью и стоимостью CO_2. Программа исследования и разработки парниковых газов МЭА (IEA GHG) отмечает, что как только будут предоставлены квоты на выбросы CO_2, сохраненного с помощью ПНП, появятся дополнительные экономические стимулы, которые позволят внедрять ПНП в намного больших масштабах (IEA GHG, 2006b). CIAB поддерживает выводы программы IEA GHG о том, что ПНП обладает потенциалом стать ранним стимулом в развитии технологии хранения CO_2, прежде чем будет создана более комплексная экономическая и нормативно-правовая система. Более того, CIAB соглашается, что технологии контроля подземных хранилищ CO_2 должны поддерживаться политическими и нормативно-правовыми мерами. Дело в том, что ПНП стимулирует внедрение технологий улавливания, транспортировки и хранения CO_2, в то же время обеспечивая дополнительные возможности для исследований, позволяющих продвигаться по кривой освоения производства. Государственная поддержка внедрения ПНП может выражаться в указании месторождений, где эти технологии возможно применить, разработке базы для их внедрения и поощрении нефтяной отрасли к применению этих технологий. Правительства и международные агентства должны поддерживать внедрение таких «переходных» процессов, которые обладают потенциалом покрывать растущие затраты на внедрение технологий УХУ. Эта поддержка может быть предоставлена в виде углубленных разработок и финансирования геологических исследований, а также

поддержки инвестирования путем снижения финансовых и нормативно-правовых рисков. Наконец, возможно применение ПНП в качестве раннего стимула хранения CO_2 как в развитых, так и развивающихся странах, где существуют истощенные или близкие к истощению месторождения нефти.

Создание благоприятных коммерческих условий в сфере производства топлива для транспортных средств и химического производства на основе угля как способ развития технологий УХУ и их инфраструктуры

Тезисы:

- Политическая поддержка и высокие текущие цены на нефть способствуют принятию технологий перегонки угля в жидкое топливо (ПУЖТ) общественностью и делают их экономически выгодными.
- Себестоимость улавливания тонны CO_2 путем ПУЖТ и перегонки угля в водород (ПУВ) ниже, чем себестоимость улавливания CO_2 на электростанциях, оснащенных оборудованием улавливания после сжигания угля. Именно поэтому производства ПУЖТ и ПУВ предоставляют возможность развивать технологии УХУ и их инфраструктуру. В конечном итоге, с помощью ПУВ возможно будет значительно уменьшить выбросы CO_2 в транспортном секторе.
- Производство продуктов с высокой добавленной стоимостью может ускорить внедрение технологий УХУ, создав средства для покрытия затрат на их внедрение.

Обеспокоенность, возникшая в последнее время в связи с надежностью поставок энергоресурсов, в некоторых странах привела к внедрению дополнительных мер, поддерживающих развитие новых проектов перегонки угля в жидкое топливо (ПУЖТ). Несмотря на то что эта технология находится на высоком уровне разработки, и во всем мире предлагается множество проектов с ее использованием, эти проекты будут рентабельны только при ценах на нефть от 40 долларов США за баррель и выше. Без технологий УХУ показатели выбросов CO_2 этих проектов будут как минимум на 150-175% выше, чем показатели при традиционном производстве бензина и дизельного топлива. Несмотря на сильную государственную поддержку ПУЖТ в нескольких странах, эти проекты вызывают протесты со стороны защитников окружающей среды и идут вразрез с целями по сокращению объема выбросов парниковых газов, если ими не предусмотрено применение технологий УХУ. Аналогичная ситуация и с другими «альтернативными» видами жидкого топлива, такими как переработка газа в жидкое топливо (ПГЖТ), использование нефтеносных сланцев и нефтеносного песка. В своем докладе в мае 2007 года МГЭИК подчеркнула, что разработка всех проектов нетрадиционного и синтетического производства бензина должна комбинироваться с технологиями УХУ (IPCC, 2007). CIAB отмечает, что это требование осложнит развитие ПУЖТ, так как эта технология еще не внедрялась в сочетании с технологиями УХУ. Но благодаря государственной поддержке и высоким текущим ценам на нефть такие проекты могут получить общественную поддержку и стать рентабельными. CIAB поддерживает внедрение установок ПУЖТ с использованием технологий УХУ, так как ПУЖТ обладает потенциалом покрыть значительную часть затрат на технологии УХУ и создать инфраструктуру транспортировки и хранения CO_2, которые также можно будет применять на электростанциях.

Еще одним стимулом внедрения технологий УХУ является возможность газификации угля с целью производства чистого топлива для рынка бытовых потребителей газа и рынка транспортных услуг. Сокращение выбросов CO_2 в транспортном секторе дается очень тяжело. Однако водород обладает потенциалом стать основным чистым моторным топливом в будущем. В настоящее

время существует мало экономически выгодных вариантов, которые бы позволили полностью ликвидировать выбросы CO_2 из мобильных источников. Производство водорода на основе угля с применением технологий УХУ позволяет улавливать и хранить большие объемы CO_2, в то же время получая моторное топливо без выбросов CO_2. Исследования как минимум в двух странах показали, что газификация угля является источником водорода с наименьшей себестоимостью (EPRI, 2006). Более того, стационарные топливные элементы также являются потенциальным источником чистой энергии для рынка бытовых потребителей и малого бизнеса, и водород, полученный в ходе газификации угля, может использоваться для сокращения выбросов CO_2 из многих небольших источников в этих секторах.

Помимо переработки угля в транспортное топливо, некоторые страны предпринимают меры по распространению и внедрению технологий переработки угля в химические продукты. Такие технологии предлагают возможность сочетать газификацию угля с технологиями УХУ для производства продуктов с высокой добавленной стоимостью, что позволяет покрыть начальные затраты на технологии контроля выбросов. Сингаз из реактора газификации угля может использоваться в качестве нефтехимического сырья для переработки угля в метанол или в диметиловый эфир и другие продукты. Как и в случае с ПУЖТ, стимулирование таких процессов в сочетании с технологиями УХУ может ускорить развитие инфраструктуры, необходимой для более широкого внедрения технологий УХУ. CIAB рекомендует поддерживать производство продуктов с высокой добавленной стоимостью, поскольку они могут ускорить внедрение технологий УХУ, обеспечивая средства на покрытие затрат, исследования и демонстрационный этап. Такая поддержка может выражаться в увеличении геологических запасов, исследовании технологий контроля, демонстрации систем закачивания и контроля. Крупномасштабные проекты могут привлекать инвестиции снижением финансового и регулятивного рисков, что достигается созданием благоприятного режима налогообложения и кредитования.

Поддержка рыночных решений, таких как торговля квотами на выбросы ПГ, в целях ускорения окончательной коммерциализации технологий УХУ

Тезисы:

- Опыт торговли квотами на выбросы SO_2 и NO_x показал, что использование таких систем повышает гибкость и снижает затраты на сокращение выбросов.
- Механизм чистого развития Киотского протокола может предоставить новые возможности для поддержки инвестирования, что приведет к применению этих технологий в развивающихся странах.
- CIAB полагает, что ввиду ограниченных возможностей при переходе на альтернативные виды топлива системы торговли квотами на выбросы окажутся наиболее эффективными тогда, когда технологические решения на основе технологий УХУ станут широкодоступными.

Системы торговли квотами на выбросы использовались для сокращения выбросов нескольких видов загрязнителей в Северной Америке и выбросов CO_2 в Европе. Решения, принятые правительствами Австралии и Новой Зеландии означают, что к 2010-2011 годам для электростанций в этих странах будут введены схемы торговли выбросами ПГ. Системы торговли квотами используют рыночные силы для экономического стимулирования сокращения выбросов. Этот механизм фундаментально отличается от традиционных регулятивных подходов «контроля и управления», например таких,

которые вводят жесткие ограничения на выбросы из различных источников. CIAB соглашается со сторонниками систем торговли квотами, которые утверждают, что рынки позволяют достигнуть большей гибкости и сократить объем выбросов с меньшими затратами, поскольку эффективно определяют возможности для сокращения выбросов. Опыт с сокращением выбросов SO_2 и NO_x в Северной Америке подтверждает это мнение, в то время как в Европе эксперимент по внедрению систем торговли квотами на выбросы CO_2 все еще находится на ранних стадиях.

Базовая структура систем торговли квотами предусматривает распределение прав на выбросы множеством методов, в том числе историческим, когда квоты устанавливаются государственным органом на основе результатов прошлой деятельности, методом сопоставительного анализа технологий и продажей с аукциона. Обладатели этих квот могут производить выбросы в объемах, зависящих от количества имеющихся квот. Обычно изначальное количество распределенных квот меньше, чем текущие объемы выбросов. Поэтому предприятия, производящие выбросы, должны какими-либо способами сократить их объемы. Как правило, это достигается путем внедрения соответствующих технологий или перехода на альтернативные виды топлива либо же путем приобретения на рынке соответствующего количества квот. CIAB полагает, что в условиях ограниченных возможностей перехода на альтернативные виды топлива схемы торговли квотами на выбросы окажутся наиболее эффективными на поздних стадиях разработок и коммерциализации технологий УХУ, когда технологические решения станут широкодоступными. Наиболее успешный опыт представляют схемы торговли квотами на выбросы электростанций. Производители электроэнергии могут включить стоимость квот в цену на электроэнергию, так как они конкурируют на региональных и национальных рынках, а не на мировых. Стерн отмечает, что формирование цен на углерод в рамках систем торговли квотами по конечному экономическому эффекту ненамного отличается от налога на выбросы углерода. Ввиду того что масштабная цель по сокращению объема выбросов ПГ, предложенная МГЭИК и докладом Стерна, требует почти полной декарбонизации электроэнергетического сектора к 2050 году, системы торговли квотами предлагают путь к ее достижению.

Опыт Северной Америки и Европы в применении систем торговли квотами подчеркивает роль государства во всем, что касается определения размеров квот, подтверждения и распределения прав на них, измерения объема выбросов и введения прозрачной системы контроля и учета, которая позволит накапливать квоты. Более того, для сокращения выбросов ПГ существенные стимулы необходимы для передачи технологий УХУ развивающимся странам. Механизм чистого развития (МЧР) и в меньшей степени проекты совместного осуществления (ПСО) в рамках Киотского протокола в сочетании с национальными и международными системами торговли квотами предлагают путь, обеспечивающий инвестиции в технологии и передачу технологий развивающимся странам. Как и в случае национальных программ, для эффективной и рентабельной работы этих механизмов международные организации должны будут создать структуры контроля, учета и авторизации.

Поощрение обязательной ценовой поддержки и «зеленых» тарифов, основанных на выбросах, которых удалось избежать благодаря применению технологий УХУ

Тезисы:

- Ценовая поддержка и «зеленые» тарифы успешно используются, чтобы ускорить внедрение энергетических технологий с низким уровнем выбросов, не использующих ископаемые топлива.
- Использование этих подходов для внедрения технологий с низким уровнем выбросов имеет высокую эффективность и быстро сделает применение этих технологии массовым.

Ценовая поддержка и обязательные «зеленые» тарифы успешно используются в некоторых странах МЭА в секторе электроэнергетики для скорейшего внедрения технологий с низким уровнем выбросов, таких как технологии использования энергии ветра и солнечной энергии. Такие же методы необходимо применить к угольным технологиям с низким уровнем выбросов. С учетом масштабных целей по сокращению объема выбросов ПГ к 2050 году, CIAB поддерживает использование этого подхода для стимулирования скорейшего внедрения технологий УХУ. Как показывает опыт, эти подходы к внедрению дорогостоящих технологий с расходами выше рыночных являются высокоэффективными и быстро сделают использование этих технологий массовым. Конечной целью является создание стимулов для инвестиций во внедрение новых технологий. Одна из форм обязательных «зеленых» программ – типовое портфолио возобновляемых источников энергии (другими словами, обязательство по возобновляемой энергии) – было введено в некоторых странах и, при условии применения его к технологиям УХУ, может привести к развитию «критической массы».

Правительства играют значительную роль в разработке и санкционировании этой поддержки. Она позволяет использовать существующие рынки и регулятивные структуры для сокращения выбросов электроэнергетического сектора, характеризуясь при этом низким уровнем вмешательства. Со временем появится возможность адаптировать эти механизмы таким образом, чтобы они учитывали уровень отработки технологии, а изменение цен проходило без неоправданного вмешательства в существующие системы ценообразования и сбыта. Этот подход лучше всего подойдет развитым странам с развитым производством электроэнергии, инфраструктурами распределения и опытом применения подобного подхода к другим технологиям с низким уровнем выбросов.

Поддержка участия развивающихся стран в развитии и внедрении технологий УХУ

Тезисы:

- Надежность и экономическая эффективность новых, более рентабельных технологий производства электроэнергии не были в полном объеме переданы развивающимся странам.
- Такие организации, как Всемирный банк должны рассмотреть субсидирование проектов, преимущества которых для окружающей среды выходят за пределы одной страны, таких как проекты с использованием ЧТУ и технологий УХУ.
- Необходимо рассмотреть предоставление за незначительную плату прав на интеллектуальную собственность, касающихся технологий УХУ.
- Для поддержки внедрения технологий УХУ в развивающихся странах эти технологии должны получить права на реализуемые кредиты согласно механизму чистого развития Киотского протокола.

Высокая себестоимость является наиболее значительным препятствием для внедрения технологий УХУ в развивающихся странах, особенно в быстро развивающихся странах Азии. Если страна берет на себя политические обязательства по недопущению глобального потепления более чем на 2°C, которые уже взяли на себя лидеры многих стран, потребуется разработать механизмы, позволяющие активизировать и финансировать внедрение ряда чистых технологий в развивающихся странах. Это влечет за собой увеличение усилий по повышению эффективности сжигания угля и общей эффективности электростанций при помощи промывки угля и усовершенствования оборудования на существующих электростанциях, а также путем разработки новых высокоэффективных

технологий производства электроэнергии и, в конечном итоге, внедрения технологий УХУ. В 1998 году CIAB опубликовал результаты исследования, в котором рассматривались препятствия на пути к более масштабному использованию энергоэффективных технологий производства электроэнергии на угольных электростанциях, чтобы удовлетворить растущую мировую потребность в электричестве. При подготовке обзора проводился опрос независимых производителей электроэнергии в нескольких развивающихся странах, чтобы выяснить, почему они в основном используют докритическую технологию на основе угольной пыли. Перечисленные причины в основном включали надежность, низкую себестоимость технологии и финансовые ограничения (CIAB, 1998). Таким образом, хотя в развитых странах и были развиты и внедрены высокоэффективные технологии, несмотря на их надежность и рентабельность, они не получили широкого внедрения в развивающихся странах. К тому же, CIAB отмечает, что подходы, широко применяющиеся в развитых странах, такие как экспортные кредиты, кредитные субсидии, финансовая поддержка Всемирного банка или других международных организаций и прямая передача технологий развивающимся странам в целях их модернизации, не получили достаточной поддержки общественности, чтобы ускорить внедрение ЧТУ и УХУ в развивающихся странах. Одна из инициатив, предложенная бывшим чиновником одного из национальных казначейств, состоит в том, чтобы Всемирный банк и местные банки развития сформировали так называемые «банки развития и глобальной экологии»[17]. Их первостепенной задачей станет финансирование проектов, которые оказывают благоприятное воздействие на окружающую среду, выходящее за пределы одной страны. Они будут предоставлять финансирование для проектов с использованием технологий повышения энергоэффективности, возобновляемых источников энергии и технологий на основе ископаемого топлива с низким уровнем выбросов.

В то время как участие развивающихся стран в проектах с использованием технологий УХУ, которые поддерживаются Австралией, США и ЕС, свидетельствует о том, что знания об этих технологиях распространяются, упомянутая выше реакция независимых производителей электроэнергии указывает на то, что развивающимся странам необходима передача знаний и информации в бо̀льших объемах, а возможно, и демонстрация на объектах. Необходимо рассмотреть предоставление прав на интеллектуальную собственность на технологии УХУ за незначительную плату. Модель такой передачи можно найти в фармакологической промышленности, которая в сотрудничестве с международными организациями разработала методы передачи развивающимся странам патентов на медикаменты по заниженной цене. Распоряжение исполнительного комитета РКИК ООН от сентября 2007 года, которое предоставляет право новым подключенным к энергосети электростанциям с более низким уровнем выбросов ПГ продавать сертифицированные сокращения выбросов, является еще одним способом поддержать внедрение ЧТУ в развивающихся странах, который к тому же можно применить для поддержки технологий УХУ.

17 Practical Steps to Climate Control, Lawrence H. Summers, Charles W. Eliot University Professor at Harvard University, the Financial Times, May 29, 2007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Australian Business and Climate Group (ABCG) (2007), *Stepping Up – accelerating the deployment of low-emission technology in Australia*, ABCG, Australia.

BP (2007), *BP Statistical Review of World Energy June 2007*, BP plc, London, www.bp.com/statisticalreview.

Canadell, Josep G., Corinne Le Quéré, Michael R. Raupach, Christopher B. Field, Erik T. Buitenhuis, Philippe Ciais, Thomas J. Conway, Nathan P. Gillett, R. A. Houghton and Gregg Marland (2007), "Contributions to accelerating atmospheric CO_2 growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 104, No. 47, National Academy of Sciences, Washington DC, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0702737104.

Carbon Trust (2003), *Inducing Innovation for a Low-carbon Future: drivers, barriers and policies*, a report by Timothy J. Foxon, Imperial College Centre for Energy Policy and Technology, for the Carbon Trust, London.

Coal Industry Advisory Board (CIAB) (1998), *Regional Trends in Energy-efficient, Coal-fired, Power Generation Technologies*, IEA/OECD, Paris, www.iea.org/textbase/nppdf/free/1990/ciabtrends98.pdf.

Denbury Resources Inc. (2007), Corporate Presentation, September 2007, Plano, TX, http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=72374&p=irol-presentations.

Electric Power Research Institute (EPRI) (2006), *The Roles and Opportunities for Power Companies in the Hydrogen-electric Economy*, White Paper, EPRI, Palo Alto, CA.

Energy Information Administration (EIA) (2007), *International Energy Outlook 2007*, US Department of Energy, Washington DC, www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html.

European Association for Coal and Lignite (Euracoal) (2005), *Coal Industry Across Europe 2005*, Euracoal, Brussels.

G8 (2005), "Climate Change, Energy and Sustainable Development", *The Gleneagles Communiqué*, G8 Gleneagles 2005, www.g8.gov.uk.

Grubb, M. (2004), "Technology Innovation and Climate Change Policy: an overview of issues and options", *Keio Economic Studies*, Vol.41, No.2, pp.103-132, www.econ.cam.ac.uk/faculty/grubb/publications/J38.pdf.

International Energy Agency (IEA) (2004), *World Energy Outlook 2004*, OECD/IEA, Paris.

IEA (2006a), *Energy Technology Perspectives 2006 – scenarios and strategies to 2050*, OECD/IEA, Paris.

IEA (2006b), *Coal Information 2006 – with 2005 data*, OECD/IEA, Paris.

IEA (2007a), *Toward a Clean, Clever and Competitive Energy Future*, Report to the G8 Summit in Heiligendamm, Germany, OECD/IEA, Paris.

IEA (2007b), *Statement to the 13th Conference of the Parties to the UNFCCC*, by Mr Nobuo Tanaka, Executive Director, IEA, 14 December 2007, Bali, Indonesia.

IEA (2007c), *World Energy Outlook 2007 – China and India Insights*, OECD/IEA, Paris.

IEA (2007d), *CO_2 Emissions from Fuel Combustion, 1971-2005*, 2007 edition, OECD/IEA, Paris.

IEA (2007e), *Coal Information 2007 – with 2006 data*, OECD/IEA, Paris.

IEA (2007f), *Legal Aspects of Storing CO_2 – update and recommendations*, OECD/IEA, Paris.

IEA Greenhouse Gas R&D Programme (IEA GHG) (2006a), *Natural Releases of CO_2*, IEA GHG, Cheltenham, UK.

IEA GHG (2006b), *IEA GHG Weyburn CO_2 Monitoring and Storage Project*, IEA GHG, Cheltenham, UK.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2005), *Carbon Dioxide Capture and Storage*, IPCC Special Report, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC (2007), *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 – Mitigation of Climate Change*, IPCC Working Group III Report, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Massachusetts Institute of Technology (MIT) (2007), *The Future of Coal – options for a carbon-constrained world*, MIT, Cambridge, MA.

National Energy Technology Laboratory (NETL) (2001), *Developing Emission Baselines for Market-based Mechanisms: a case study approach*, US Department of Energy NETL, Pittsburg, PA.

NETL (2007), *Baseline Technical and Economic Assessment of a Commercial Scale Fischer-Tropsch Liquids Facility*, Final Report, DOE/NETL-2007/1260, US Department of Energy NETL, Pittsburg, PA.

Obersteiner, M., *et al.* (2002), *Biomass Energy, Carbon Removal and Permanent Sequestration – a real option for managing climate risk*, Interim Report, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (1999), *Managing National Innovation Systems*, OECD, Paris

OECD (2006), *Do We Have the Right R&D Priorities and Programmes to Support the Energy Technologies of the Future?*, SG/SD/RT(2006)1, 30 June 2006, OECD, Paris, www.oecd.org/dataoecd/48/28/39356629.pdf.

Reeves, S. and A. Oudinot, Advanced Resources International Inc. (2005), "The Allison Unit CO_2-ECBM Pilot – a reservoir and economic analysis", paper 0522, *2005 International Coalbed Methane Symposium*, Tuscaloosa , AL.

Runci, P. (2005), *Energy R&D Patterns in IEA Countries: an update*, Technical Paper PNWD-3581, Pacific Northwest National Laboratory / Joint Global Change Research Institute, College Park, MD, www.globalchange.umd.edu/publications/PNWD-3581.pdf

Stern, Sir Nicholas (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge, UK,
www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm

Vahrenholt, F. (2006), "Prospects for market growth make offshore generation a technology with potential", *Power Perspectives 2006*, RWE Power, Essen, Germany.

World Coal Institute (WCI) (2003), *The Role of Coal as an Energy Source*, WCI, London.

WCI (2006), *Coal: Meeting Global Challenges*, WCI, London.

Zero Emission Fossil Fuel Power Plants (ZEP) (2006), *Strategic Deployment Document*, The European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants, Brussels, www.zero-emissionplatform.eu.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Члены CIAB выражают благодарность партнерам и сотрудникам компаний, которые внесли свой вклад в создание настоящего доклада, подготовленного под руководством Дека Слоуна из компании «Arch Coal Inc».

Чистые технологии добычи и переработки угля: Усиление коммерческих и политических стимулов промышленного внедрения, © ОЭСР/МЭА, 2010

Поскольку МЭА выступает автором данной публикации на английском языке, МЭА не несет ответственности за точность или полноту издаваемого перевода

Clean Coal Technologies: Accelerating Commercial and Policy Drivers for Deployment, © OECD/IEA, 2010

While the IEA is the author of the original English version of this publication, the IEA takes no responsibility for the accuracy or completeness of this translation

International Energy Agency

Книжный интернет-магазин

Покупайте публикации МЭА в интернет-магазине:

www.iea.org/books

PDF-файлы публикаций МЭА можно приобрести с 20% скидкой

Книги, опубликованные до 1 января 2009 года, за исключением статистических публикаций, доступны в формате PDF бесплатно

International Energy Agency • 9 rue de la Fédération • 75739 Paris Cedex 15, France

МЭА

Тел: +33 (0)1 40 57 66 90

E-mail:
books@iea.org