



МЕЖДУНАРОДНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

2  
0  
0  
6

В поддержку Плана действий G8

КРАТКИЙ ОБЗОР  
И ПОСЛЕДСТВИЯ  
ПРОВОДИМОЙ  
ПОЛИТИКИ

Сценарии и  
стратегии  
до 2050 г.

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

2  
0  
0  
6

## Сценарии и стратегии до 2050 г.

В какой степени технологии могут внести свой вклад в формирование адекватных и надежных поставок энергии при низких выбросах CO<sub>2</sub>? Какие энергетические технологии являются наиболее многообещающими? Сколько времени потребуется для их внедрения?

На Саммите в 2005 г. в Gleneagles лидеры G8 поставили эти вопросы, и перешли к решительным и безотлагательным действиям. Они обратились к Международному энергетическому агентству с просьбой провести консультации по вопросам разработки сценариев и стратегий, нацеленных на создание чистой и безопасной энергетики будущего. Книга «Перспективные технологии в области энергетики» является ответом на поставленные G8 вопросы.

Эта инновационная работа демонстрирует, каким образом энергетические технологии могут сформировать основу для разработки серии глобальных сценариев развития на перспективу до 2050 г. Осуществлен детальный обзор состояния дел и перспектив для основных энергетических технологий, используемых при производстве электроэнергии, в строительстве, промышленности и на транспорте. Дана оценка способов, с помощью которых может быть увеличена энергетическая безопасность в мире и ограничен рост выбросов CO<sub>2</sub> на основе использования портфеля существующих ныне и появляющихся новых технологий. Главными стратегическими элементами успешного использования этого портфеля являются энергоэффективность, улавливание и хранение CO<sub>2</sub>, возобновляемые источники энергии и атомная энергетика.

Несмотря на то, что многие технологии являются наиболее многообещающими только в будущем, мы должны действовать сейчас, если хотим использовать потенциал существующих и появляющихся технологий и снизить влияние зависимости от органического топлива в обеспечении энергобезопасности и охраны окружающей среды. Книга «Перспективные технологии в области энергетики» содержит в себе углубленное понимание роли технологий и политики для оказания помощи политикам в принятии устойчивых решений.

© OECD/IEA, 2006

No reproduction, copy, transmission or translation of this publication may be made without written permission.

Applications should be sent to:  
International Energy Agency (IEA),  
Head of Publications Service,  
9 rue de la Fédération,  
75739 Paris Cedex 15, France.

# ■ КРАТКИЙ ОБЗОР И ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОВОДИМОЙ ПОЛИТИКИ

Эта публикация является ответом на заявления лидеров Группы восьми (G8) на Саммите в Gleneagles в июле 2005 г. и министров энергетики стран – членов Международного энергетического агентства, встретившихся двумя месяцами ранее. Обе группы призывали МЭА активнее развивать деятельность по формированию альтернативных сценариев и стратегий, нацеленных на создание чистой, эффективной и конкурентоспособной энергетики будущего.

Формирование безопасных, надежных и реально осуществимых поставок энергоресурсов представляет собой фундаментальный фактор для обеспечения экономической стабильности и развития. Угроза перерывов в поставках, разрушение основ энергетической безопасности и возрастающие потребности в энергоресурсах развивающегося мира – все эти факторы являются основными вызовами для политиков, ответственных за принятие решений в области энергетики. Ответы на эти вызовы могут быть найдены только с помощью инноваций, применения новых эффективных технологий и более рационального использования уже существующих энергоэффективных технологий. В книге *«Перспективные технологии в области энергетики»* представлен сегодняшний статус и перспективы использования основных технологий, а также дана оценка потенциальных изменений, которых эти технологии позволят добиться к 2050 г. В книге уделено особое внимание существующим барьерам в их применении и мерам, которые следует предпринять для их устранения.

## *Прогноз до 2050 г. и роль энергетических технологий*

.....

**Мир не находится на пути к устойчивому энергетическому будущему.** Исторически самые высокие уровни цен на нефть увеличивают озабоченность относительно долгосрочных балансов поставок и спроса. В течение последнего десятилетия выбросы CO<sub>2</sub> увеличились более чем на 20%. В действительности, если развитие в будущем будет соответствовать существующим ныне тенденциям, как это показано в базовом сценарии *Прогноза мировой энергетики 2005*, то в течение ближайших 25 лет продолжится быстрое увеличение выбросов CO<sub>2</sub> и спроса на нефть. При этом следует принять во внимание прирост энергоэффективности и технический прогресс, который можно ожидать в результате осуществляемой политики в этой области. Расширение данного прогноза за пределы 2030 г. показывает, что эти вызывающие беспокойство тенденции, по всей вероятности, могут усилиться. В базовом сценарии, разработанном в рамках данного исследования, к 2050 г. выбросы CO<sub>2</sub> будут почти в 2,5 раза больше по сравнению с нынешним уровнем. Возросший спрос на транспорте, по-прежнему, будет оказывать давление на поставки нефти. «Углеродоемкость» мировой экономики будет увеличиваться в результате возрастающего участия угля в производстве электроэнергии, в особенности, в быстро растущих экономиках развивающихся стран, имеющих собственные запасы угля, и роста использования угля в производстве жидких транспортных топлив.

**Тем не менее, этот тревожный прогноз может быть изменен.** Сценарии «Ускоренного развития технологий» (*Accelerated Technology scenarios, АСТ*), лежащие в основе данной книги, демонстрируют, что за счет применения уже существующих технологий, или тех, которые находятся в стадии разработки, мир может перейти к намного более устойчивой модели развития энергетики. Данные сценарии показывают, каким образом выбросы CO<sub>2</sub>, связанные с функционированием энергетики, могут быть сохранены к 2050 г. на сегодняшнем уровне, и каким образом может быть смягчен рост спроса на нефть. Они также показывают, что к 2050 г. меры по увеличению энергоэффективности могут привести к снижению спроса на электроэнергию на одну треть по сравнению с уровнем Базового сценария. Экономия жидкого топлива может достигнуть более половины от сегодняшнего уровня мирового потребления нефти, возместив около 56% от роста спроса на нефть, предусмотренного в Базовом сценарии.

**Существенные изменения, отмеченные в сценариях «Ускоренного развития технологий» (АСТ), выразятся в следующем:**

- Значительном увеличении энергоэффективности на транспорте, в промышленности и строительстве.
- Значительном снижении производства электроэнергии на основе органического топлива в связи с тем, что генерация электроэнергии все в большей степени будет осуществляться на базе атомной энергии, возобновляемых источников энергии, природного газа и угля с учетом улавливания и хранения CO<sub>2</sub> (*Carbon Capture and Storage, CCS*).
- Возрастающем использовании биотоплива на автомобильном транспорте.

**Тем не менее, даже в сценариях АСТ, ископаемое топливо, по-прежнему, будет обеспечивать большую часть мировых потребностей в энергоресурсах в 2050 г.** При этом спрос на нефть, уголь (за исключением одного из сценариев) и природный газ в 2050 г. даже возрастет по сравнению с сегодняшним уровнем. Следовательно, инвестиции в развитие кондиционных источников энергии будут иметь определяющее значение.

**Во всех пяти сценариях АСТ спрос на предоставление энергетических услуг будет быстро увеличиваться, в особенности, в развивающихся странах.** Данные сценарии не предполагают, что рост спроса на энергетические услуги как в развивающихся, так и в развитых странах будет ограничен. В них в большей степени демонстрируется, каким образом этот спрос может быть удовлетворен наиболее эффективным способом при соблюдении низких выбросов CO<sub>2</sub>. В частности, за счет возрастания роли научно-исследовательских и конструкторских работ (НИОКР) и Демонстрации (*Research, Development and Demonstration, RD&D*) и разработки программ по внедрению результатов НИОКР, а также расширения экономических инициатив по продвижению технологий с низкими выбросами углерода. Предусматриваемая политическая основа является одной и той же во всех пяти сценариях АСТ. Изменяются лишь оценки того, какими именно темпами может увеличиваться энергоэффективность, как быстро могут быть снижены затраты на внедрение основных технологий, таких как улавливание и хранение CO<sub>2</sub> (*CCS*), использование возобновляемых источников энергии и атомная энергетика, а также того, как скоро эти технологии могут стать широко доступными. Шестой сценарий «Технологии Плюс» (*TECH Plus*) иллюстрирует результаты более оптимистических оценок возможного прогресса в использовании технологий на основе возобновляемых источников и атомной энергетики для производства электроэнергии, а также биотоплива и водородного топлива на транспорте.

**В сценариях АСТ затраты на достижение более устойчивой энергетики в будущем не являются непропорционально большими, но они требуют существенных усилий и инвестиций как со стороны государственного, так и частного сектора.** Ожидается, что применение ни одной из требуемых технологий – после ее полного промышленного внедрения – не приведет к увеличению затрат более, чем на 25 долларов за тонну не осуществленных выбросов CO<sub>2</sub> во всех странах, включая развивающиеся страны. Например, эти затраты меньше среднего уровня цены за квоту на выбросы CO<sub>2</sub> в рамках европейской системы торговли квотами, реализуемой в течение первых четырех месяцев 2006 г. Цена в 25 долларов за тонну CO<sub>2</sub> говорит о том, что затраты на производство электроэнергии на базе сжигания угля увеличатся на 0,02 доллара на один кВт.ч, а затраты на производство бензина – на 0,07 долларов за литр (0,28 долларов за галлон). Средние *затраты* на сокращение выбросов CO<sub>2</sub> на одну тонну по всему существующему портфелю технологий – после полного промышленного внедрения этих технологий – составят менее 25 долларов. Тем не менее, в течение следующих двух десятилетий можно ожидать значительных дополнительных промежуточных затрат, связанных с НИОКР и Демонстрацией (*RD&D*) и разработкой программ по коммерциализации многих технологий. Цены на импорт нефти сократятся, так как снижение спроса приведет к уменьшению давления на более дорогие решения по поставкам. Тем не менее, это снижение затрат будет мало ощутимо на уровне потребителей, так как оно будет в значительной степени сбалансировано за счет роста затрат на продвижение технологий, связанных с меньшими выбросами углерода.

Существует высокая неопределенность в отношении перспектив развития на 50 лет вперед. Сценарии АСТ иллюстрируют ряд возможных результатов, базируемых на более или менее оптимистичных оценках возможности снижения затрат на производство электроэнергии за счет использования технологий на основе возобновляемых источников, атомной энергии и улавливания и хранения CO<sub>2</sub> (*CCS*). Тем не менее, несмотря на всю неопределенность, осуществленный анализ позволяет сделать **два главных вывода**. Первый вывод заключается в том, что уже существуют технологии, которые через 10 – 50 лет могут в корне поменять ситуацию. Второй вывод говорит о том, что ни одна из этих технологий сама по себе не позволит добиться существенных результатов. Только формирование портфеля технологий может в значительной степени снизить риски и потенциальные затраты в тех случаях, если одна или более технологий не позволят достичь ожидаемого прогресса.

Следующие ниже выводы относятся к ключевым технологиям, рассматриваемым в рамках сценариев АСТ, что помогает сформировать портфель технологий для устойчивого развития в будущем.

### **Энергоэффективность в зданиях, в промышленности и на транспорте**

Необходим ускоренный прогресс в увеличении энергоэффективности. Намечавшаяся в последнее время в странах ОЭСР тенденция к снижению прогресса в этой области должна быть изменена на противоположную. Это вполне реально и возможно, так как существует значительный потенциал для использования более эффективных технологий в зданиях, в промышленности и на транспорте. В странах – не членах ОЭСР потенциал для увеличения энергоэффективности еще больше. Это объясняется тем, что быстро развивающиеся экономики предлагают огромные возможности для инвестирования в создание энергоэффективных технологий.

Во многих странах новое строительство могло бы быть на 70% более эффективным по сравнению с существующим. Ряд новых технологий, которые могут способствовать достижению этих целей, к настоящему времени еще не достигли стадии коммерциализации. Тем не менее, они могут быть доведены до такой стадии. Например, стали доступны новые окна с изоляцией, в три раза превышающей уровень изоляции своих предшественников. Производительность современного котельного оборудования, работающего на газе и нефти, достигает 95%. Эффективные кондиционеры потребляют на 30-40% меньше энергии, чем модели, существовавшие 10 лет назад. Централизованное теплоснабжение, использование тепловых насосов и солнечной энергии – все это способствует энергосбережению. Усовершенствованные системы освещения могут обеспечить экономию энергии от 30 до 60% при низких затратах. Серьезные изменения должны быть осуществлены в холодильных устройствах, водяных обогревателях, стиральных и посудомоечных машинах. Резервные мощности в электроэнергетике, предусмотренные на случай аварий, поглощают около 10% электроэнергии, потребляемой в коммунально-бытовом секторе стран МЭА, но существуют технологии, способные значительно снизить уровень потребления. Новые технологии, такие как “чувствительное” измерение, комбинированное производство электрической и тепловой энергии, водородная энергетика и солнечные фотоэлектрические элементы открывают новое направление в предоставлении энергетических услуг.

В промышленности существует огромный потенциал для сокращения спроса на энергоресурсы и выбросов CO<sub>2</sub> благодаря росту эффективности моторов, насосов, бойлеров и систем отопления; увеличению утилизации энергии в промышленных процессах; расширению утилизации отходов; применению новых и более прогрессивных процессов и материалов; росту эффективности использования материалов. Самым крупным источником выбросов CO<sub>2</sub> в промышленности является черная металлургия, в частности, сталелитейное производство (26%), производство других промышленных минералов, таких как цемент, стекло и керамика (25%), а также химия и нефтехимия (18%). Среди новых самых современных технологий со значительным потенциалом энергосбережения и минимальными выбросами CO<sub>2</sub> следует отметить мембранные технологии, способные заменить перегонку в ряде нефтехимических процессов; “прямое литье” в черной металлургии, сталелитейной промышленности; использование биологического сырья в нефтехимии для замещения нефти и природного газа.

Увеличение энергоэффективности на транспорте особенно важно, так как в этом секторе потребляется подавляющая часть нефтепродуктов, и он характеризуется самым быстрым ростом выбросов. Эффективность традиционных автомобилей, работающих на бензине и дизельном топливе, может быть существенно увеличена. Наиболее многообещающие технологии предполагают сочетание современных автомобилей с продвинутыми дизельными моторами. Использование турбокомпрессоров, впрыск топлива и продвинутых электронных методов контроля над работой мотора будет способствовать сокращению потребления топлива. Применение новых материалов и более компактных двигателей позволяет производить более легкие и эффективные машины с точки зрения потребления топлива. Значительный прирост эффективности возможен также в используемых в автомобилях электроприборах, в особенности, в кондиционерах. Ряд практических мер, таких, например, как правильное надувание колес, могут обеспечить на удивление большой эффект.

Прирост энергоэффективности является первым приоритетом для более устойчивой энергетики будущего. В сценариях АСТ увеличение энергоэффективности в зданиях, в промышленности и на транспорте приводит к снижению потребления энергии

на 17-33% к 2050 г. по сравнению с Базовым сценарием. На энергоэффективность к 2050 г. в зависимости от сценария приходится 45-53% от снижения суммарных выбросов CO<sub>2</sub> относительно Базового сценария. В сценарии, где общий прирост эффективности по отношению к Базовому сценарию достигает только 20% к 2050 г., общий прирост выбросов CO<sub>2</sub> составляет более 20% в сравнении с другими сценариями АСТ.

## **Чистые угольные технологии и технологии поглощения и хранения CO<sub>2</sub>**

Использование технологий улавливания и хранения CO<sub>2</sub> (CCS) может привести к значительному сокращению выбросов CO<sub>2</sub> при производстве электроэнергии, в промышленности и производстве синтетического транспортного топлива. Более того, применение технологий улавливания и хранения CO<sub>2</sub> (CCS) может обеспечить сокращение выбросов CO<sub>2</sub> при использовании угля и природного газа в этих секторах практически до нуля. Стоимость технологий улавливания и хранения CO<sub>2</sub> (CCS) высока, но к 2030 г. она должна сократиться ниже 25 долларов за тонну CO<sub>2</sub>. В случае использования CO<sub>2</sub> в технологиях по повышению нефтеотдачи (*Enhanced Oil Recovery, EOR*) стоимость будет ниже и даже в некоторых случаях иметь отрицательное значение. Тем не менее, потенциал использования CO<sub>2</sub> в технологиях по повышению нефтеотдачи (*EOR*) на долгосрочную перспективу незначителен по сравнению с общими объемами выбросов в электроэнергетике.

Все отдельные элементы, необходимые для использования технологий CCS, уже прошли этап демонстрации, но существует настоятельная необходимость в создании интегрированного всеобъемлющего демонстрационного плана. В частности, если речь идет об угле, то важно, чтобы установки, работающие на нем, были высоко эффективны в целях ограничения роста затрат при использовании CCS. Более эффективные технологии для сжигания угля уже доступны, или находятся на продвинутой стадии развития. Имеются в виду установки, работающие на пылевидном угольном топливе, а также применение комбинированного цикла газификации угля (*Integrated-coal gasification combined-cycle, IGCC*).

В сценариях АСТ технологии улавливания и хранения CO<sub>2</sub> (CCS) позволяют сократить суммарные выбросы CO<sub>2</sub> на 20-28% к 2050 г. по сравнению с Базовым сценарием. Использование чистых угольных технологий с CCS в странах с быстро развивающейся экономикой со значительными запасами угля, таких как Китай и Индия, предоставляет исключительную возможность сократить выбросы. Технологии CCS необходимы, принимая во внимание ту роль, которую уголь может сыграть в выработке электроэнергии при низких затратах – с учетом ограничений в мире на выбросы CO<sub>2</sub>. Это проиллюстрировано в сценарии, в котором CCS не включены в качестве возможного решения. В этом сценарии мировой спрос на уголь почти на 30% ниже, чем в сценариях, включающих CCS, и выбросы CO<sub>2</sub> при этом на 10-14% выше.

## **Производство электроэнергии на базе природного газа**

Доля природного газа в производстве электроэнергии остается относительно высокой во всех сценариях АСТ, достигая в 2050 г. 23-28% от суммарного производства. Это говорит о том, что, по сравнению с уровнем 2003 г., производство электроэнергии на базе сжигания газа более чем удвоится. Существуют достаточные запасы газа для удовлетворения существующего спроса, но на их доступность и формируемые на них цены будут влиять многие факторы. Выбросы при сжигании природного газа для производства 1 кВт.ч электроэнергии

составляют около половины от выбросов CO<sub>2</sub> при сжигании угля. Увеличение эффективности работы электростанций, производящих электроэнергию на базе сжигания природного газа, представляет собой один из успешных примеров использования современных технологий в электроэнергетике. Наиболее современные электростанции, работающие на газе на основе комбинированного цикла, достигают КПД в 60%. Расширенное применение этих технологий может способствовать значительному снижению выбросов. Для достижения еще более высокого значения КПД потребуются новые материалы, способные выдерживать очень высокие температуры.

### **Производство электроэнергии на базе атомных станций**

Атомная энергетика основана на технологиях, свободных от выбросов, она совершенствовалась в процессе целого ряда “поколений”. “3-е поколение” было разработано в 90-х годах с учетом целого ряда прорывов в вопросах безопасности и экономики, в том числе характеристик “пассивной безопасности”. Одиннадцать стран, включая страны ОЭСР, обладающих мощной атомной энергетикой, объединили усилия в целях развития “4-го поколения” атомных станций. Три ключевых проблемы формируют основные препятствия для эксплуатации атомных станций в будущем: очень высокие капитальные затраты на их строительство; противостояние общественности в связи с осознаваемой угрозой радиоактивных отходов и чрезвычайных ситуаций; возможность распространения атомного оружия. Развитие четвертого поколения реакторов нацелено на то, чтобы решить эти проблемы.

При условии, если эти проблемы будут решены, возрастающее использование атомных станций сможет обеспечить существенное сокращение выбросов CO<sub>2</sub>. В сценариях АСТ в 2050 г. на атомную энергетику приходится 16-19% от суммарного производства электроэнергии. Увеличение доли атомных станций в 2050 г. по отношению к Базовому сценарию позволит снизить выбросы на 6-10%. В сценарии с более пессимистическими прогнозами развития атомной энергетике ее доля в производстве электроэнергии сокращается до 6,7%, то есть, до того же уровня, что и в Базовом сценарии. В более оптимистичном сценарии «Технологии Плюс» (*TECH Plus*) на атомную энергетику приходится 22,2% от суммарного производства электроэнергии в 2050 г.

### **Производство электроэнергии на базе возобновляемых источников энергии**

К 2050 г. увеличение роли возобновляемых источников энергии, таких как гидроэнергия, энергия ветра, солнечная энергия и биомасса в производстве электроэнергии позволит сократить выбросы CO<sub>2</sub> на 9-16% в сценариях АСТ. К 2050 г. доля возобновляемых источников в производстве электроэнергии увеличится с 18% на сегодняшний день до 34%. В сценарии с менее оптимистическими оценками сокращения затрат на внедрение возобновляемых источников их доля к 2050 г. достигнет 23%. В сценарии *TECH Plus* (более благоприятном для возобновляемых источников и атомной энергетике) в 2050 г. доля возобновляемых источников превысит 35%.

**Гидроэнергия** уже в настоящее время широко используется, и во многих регионах она является самым дешевым источником энергии. Существует значительный потенциал для расширения ее применения, в особенности, на малых гидроэлектростанциях. Гидроэнергия остается самым мощным источником возобновляемой энергии во всех сценариях АСТ.

Затраты на использование **энергии ветра** на континентальной части и на шельфе в последние годы резко сократились в результате расширенного производства оборудования, использования более широких лопастей и организации более сложного контроля. Затраты при этом зависят от места размещения ветрогенераторов (ветряков). Наиболее эффективные ветряки, работающие в континентальной части, могут произвести электроэнергию по цене 0,04 доллара за кВт, что уже делает их конкурентоспособными по сравнению с другими источниками энергии. Оборудование для ветряков на шельфе более дорогостоящее. Ожидается, что их промышленное внедрение произойдет после 2030 г. В ситуациях, когда энергия ветра будет занимать большую долю в генерировании электроэнергии, должна быть создана сложная система, в частности, резервная система или система аккумулирования, приспособленная к условиям прерывистой работы. В сценариях *ACT* производство электроэнергии на базе использования ветротурбин быстро увеличивается. В большинстве сценариев ветер является вторым по значению после гидроэнергии источником возобновляемой энергии.

Использование биомассы для производства электроэнергии является хорошо известной технологией. Она коммерчески привлекательна там, где качественное топливо доступно при разумных затратах. Работа электростанций на базе сжигания угля с небольшим добавлением биомассы не требует значительных модификаций, может быть высоко экономичной и способствовать снижению выбросов CO<sub>2</sub>.

Начиная с 70-х годов, затраты на использование высокотемпературных геотермальных источников для производства электроэнергии существенно снизились. Потенциал геотермальных источников огромен, но эти специфические источники расположены в строго определенных местах, и производство электроэнергии на их базе может быть организовано только там. Прямое использование низкотемпературных геотермальных источников для централизованного теплоснабжения и в тепловых насосах получило большее распространение. НИОКР и Демонстрация смогут сократить затраты и увеличить роль геотермальной энергии.

Технологии, основанные на использовании солнечных фотоэлементов (*Solar Photovoltaic, PV*), играют быстро растущую роль. По мере расширения производства этих фотоэлементов и продолжающихся научно-исследовательских работ произошло снижение затрат. Концентрация солнечной энергии (*Concentrated Solar Power, CSP*) также имеет многообещающие перспективы. К 2050 г., тем не менее, доля солнечной энергии (*PV* и *CSP*) в суммарном производстве электроэнергии останется ниже 2% во всех сценариях *ACT*.

## **Биотопливо и водородное топливо на автомобильном транспорте**

Использование альтернативных видов топлива, свободных от выбросов углерода, на транспорте доказало свои более значительные возможности по сравнению с производством электроэнергии. Этанол, полученный из растений, является привлекательным видом топлива с хорошими характеристиками сжигания. Чаще всего он смешивается с бензином (10% этанола и 90% бензина), но в Бразилии успешно используют другие смеси при минимальных модификациях автомобилей. В Бразилии в больших количествах производится этанол из сахара, и при существующих ценах на нефть он вполне конкурентоспособен с бензином. На сегодняшний день производство этанола преимущественно основано на использовании крахмала или стеблей сахарного тростника, но оно ограничено наличием достаточного количества сырья. Новые технологии делают возможным

использование запасов лигноцеллюлозы. В настоящее время это одно из самых новых направлений, по которым осуществляются изыскания в области создания новых энергетических технологий.

Использование водорода из источников с низкими или нулевыми выбросами углерода в автомобилях на водородном топливе может, практически, в долгосрочной перспективе «декарбонизировать» транспорт. Тем не менее, переход к водороду потребует огромных инвестиций в создание соответствующей инфраструктуры. Кроме того, хотя в последнее время был достигнут впечатляющий прогресс в создании технологий в области водородной энергетики, они до сих пор остаются весьма дорогостоящими.

На возрастающее использование биотоплива на транспорте приходится около 6% от сокращения выбросов CO<sub>2</sub> во всех сценариях АСТ, при этом вклад водородной энергетики пока очень незначителен. Тем не менее, в сценарии *TECH Plus* к 2050 г. потребление водорода возрастет более чем на 300 млн. т нэ в год, и на него будет приходиться около 800 млн. т экономии CO<sub>2</sub>. При этом рост эффективности потребления топлива в случае водородного топлива создает дополнительную экономию еще 700 млн. т CO<sub>2</sub>. В сценарии *TECH Plus* водород и биотопливо обеспечивают 35% от суммарного спроса на энергоресурсы на транспорте в 2050 г., увеличившись с 13% в сценариях АСТ и 3% в Базовом сценарии. Это позволит вернуть уровень первичного спроса на нефть в 2050 г. к сегодняшнему уровню.

## После 2050г.

.....

Как это показано в сценариях АСТ, поддержание выбросов CO<sub>2</sub> в 2050 г. на существующем ныне уровне может позволить стабилизировать концентрацию CO<sub>2</sub> в атмосфере. Но для того, чтобы это произошло в реальности, тенденции в сокращении выбросов CO<sub>2</sub>, достигнутом к 2050 г., должны быть сохранены во второй половине 21 века. В общих словах можно сказать, что сценарии АСТ показывают, каким образом производство электроэнергии может быть в значительной степени «декарбонизировано» к 2050 г. Осуществление этого процесса «декарбонизации» в транспорте является более сложной задачей, которая должна быть реализована в последующие десятилетия.

Более амбициозные оценки технологий представлены в сценарии *TECH Plus*, в результате их применения к 2050 г. выбросы CO<sub>2</sub> будут сокращены на 16% ниже существующего уровня. Эти цели могут быть достигнуты, но они требуют еще более быстрого технического прогресса по сравнению с предусмотренным в данном сценарии. Сценарий *TECH Plus* дает также представление о том, какие именно тенденции, относительно которых, возможно, существует большая уверенность, должны развиваться во второй половине текущего века.

## Реализация сценариев «Ускоренного развития технологий» (АСТ): результаты проводимой политики

.....

Достижение результатов, предусмотренных в сценариях АСТ, требует огромных и скоординированных усилий на международном уровне. При этом поддержка со стороны государства и частного сектора имеет принципиальное значение. Требуется беспрецедентный уровень сотрудничества между развивающимися и развитыми странами, а также между промышленным сектором и правительствами. Данная

задача должна быть выполнена в кратчайшие сроки. Необходимо приступить к решению этой задачи до того, как будет введено в действие новое поколение неэффективной инфраструктуры с высокими выбросами углерода. Потребуется усилия в течение десятилетий и значительные инвестиции. Тем не менее, выгода будет весьма существенна, и не только для окружающей среды. Уменьшение потребления энергоресурсов совместно со снижением загрязнения атмосферы и сокращением выбросов CO<sub>2</sub> будет способствовать снижению озабоченности относительно того, что проблемы с поставками энергоресурсов и экологическая деградация могут повлиять на экономический рост.

Реализация сценариев АСТ потребует изменения способов производства электроэнергии; методов строительства и эксплуатации жилья, офисов и фабрик; технологий, используемых на транспорте. В конце концов, частный сектор должен обеспечить требуемые изменения. Но сам рынок не всегда позволяет достичь желаемых результатов. Правительство должно играть основную роль в оказании поддержки НИОКР и новым технологиям в преодолении ряда сложных барьеров. Правительства, бизнес и потребители должны интенсивно сотрудничать.

### **Энергоэффективность является основным приоритетом**

Увеличение энергоэффективности часто является наименее дорогостоящим, быстрым и наиболее экологически ориентированным способом удовлетворения мировых потребностей в энергоресурсах. Увеличение энергоэффективности также сокращает потребность в инвестициях в поставку энергоресурсов. Многие меры в области энергоэффективности уже являются экономически оправданными, и они достигают уровня самоокупаемости в течение срока их применения благодаря снижению энергозатрат. Тем не менее, до сих пор на этом пути существуют серьезные барьеры, которые необходимо преодолеть. Потребители энергии часто бывают плохо информированы. Многие выражают озабоченность относительно уровня энергоэффективности, когда покупают электроприборы, дома или машины. Даже в управлении бизнесом при принятии решений проявляется низкая приоритетность энергоэффективности. Кроме того, в области энергоэффективности существуют возможности, о которых потребители ничего не знают. Это связано с тем, что производители холодильников, телевизоров и автомобилей не всегда используют в полной мере преимущества новых технологий, которые могут сделать их продукт более энергоэффективным. Доступен широкий набор политических инструментов, включая компании по информированию общественности, необязательные стандарты, энергетическая маркировка товаров, а также установление целей по энергосбережению, лидерство государственного сектора в энергоснабжении, обязательное регулирование, стандарты, фискальные и другие финансовые инициативы.

Правительство должно помочь промышленному бизнесу и потребителям адаптироваться к использованию продвинутой технологий, с помощью которых можно предоставлять те же или более качественные услуги при более низких затратах.

### **Правильно ориентированные научно-исследовательские программы имеют определяющее значение**

Существует острая необходимость в стабилизации сокращающегося бюджета в области проведения НИОКР (R&D) и в его последующем увеличении. Масштаб НИОКР в частном секторе имеет определяющее значение. Ряд дальновидных компаний расширили свои обязательства, но эта тенденция требует продвижения.

Для технологий, уже достигнувших стадии коммерциализации, частный сектор в наибольшей степени подходит для того, чтобы они были адаптированы к потребностям рынка.

Тем не менее, финансирование НИОКР из государственных фондов останется основным способом, в особенности в отношении многообещающих технологий, еще не доведенных до стадии коммерциализации. Государственные бюджеты для НИОКР в странах МЭА намного ниже того уровня, который существовал после нефтяного шока 70-х годов, и в течение прошедшего десятилетия оставались без изменений, или даже сократились. Для того чтобы разработанные сценарии АСТ были реализованы на практике, бюджеты для НИОКР и программ развертывания должны быть пересмотрены. Научными направлениями с самым значительным потенциалом являются использование биотоплива, водородная энергетика, аккумулирование энергии и продвинутое технологии на базе возобновляемых источников энергии. Существует еще ряд интересных направлений в фундаментальной науке – в особенности, биотехнологии, нанотехнологии и материалы – которые могли бы решающим образом повлиять на энергетическое развитие в долгосрочной перспективе.

### **Переход от НИОКР к промышленному внедрению технологий на практике имеет определяющее значение**

Фаза развертывания технологий может потребовать значительно больше ресурсов, чем фаза НИОКР. Ряд новых технологий, которые уже поступили на рынок, нуждаются в государственной поддержке для организации их масштабного использования. Многие технологии, связанные с применением возобновляемых источников, находятся в этом положении. “Долина смерти”, в которую новые технологии попадают на пути к полному промышленному внедрению, должна быть пройдена. Опыт показывает, что новые технологии получают преимущество от снижения затрат через “обучение технологиям”, способствующее расширению масштаба их применения. Государственные программы по развертыванию технологий могут также способствовать увеличению активности НИОКР за счет участия в них частного сектора путем формирования ожиданий на рынке новых технологий.

Существует особая необходимость в коммерциализации продвинутых технологий по производству электроэнергии на базе сжигания угля с учетом улавливания и хранения  $\text{CO}_2$  (CCS). Если это будет достигнуто, уголь по-прежнему будет играть основную роль в энергобалансе электростанций до 2050 г., что значительно сократит затраты при переходе к более устойчивой энергетике будущего. Для ускорения введения CCS, к 2015 г., по меньшей мере, 10 полностью интегрированных электростанций на базе сжигания угля с использованием CCS должны быть подготовлены для демонстрации своих возможностей. Стоимость этих электростанций будет колебаться между 500 млн. и 1 млрд. долларов каждой. Данные проекты могут быть реализованы лишь в том случае, если правительства ужесточат свои обязательства в области развития CCS и будут тесно работать с частным сектором. Вовлечение в этот процесс развивающихся стран со значительными запасами угля, таких как Китай, имеет исключительно большое значение. Аналогичные инициативы необходимы для коммерциализации 5-го поколения атомных технологий.

## **Правительства должны создать стабильную политическую основу, которая позволит продвигать решения по снижению выбросов углерода**

Новые энергетические технологии могут быть более дорогостоящими даже после полной коммерциализации по сравнению с теми, которые они предназначены заместить. Например, технологии *CCS* не окажут значительного позитивного влияния до тех пор, пока устойчивые экономические инициативы по сокращению выбросов  $\text{CO}_2$  не будут приведены в действие. Сценарии *ACT* включают ширококомасштабное использование к 2050 г. технологий с затратами свыше 25 долларов за тонну  $\text{CO}_2$ . Это может быть достигнуто многими способами, такими как национальные или международные системы обмена разрешениями на выбросы с ограниченным объемом общих выбросов (*cap-and-trade*), а также с помощью национальных налоговых и регулирующих инициатив. Инициативы требуются как в развитых, так и в развивающихся странах. Инициативы в энергоемких отраслях промышленности должны быть скоординированы на международном уровне. Это требуется для того, чтобы избежать рисков размещения заводов в регионах со слабо регулируемым режимом, что могло бы способствовать росту выбросов  $\text{CO}_2$  в мире.

## **Барьеры неэкономического характера также должны быть приняты во внимание**

Существует ряд других барьеров, не являющихся ни экономическими, ни техническими, которые могут отложить или не допустить разработку и развертывание на рынке новых энергетических технологий. Такие барьеры могут принимать различные формы, включая правила планирования и лицензирования, недостаток информации и образования, регулирование здравоохранения и безопасности и недостаток координации в различных секторах. Реализация на практике существующего потенциала перспективных технологий требует внимания и преодоления этих барьеров.

## **Необходимо сотрудничество между развивающимися и развитыми странами**

К 2050 г. большая часть энергоресурсов в мире будет потребляться в развивающихся странах, многие из которых демонстрируют высокий экономический рост во всех секторах, где потребляется энергия. Следовательно, развивающиеся страны также должны изучать вопросы, связанные с энергобезопасностью и сокращением выбросов  $\text{CO}_2$ . Требуется значительная реорганизация экономики мировой энергетики для того, чтобы она смогла удовлетворить законные желания граждан развивающихся стран по предоставлению энергетических услуг, обеспечению безопасности поставок и устойчивому развитию. Индустриально развитые страны играют важную роль в оказании помощи развивающимся странам в упорядочении процесса развития технологий и в использовании эффективного оборудования и практики. Это делается с помощью передачи технологий, опыта и путем совместных усилий в области НИОКР и Демонстрации. Быстро развивающиеся страны имеют возможность ускорить проникновение этих технологий на собственный рынок и снизить затраты на их внедрение, в частности, это относится к энергоэффективному оборудованию.

## Глоссарий

<b>ACT:</b>	Accelerated Technology scenario <b>Сценарии ускоренного развития технологий</b>
<b>CCS:</b>	Carbon Capture and Storage <b>Улавливание и хранение CO<sub>2</sub></b>
<b>CSP:</b>	Concentrating Solar Power <b>Концентрация солнечной энергии</b>
<b>EOR:</b>	Enhanced Oil Recovery <b>Повышение нефтеотдачи</b>
<b>IGCC:</b>	Integrated Coal-Gasification Combined-Cycle <b>Комбинированный цикл газификации угля</b>
<b>PV:</b>	Photovoltaic Cell <b>Солнечные фотоэлементы</b>
<b>R&amp;D:</b>	Research & Development <b>НИОКР</b>
<b>RD&amp;D:</b>	Research & Development and Demonstration <b>НИОКР и Демонстрация</b>
<b>TECH Plus:</b>	<b>Технология Плюс</b>

*This document was originally published in English.  
While the IEA has made every effort to ensure that this Russian translation  
is true to the original English text, there may be some slight differences.*

# The Online Bookshop

International Energy Agency



All IEA publications can be bought  
online on the IEA website:

**[www.iea.org/books](http://www.iea.org/books)**

You can also obtain PDFs of  
all IEA books at 20% discount.

Books published before January 2005  
- with the exception of the statistics publications -  
can be downloaded in PDF, free of charge,  
from the IEA website.

## **IEA BOOKS**

**Tel: +33 (0)1 40 57 66 90**  
**Fax: +33 (0)1 40 57 67 75**  
**E-mail: [books@iea.org](mailto:books@iea.org)**

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

### **CUSTOMERS IN NORTH AMERICA**

Turpin Distribution  
The Bleachery  
143 West Street, New Milford  
Connecticut 06776, USA  
Toll free: +1 (800) 456 6323  
Fax: +1 (860) 350 0039  
[oecdna@turpin-distribution.com](mailto:oecdna@turpin-distribution.com)  
[www.turpin-distribution.com](http://www.turpin-distribution.com)

***You can also send  
your order***

***to your nearest***

***OECD sales point***

***or through***

***the OECD online***

***services:***

**[www.oecdbookshop.org](http://www.oecdbookshop.org)**

### **CUSTOMERS IN THE REST OF THE WORLD**

Turpin Distribution Services Ltd  
Stratton Business Park,  
Pegasus Drive, Biggleswade,  
Bedfordshire SG18 8QB, UK  
Tel.: +44 (0) 1767 604960  
Fax: +44 (0) 1767 604640  
[oecdrow@turpin-distribution.com](mailto:oecdrow@turpin-distribution.com)  
[www.turpin-distribution.com](http://www.turpin-distribution.com)