



INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

МЕЖДУНАРОДНОЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

2
0
0
6

В поддержку Плана действий «Группы восьми»

ЧАСТЬ 1

Сценарии и
стратегии до
2050 г.

МЕЖДУНАРОДНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

Международное энергетическое агентство (МЭА) является независимой организацией, образованной в ноябре 1974 г. в рамках Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) для выполнения международной энергетической программы.

Агентство осуществляет комплексную программу энергетического сотрудничества 26 из 30 стран – членов ОЭСР. Основными целями Международного энергетического агентства являются:

- поддержание и совершенствование систем, направленных на предотвращение перебоев поставок нефти;
- содействие осуществлению взвешенной энергетической политики в глобальном масштабе путем сотрудничества со странами, не являющимися членами ОЭСР, промышленностью и международными организациями;
- ведение постоянного информационного сопровождения международного рынка нефти;
- совершенствование структуры мирового спроса и поставок энергии через развитие альтернативных источников энергии и повышение эффективности использования энергии;
- содействие интеграции природоохранной и энергетической политики;

Странами – членами Международного энергетического агентства являются: Австралия, Австрия, Бельгия, Канада, Чехия, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Ирландия, Италия, Япония, Южная Корея, Люксембург, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Португалия, Испания, Швеция, Швейцария, Турция, Великобритания и США. В работе Международного энергетического агентства принимает участие Еврокомиссия.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И РАЗВИТИЯ

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) является уникальным форумом, где правительства 30 демократических государств осуществляют совместную деятельность, направленную на решение экономических, социальных и экологических проблем процесса глобализации. ОЭСР также играет важную роль в понимании новых задач и проблем и оказании содействия правительствам различных стран в работе над ними. В частности это касается таких аспектов, как корпоративное управление, информационные аспекты экономики и проблемы старения населения. Организация предоставляет правительствам возможность сравнить имеющийся у них опыт проведения той или иной политики, найти решения общих проблем, определить понятие «наилучшей практики» и координировать внутреннюю и международную политику.

Странами – членами ОЭСР являются: Австралия, Австрия, Бельгия, Канада, Чехия, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Исландия, Ирландия, Италия, Япония, Южная Корея, Люксембург, Мексика, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Польша, Португалия, Словакия, Испания, Швеция, Швейцария, Турция, Великобритания и США. В работе ОЭСР принимает участие Еврокомиссия.

Energy Technology Perspectives – Scenarios & Strategies to 2050, 484 pages, ISBN 92–64–10982–X
© ОЭСР/МЭА, 2006

Приобретение издания на английском языке, см. <http://www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=255>

Перепечатывание, копирование, передача или трансляция данного издания запрещены без предварительного письменного разрешения. Заявки следует направлять по адресу:

International Energy Agency (IEA), Head of Publication Service, 9 rue de la Federation, 75739 Paris Cedex 15, France.

Перспективы энергетических технологий. Стратегии и сценарии до 2050 г. Часть 1. Технологии и экономика мировой энергетики до 2050 г. ОЭСР/МЭА, WWF России (перевод на русский язык, ред. А. О. Кокорин). – М.: 2007. – 206 с.

Данная электронная версия имеется на сайте www.wwf.ru

Перевод и выпуск электронной версии на русском языке в соответствии с соглашением с ОЭСР/МЭА выполнен программой «Климат и энергетика» WWF России в рамках проекта по ознакомлению общественности, поддерживаемого Swedish Acid Rain Secretariat. Данное издание состоит из двух частей, причем вторая представляет собой более детальное рассмотрение всех вопросов, затронутых в первой части. Поэтому в качестве первого этапа работы WWF России выпустила на русском языке данную электронную версию Части 1. По всем вопросам получения Части 2 и книги в целом на русском языке обращаться в WWF России.

Компьютерная верстка и выпуск диска на русском языке: студия Artcodex.

Всемирный фонд дикой природы (WWF) – одна из крупнейших независимых международных природоохранных организаций, объединяющая около 5 миллионов постоянных сторонников и работающая более чем в 100 странах.

Миссия WWF – остановить деградацию естественной среды планеты для достижения гармонии человека и природы.



for a living planet®

Всемирный фонд дикой природы (WWF)
109240, Москва, ул. Николаямская, 19, стр. 3
Тел. +7 495 727 09 39
Факс +7 495 727 09 38
E-mail: russia@wwf.ru

**www.
WWF
.ru**

ПРЕДИСЛОВИЕ

На саммите в Глениглсе в июле 2005 г. лидеры стран «Группы восьми» рассматривали серьезные долгосрочные задачи безопасной и экологически чистой энергетики, изменения климата и устойчивого развития. Согласившись действовать решительно и безотлагательно, они приняли План действий и начали диалог с крупнейшими потребителями энергии. Лидеры стран «Восьмерки» попросили МЭА возглавить работу по выполнению Плана действий и принять участие в диалоге. Свою решимость действовать так же безотлагательно продемонстрировали министры энергетики стран – членов МЭА на встрече, состоявшейся двумя месяцами ранее, где они попросили МЭА помочь ликвидировать разрыв между сложившейся ситуацией и тем, что должно быть сделано.

Лидеры стран «Восьмерки» и министры энергетики поставили перед МЭА задачу разработать альтернативные энергетические сценарии и стратегии, которые обеспечили бы экологичное, разумное и конкурентное развитие энергетики. В частности министры энергетики призвали МЭА сконцентрировать внимание на результатах, которые могут быть достигнуты при использовании новых эффективных энергетических технологий. В ответ на поставленные задачи был подготовлен данный специальный доклад *Перспективы энергетических технологий: Сценарии и стратегии развития до 2050 г.*

В данной книге дается всесторонний и детальный анализ ключевых технологий, касающихся энергетики, на следующие 50 лет. Проведенный сценарный анализ показывает, что глобальные выбросы CO_2 к 2050 г. могут быть возвращены на нынешний уровень, а рост потребления нефти может быть снижен наполовину. Энергоэффективность имеет первостепенное значение для достижения этих результатов. Анализ показывает, что выработка энергии без выбросов CO_2 (благодаря применению технологии его улавливания и захоронения), использование возобновляемых источников энергии и, в тех странах, где это допустимо, использование атомной энергии, будет также иметь большое значение.

Проведенный анализ демонстрирует, что более устойчивая энергетика будущего достижима. Многие из требующихся технологий уже разработаны или близки к коммерциализации. Однако потребуются значительные усилия и инвестиции как со стороны государства, так и со стороны частного сектора, чтобы эти технологии были приняты рынком. Необходимо создать все условия для полного раскрытия их потенциала. Требуется безотлагательные шаги по стимулированию научно-исследовательских работ, демонстрации и внедрению перспективных технологий; введение четких и предсказуемых мер по стимулированию технологий с низкими выбросами CO_2 и диверсификации источников энергии. Также принципиально важно тесное сотрудничество в области энергетических технологий между развитыми и развивающимися странами.

Этой книгой МЭА открывает новое направление работы. Ожидается, что такие издания будут регулярно, раз в два года, публиковаться МЭА. Мы приложили все усилия, чтобы сделать анализ как можно лучше, и выражаем благодарность всем, кто предоставил свои комментарии и внес вклад в подготовку материалов по новым энергетическим технологиям. Тем не менее, мы признаем, что долгосрочный прогноз энергетики будущего является не столь четким, как гадание по хрустальному шару; мы еще должны очень многому научиться. Мы надеемся, что эта книга задаст направление дискуссий и дебатов в энергетических кругах как со стороны официальных лиц, принимающих решения, так и со стороны инвесторов, а также в продолжении диалога стран «Группы восьми».

Данная работа публикуется с моего одобрения как исполнительного директора МЭА и не обязательно отражает мнение стран – членов МЭА.

Клод Мандил,
исполнительный директор

БЛАГОДАРНОСТИ

Данное издание было подготовлено Департаментом энергетических технологий и научно-исследовательских работ Международного энергетического агентства. Общее руководство и кураторство проекта осуществлял Нэйл Херст, директор департамента. Значительный вклад в организацию и выполнение работ внес Роберт Диксон, руководитель Отдела политики энергетических технологий.

Фридтьоф Анандер руководил проектом и отвечал в целом за организацию и проведение исследования. Другими ведущими авторами были: Дольф Гьелен, Майкл Тэйлор, Пьерпаоло Казолла, Тереза Малышев и Род Янссен. Ценный вклад в работу внесли Дебра Джастис, Марек Стёрк, Йеппе Бьерг, Сесилия Там, Пол Вейд и Йенс Лаустсен. Джиллиан Балитренд, Элисон Садэн, Диана Льюис, Шарлота Форбс и Сандра Колеман оказали большую помощь в подготовке издания. Редакторскую работу выполнили Скотт Салливан и Стефан Сэнфорд.

Многие сотрудники МЭА внесли существенный вклад в работу, в частности Мария Аргири, Ришар Барон, Фатих Бирол, Лаура Коззи, Набуюки Хара, Оливер Лавэйн д'Ортиг, Алан Мейер, Изабель Мюррей, Франсуа Нгуен, Йо Осуми, Антонио Флюгер, Седерик Филиберт, Никола Почеттино, Яцек Подкански, Кэрри Поттингер, Джулия Рейнод, Брайан Рикеттс, Джорджио Симболотти, Ральф Симз, Джонатан Синтон, Ульрик Стридбэк, Петр Тулей и Минг Янг. Помощь в публикации этого документа оказывалась Департаментом по связям и информации МЭА: Ребекка Гаген, Мюриэль Кустодио, Коринна Хэйворт, Лоретта Равера и Бертран Садэн внесли значительный вклад в подготовку материалов.

В подготовке различных разделов данной публикации принимали участие консультанты: Маркус Блесл (IER, Германия), Мэтью Браун (независимый эксперт, США/Франция), Дэвид Ирвинг (Irving Energy, Великобритания), Никлас Мэттссон (Технологический университет Чалмерс, Швеция), Уве Рэмм (IER, Германия), Стефания де ла Рю дю Канн (Национальная лаборатория Лоуренса, Беркли, США), Клас-Отто Вейн (Wenergy, Швеция) и Эрнст Воррелл (Ecofys, Нидерланды).

Особую благодарность мы выражаем Хансу Йергену Коху, Энергетическое агентство Дании, и Кармен Дифиглио, Департамент (Министерство) энергетики США, за их помощь, поддержку и вклад в работу. Выражаем благодарность Ларсу Гулбранду из Министерства устойчивого развития Швеции и Правительству Швеции за оказанную поддержку в подготовке данной публикации. В настоящем исследовании использовались результаты проекта МЭА по анализу перспектив энергетических технологий, поддержанного многими странами – членами МЭА в течение ряда лет, включая Австралию, Канаду, Германию, Италию, Японию, Норвегию, Швецию, Великобританию и США.

Группа рецензентов обеспечила очень ценную обратную связь и внесла значительный вклад в проведение анализа, результаты которого представлены в данной книге. В составе группы работали: Изабель Кабрита (INETI, Португалия), Лаурент Корбье (Всемирный бизнес-совет по устойчивому развитию), Дэвид Ирвинг (Irving Energy, Великобритания), Олав Карштад (Statoil, Норвегия), Такехико Мацуо (Министерство иностранных дел, Япония), Абдулазиз Аль-Турки (ОАПЕС, Кувейт), Джанкарло Тосато (ENEA, Италия), Филлип Ценг (Агентство энергетической информации, США), Роберто Виготти (ENEL, Италия) и Юичиро Ямагучи (Министерство экономики, торговли и промышленности, Япония).

Также в качестве рецензентов внесли свой вклад: Лью Фултон (UNEP), Джорж Эдс (CRA International), Кристиан Бессон (Schlumberger), Франк Пул (Азиатский банк развития), Мартин Патель (Утрехтский университет, Нидерланды), Гари Стаггинс (Всемирный банк), Конрад Бруннер (A+V International, Швейцария), Анне Аркуит Недербергер (A+V International, Швейцария), Крис Бэйлисс (Международный алюминиевый институт), Эйми МакКейн (Национальная лаборатория Лоуренса, Беркли, США) и Эвелин Бертель, Стэн Гордельер, Тьерри Дюжардэн и Пал Ковач из Агентства по атомной энергии ОЭСР.

Глобальная модель энергетических технологий, использованная в настоящем исследовании, была разработана в тесном сотрудничестве с Рабочим соглашением МЭА Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP), в частности с Джанкарло Тосато, Гари Голдштейном и Кеном Ноблем.

Анализ технологий, представленный в данной книге, основан на результатах совместной работы специалистов уникальной международной сети сотрудничества в области энергетических технологий МЭА. Большое число экспертов из Комиссии по исследованиям и технологиям в области энергетики (CERT) МЭА, ее Рабочих групп, многих из 40 ее Рабочих соглашений по внедрению представили данные и внесли свой вклад в работу. Некоторые из этих экспертов перечислены ниже:

Егил Офверхольм,
вице-председатель (здания), Рабочая группа по конечному использованию энергии;

Хамид Мохамед,
вице-председатель (промышленность), Рабочая группа по конечному использованию энергии;

Питер Финкч,
вице-председатель (транспорт), Рабочая группа по конечному использованию энергии;

Роберто Виготти,
председатель, Рабочая группа по возобновляемым источникам энергии;

Хитер Хейдок,
Рабочее соглашение «Топливные элементы»;

Яап Коппейан,
Рабочее соглашение «Биоэнергетика»;

Сьяк Ван Лоо,
Рабочее соглашение «Биоэнергетика»;

Кирыякос Маниатис,
Рабочее соглашение «Биоэнергетика»;

Робин Уилтшир,
Рабочее соглашение «Централизованное отопление и охлаждение»;

Ханс Нильссон
Рабочее соглашение «Управление энергопотреблением»;

Морад Атиф,
Рабочее соглашение «Программа энергосбережения в зданиях и коммунальных системах»;

Малькольм Орме,
Рабочее соглашение «Программа энергосбережения в зданиях и коммунальных системах»;

Волкмар Лоттнер,
Рабочее соглашение «Энергосбережение с помощью хранения энергии»;

Майк Монгилло,
Рабочее соглашение «Геотермальная энергия»;

Ладислав Рыбач,
Рабочее соглашение «Геотермальная энергия»;

Мартийн Ван Валвийк,
Рабочее соглашение «Программы по технологиям гибридных и электрических транспортных средств»;

Роджер Хитчин,
Рабочее соглашение «Технологии тепловых насосов»;

Жан-Поль Ригг,
Рабочее соглашение «Гидроэнергетика»;

Риккардо Амброзини,
Центр по чистому углю МЭА;

Колин Хендерсон,
Центр по чистому углю МЭА;

Джон Топпер,
Центр по чистому углю МЭА;

Джон Давидсон,
Рабочее соглашение «Программа научных исследований и разработок по парниковым газам»;

Торе Барнтссон,
Рабочее соглашение «Технологии промышленных энергетических систем»;

Гоури Бхуян,
Рабочее соглашение «Системы энергии океана»;

Комнинос Диамантарас,
Рабочее соглашение «Системы энергии океана»;

Гари Шанахан,
Рабочее соглашение «Системы энергии океана»;

Стефан Новак,
Рабочее соглашение «Фотоэлектрические энергетические системы»;

Ноберт Гориссен,
Рабочее соглашение «Внедрение технологий возобновляемой энергетики»;

Даниель Аргурупулос,
Рабочее соглашение «Внедрение технологий возобновляемой энергетики»;

Томас Манчини,
Рабочее соглашение Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems (SolarPACES);

Анна Эстанкуэро,
Рабочее соглашение «Системы ветровой энергетики».

ЧАСТЬ 1
ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИКА
МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
ДО 2050 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ 2
ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ
И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЧАСТЬ 1

ЧАСТЬ 2

Введение

1

Сценарии на период до 2050 г.: производство и потребление энергии, выбросы CO₂

2

Стратегии развития технологий для устойчивой энергетики будущего

3

Выработка электроэнергии

4

Технологии и топливо для дорожного транспорта

5

Здания, оборудование и бытовые приборы

6

Промышленность

7

Приложения

8

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Содержание	12
Список рисунков	18
Список таблиц	23
Резюме: последствия проводимой политики	27

ЧАСТЬ 1

Технологии и экономика мировой энергетики до 2050 г.

Глава 1	Введение	41
Глава 2	Сценарии на период до 2050 г.: производство и потребление энергии, выбросы CO₂	44
	Сценарии ускоренного технологического развития (ACT) и TECH Plus	46
	Изменение выбросов CO₂	50
	Сокращение выбросов CO ₂ : основные факторы	53
	Тенденции изменения объемов выбросов CO ₂ в различных сценариях	56
	Анализ по регионам	59
	Влияние повышения эффективности использования энергии и изменения топливного баланса	60
	Затраты в сценариях ACT и TECH Plus	63
	Сценарии ACT и TECH Plus: после 2050 г.	68
	Потребление различных видов топлива	70
	Уголь	73
	Нефть	75
	Природный газ	79
	Электроэнергия	80
	Потребление энергии и выбросы CO₂ по секторам	82
	Выработка электроэнергии	86
	Транспорт	96
	Здания	103
	Промышленность	109

Глава 3	Стратегии развития технологий для устойчивой энергетики будущего	117
	Введение	119
	Препятствия для развития технологий	119
	Преодоление препятствий	128
	Генерация энергии из ископаемого топлива	130
	Комбинированный парогазовый цикл (NGCC)	133
	Надкритический (SCSC) и сверхнадкритический (USCSC) паровой цикл	135
	Комбинированный цикл газификации (IGCC)	136
	Сжигание в жидком и псевдожидком слое (FBC и PFBC)	137
	Технологии улавливания и захоронения CO ₂ (CCS)	138
	Генерация энергии из возобновляемых источников	140
	Гидроэнергетика	143
	Геотермальная энергия	145
	Биоэнергетика	146
	Энергия ветра	148
	Солнечная энергия	150
	Энергия океана	152
	Атомная энергетика	153
	Ядерная энергия: реакторы поколений III и III+	155
	Ядерная энергия: реакторы IV поколения	157
	Транспорт	157
	Усовершенствования топливной экономичности транспортных средств (двигатели и другие возможности)	160
	Автомобили с гибридным двигателем	161
	Этанол из сахара или зерна	163
	Этанол из лигноцеллюлозы	164
	Биодизельное топливо	166
	Транспортные средства с водородными топливными элементами	167
	Здания, оборудование и бытовые приборы	169
	Конструкция зданий	171
	Технологии отопления и охлаждения	174
	Централизованные системы отопления и охлаждения	176
	Системы управления энергопотреблением зданий	177
	Системы освещения	178
	Электрические бытовые приборы	181
	Снижение потерь при режиме ожидания	183

Отопление и охлаждение с использованием солнечной энергии	184
Биомасса для отопления и приготовления пищи	185
Промышленность	186
Технологии когенерации	188
Двигательные системы	190
Паровые системы	191
Энергоэффективность существующих процессов производства основной продукции	192
Повышение энергоэффективности с помощью инновационных процессов производства основной продукции	193
Использование других видов топлива в производстве основной продукции	194
Эффективность материалов и продукции	195
Использование других видов сырья	196
Улавливание и захоронение CO ₂ в промышленности (CCS)	197

ЧАСТЬ 2

Текущее состояние и прогноз развития энергетических технологий

Глава 4	Выработка электроэнергии
	Обзор
	Мировое производство электроэнергии и выбросы CO ₂
	Вызовы для технологий выработки электроэнергии
	Станции, работающие на ископаемом топливе:
	состояние дел и перспективы
	Обзор
	Состояние дел с выработкой электроэнергии на природном газе и угле
	Срок службы угольных станций
	Перспективы станций на ископаемом топливе
	Технологии улавливания и захоронения CO₂ (CCS):
	состояние дел и перспективы
	Состояние дел с улавливанием и захоронением CO ₂
	Перспективы технологий улавливания и захоронения CO ₂
	Возобновляемая энергетика: состояние дел и перспективы
	Состояние дел с выработкой электроэнергии из возобновляемых источников

Перспективы выработки электроэнергии из возобновляемых источников

Ядерная электроэнергетика: состояние дел и перспективы

Состояние дел с ядерной энергетикой.

Перспективы для атомных станций.

Перспективы для ядерного синтеза

Сети электропередач и распределенная генерация: состояние дел и перспективы

Усовершенствованные сети электропередач

Распределенные системы генерации

Глава 5 Технологии и топливо для дорожного транспорта

Обзор

Деятельность в области транспорта.

Разнообразие транспортных средств

Использование различных видов топлива

Удельная энергоемкость.

Характеристика транспортного топлива с точки зрения выбросов парниковых газов

Выбросы загрязняющих веществ

Варианты топлива для дорожного транспорта

Традиционные продукты переработки нефти

Нетрадиционная нефть: добыча и переработка

Синтез Фишера-Тропша для природного газа: жидкое топливо из газа

Синтез Фишера-Тропша для угля: жидкое топливо из угля.

Метанол и диметил эфир

Этанол.

Биодизель и другие виды биотоплива

Производство водорода

Технологии дорожных транспортных средств

Обычные технологии для инжекторных двигателей и впрыска под давлением.

Транспортные средства на бензине и его аналогах

Технологии дизельных транспортных средств.

Транспортные средства на альтернативных видах топлива

Технологии транспортных средств без двигателя.

Глава 6 Здания, оборудование и бытовые приборы

Обзор

Потребление энергии в зданиях.

Здания, оборудование и бытовые приборы: обзор технологий	
Интеграция технологий – на пути к зданиям с нулевым энергопотреблением.	
Конструкция зданий	
Отопление, охлаждение и вентиляция	
Традиционные отопительные системы: нефтепродукты, природный газ, электричество	
Усовершенствованные отопительные системы: тепловые насосы. . . .	
Усовершенствованные отопительные и охлаждающие системы: активное использование солнечной энергии..	
Усовершенствованные отопительные и охлаждающие системы: централизованные системы тепло- и хладоснабжения.	
Усовершенствованные отопительные и охлаждающие системы: хранение тепловой энергии.	
Усовершенствованные отопительные и охлаждающие системы: использование древесины.	
Пассивное использование солнечной энергии.	
Кондиционирование воздуха	
Вентиляция	
Освещение	
Оборудование и бытовые приборы	
Холодильное оборудование: холодильники и морозильники.	
Приборы, подключаемые к сети водоснабжения: стиральные машины.	
Приборы, подключаемые к сети водоснабжения: сушилки для одежды.	
Приборы, подключаемые к сети водоснабжения: посудомоечные машины.	
Приготовление пищи.	
Домашние водонагреватели на традиционном топливе.	
Водонагреватели на солнечной энергии.	
Домашние бытовые приборы: телевизоры..	
Офисное оборудование: компьютеры и принтеры..	
Системы микро-генерации энергии	
Солнечные фотоэлектрические модули.	
Ветровые турбины малого размера.	
Микроустановки когенерации тепла и электроэнергии.	
Топливные элементы.	
Прочие технологии	

Энергетические системы управления и контроля.	
Датчики и измерения.	

Глава 7	Промышленность	
	Обзор	
	Промышленное потребление энергии и выбросы CO₂	
	Черная металлургия	
	Впрыск pulverизированного угля и пластиковых отходов.. . . .	
	Выплавка с помощью процесса восстановления.	
	Прямая разливка стали.	
	Неметаллическое минеральное сырье	
	Повышение энергоэффективности существующих технологий производства цемента/килна.	
	Улавливание и захоронение CO ₂ (CCS).	
	Химия и нефтехимия	
	Нефтехимия.	
	Неорганические химические вещества.	
	Целлюлозно-бумажная промышленность	
	Газофикация черного щелока.. . . .	
	Эффективная сушка на бумагоделательных машинах.. . . .	
	Цветные металлы	
	Инертные аноды.	
	Общие вопросы эксплуатации оборудования и вторичной переработки	
	Пароснабжение.	
	Комбинированная выработка тепла и электроэнергии.. . . .	
	Улавливание CO ₂ при сжигании топлива.	
	Электрические моторные системы.	
	Увеличение вторичной переработки.. . . .	
Приложение А	Программа МЭА по сотрудничеству в энергетических технологиях	
Приложение В	Предположения о росте ВВП и численности населения	
Приложение С	Определения, сокращения, акронимы и единицы	
Приложение D	Библиография	

СПИСОК РИСУНКОВ

Глава 2	Сценарии на период до 2050 г.: производство и потребление энергии, выбросы CO₂	
2.1	Глобальные выбросы CO ₂ в базовом сценарии, сценариях АСТ и TESH Plus	52
2.2	Основные факторы сокращения выбросов CO ₂ в сценариях АСТ и TESH Plus (сокращение относительно Базового сценария к 2050 г.)	53
2.3	Сокращение выбросов CO ₂ в сценарии Мар (доли технологий в сокращении выбросов относительно базового сценария в 2050 г.)	54
2.4	Выбросы CO ₂ в различных регионах, базовый сценарий и сценарий Мар	59
2.5	Изменение энергоемкости ВВП по регионам: базовый сценарий, сценарий Мар и сценарий «Низкая эффективность», 2003–2050 гг.	60
2.6	Изменение объема выбросов CO ₂ и ВВП в базовом сценарии, сценариях Мар, «Без CCS» и «Низкая эффективность», 2003–2050 гг. (с подразделением углеродоемкости ВВП на энергоемкость экономики и углеродоемкость топливного баланса)	62
2.7	Изменение объема выбросов CO ₂ и ВВП в базовом сценарии и сценарии Мар по регионам, 2003–2050 гг. (с подразделением углеродоемкости ВВП на энергоемкость экономики и углеродоемкость топливного баланса)	63
2.8	Оценка предельных затрат на сокращение выбросов CO ₂ для различных сценариев, 2050 г.	67
2.9	Глобальное потребление первичных энергоресурсов по видам топлива в базовом сценарии.	70
2.10	Потребление первичных энергоресурсов по регионам в базовом сценарии.	71
2.11	Глобальное потребление ископаемого топлива по различным сценариям.	72
2.12	Потребление угля	73
2.13	Изменение потребления угля в регионах по трем сценариям: Базовый сценарий, Мар и «Без CCS», 2003–2050 гг.	74
2.14	Потребление жидкого топлива и водорода: 2003, 2030, 2050 гг.	76
2.15	Сокращение потребления нефти в сценарии Мар, 2050 г.	77
2.16	Первичный спрос на нефть в странах ОЭСР и в других странах, 2003–2050 гг. по различным сценариям.	77
2.17	Мировое потребление газа по различным сценариям, 2003–2050 гг.	78
2.18	Потребление газа по регионам, 2003–2050 гг.	79
2.19	Рост потребления электроэнергии в различных секторах экономики (2003–2050 гг.) и доли секторов (2003, 2030, 2050 гг.) в Базовом сценарии.	80

2.20	Потребление электроэнергии по-сценариям Базовый, Мар и «Низкая эффективность», 2003, 2030 и 2050 гг.	81
2.21	Потребление энергии по секторам экономики в Базовом сценарии. .	83
2.22	Глобальное производство электроэнергии по видам топлива и сценариям, 2003, 2030 и 2050 гг.	86
2.23	Рост производства электроэнергии по видам топлива и сценариям, 2003–2050 гг.	87
2.24	Глобальное использование атомной энергии в различных сценариях, 2003–2050 гг.	89
2.25	Производство электроэнергии по видам топлива при сценарии Мар в странах – членах ОЭСР и не членах ОЭСР, 2050 г.	92
2.26	Выбросы CO ₂ при производстве электроэнергии и источники их снижения, 2003–2050 гг.	93
2.27	Удельные выбросы CO ₂ при выработке электроэнергии по различным сценариям, 2003 и 2050 гг.	94
2.28	Удельные выбросы CO ₂ при выработке электроэнергии на угольных станциях Китая, 2003–2050 гг.	96
2.29	Потребление энергии на транспорте по базовому сценарию и сценариям АСТ и TECH Plus, 2003–2050 гг.	97
2.30	Глобальное потребление водорода и биотоплива по различным сценариям, 2003–2050 гг.	98
2.31	Выбросы CO ₂ на транспорте по базовому сценарию и сценариям АСТ и TECH Plus, 2003–2050 гг.	99
2.32	Выбросы CO ₂ по производственной цепочке «от скважины до выхлопной трубы» по видам топлива на транспорте, 2003 г. . . .	100
2.33	Удельный расход топлива новых легковых автомобилей и их парка в целом.	101
2.34	Роль различных факторов в улучшении энергетической эффективности легкового автотранспорта в сценарии Мар. . . .	102
2.35	Мировое потребление энергии в жилищно-коммунальном секторе по Базовому сценарию и сценарию Мар.	104
2.36	Энергопотребление на одно домашнее хозяйство в Базовом сценарии и сценарии Мар, 2050 г.	106
2.37	Энергосбережение в зданиях в сценарии Мар, 2050 г. (снижение ниже уровня Базового сценария)	108
2.38	Снижение потребления электроэнергии в сфере услуг по сценарию Мар с разбивкой по группам стран, 2050 год (снижение ниже уровня Базового сценария).	
2.39	Выбросы CO ₂ в зданиях с разбивкой по источникам и сценариям. 2003–2050 гг.	109
2.40	Энергопотребление в промышленности по Базовому сценарию. .	110
2.41	Промышленные выбросы CO ₂ в Базовом сценарии и сценарии Мар в 2003 и 2050 гг.	113

- 2.42 Снижение промышленных выбросов CO₂ в сценарии Мар к 2050 г. по сравнению с Базовым сценарием. 114
- 2.43 Снижение выбросов CO₂ в сценарии Мар в странах ОЭСР и остальных странах мира в 2050 г. 115

Глава 3 Стратегии развития технологий для устойчивой энергетики будущего

- 3.1 Стадии развития технологии. 122
- 3.2 Переход от стадии разработки технологии к полной конкурентоспособности в сценариях АСТ. 129
- 3.3 Доля технологий генерирования энергии из ископаемого топлива в глобальное уменьшение выбросов CO₂ в 2050 г. (сравнение сценариев Мар и «Без CCS» с Базовым сценарием) 132
- 3.4 Достижение ценовой конкурентоспособности технологиями генерации энергии из ископаемых видов топлива. 133
- 3.5 Доля возобновляемых источников энергии в глобальное снижение выбросов CO₂ по сценариям Мар и «Без CCS» на 2050 г. (по сравнению с Базовым сценарием) 142
- 3.6 Достижение ценовой конкурентоспособности технологиями генерации энергии из возобновляемых источников. 143
- 3.7 Доля атомной энергетики в глобальное снижение выбросов CO₂ по сценариям Мар и «Без CCS», 2050 г. (снижение выбросов в процентах от базового сценария) 154
- 3.8 Достижение ценовой конкурентоспособности технологиями генерации атомной энергии. 154
- 3.9 Доля автотранспортного транспорта в глобальном снижении выбросов CO₂ для сценариев Мар и «Без CCS», 2050 г. (по отношению к базовому уровню). 158
- 3.10 Достижение ценовой конкурентоспособности транспортными технологиями 159
- 3.11 Доля зданий, оборудования и бытовых приборов в глобальное снижение выбросов CO₂ в сценарии Мар, 2050 г. (по сравнению с Базовым сценарием) 169
- 3.12 Здания, оборудование и бытовые приборы: достижение ценовой конкурентоспособности новыми технологиями. 170
- 3.13 Доля промышленности в снижении глобальных выбросов CO₂ в сценарии Мар, 2050 г. (по сравнению с Базовым сценарием) 187
- 3.14 Достижение ценовой конкурентоспособности новыми технологиями в промышленности 188

Глава 4 Выработка электроэнергии

- 4.1 Затраты газовых и угольных станций.
- 4.2 Средняя мировая эффективность станций, 1992–2003 гг.
- 4.3 Выбросы CO₂ на станциях разных типов.

- 4.4 Распределение угольных станций по мощности и сроку эксплуатации в США
- 4.5 Распределение угольных станций по мощности и сроку эксплуатации в Китае
- 4.6 Распределение угольных станций по мощности и сроку эксплуатации в Германии
- 4.7 Распределение угольных станций по мощности и сроку эксплуатации в Японии.
- 4.8 Распределение угольных станций по мощности и сроку эксплуатации в Великобритании
- 4.9 Распределение угольных станций по мощности и сроку эксплуатации в Индии
- 4.10 Концепция улавливания и захоронения CO₂ (CCS).
- 4.11 Разработка ветровых турбин разных размеров.
- 4.12 Прогнозируемое снижение стоимости солнечных фотоэлектрических установок.
- 4.13 Разработка ядерных реакторов по десятилетиям, 1950–2000 гг.
- 4.14 Доля ядерной энергетики в производстве электроэнергии, 2003 г.

Глава 5 Технологии и топливо для дорожного транспорта

- 5.1 Общее конечное потребление энергии на транспорте, 2003 г.
- 5.2 Среднее удельное потребление топлива парка легковых автомобилей
- 5.3 Среднее удельное потребление топлива продаваемых легковых автомобилей
- 5.4 Варианты использования альтернативных видов топлива их вклад в безопасность снабжения топливом и снижение выбросов CO₂.
- 5.5 Труднодоступные ресурсы природного газа по регионам
- 5.6 Временной ход поставок этанола.
- 5.7 Временной ход поставок биодизельного топлива.
- 5.8 Главные растительные культуры: урожайность на гектар, 1961–2004 г.
- 5.9 Двигатель с турбонаддувом.
- 5.10 «Мягкий» гибридный двигатель
- 5.11 Конструкция полногибридного транспортного средства
- 5.12 Концепция топливных элементов, протонообменная мембрана.
- 5.13 Аэродинамика транспортных средств

Глава 6 Здания, оборудование и бытовые приборы

- 6.1 Общее потребление энергии в жилых и коммерческих зданиях в странах ОЭСР, 1973–2003 гг.
- 6.2 Доля жилых и коммерческих зданий в общее потребление энергии в странах ОЭСР, 2003 г.

- 6.3 Доля различных видов потребления энергии в общее потребление в жилых зданиях в 11 странах-членах МЭА
- 6.4 Потребление электроэнергии в жилых зданиях в 11 странах-членах МЭА, 1973–1998 гг.
- 6.5 Здания с нулевым потреблением энергии.
- 6.6 Энергосберегающий потенциал окон для снижения затрат на отопление: типичные дома в Бостоне, Массачусетс, США.
- 6.7 Энергосберегающий потенциал окон для снижения затрат на охлаждение типичные дома в Фениксе, Аризона, США.
- 6.8 Рыночная доля энергоэффективных окон для остекления с низкими энергозатратами.
- 6.9 Централизованное отопление жилых домов в Дании.
- 6.10 Проникновение на рынок Дании компактных газовых котлов.
- 6.11 Эффективность различных систем освещения обычного пользования
- 6.12 Эволюция световой эффективности главных источников света для обычного освещения.
- 6.13 Изменение цены солнечных фотоэлектрических модулей и систем в ряде стран, 1992–2003 гг.
- 6.14 Двигатель Стирлинга.

Глава 7 Промышленность

- 7.1 Пути развития промышленных технологий
- 7.2 Общее потребление энергии в промышленности, 1971 и 2003 гг.
- 7.3 Выбросы CO₂ по отраслям промышленности, 2003 г.
- 7.4 Мировое производство стали (по производственным процессам), 1970 и 2004 гг.
- 7.5 Мировое производство железа прямого восстановления, 1970–2004 гг.
- 7.6 Выбросы CO₂ на единицу продукции.
- 7.7 Использование угля и кокса в доменных печах, 2003 г.
- 7.8 Расход топлива в доменных печах в Китае по сравнению с усовершенствованными доменными печами.
- 7.9 Зависимость потребления энергии при выплавке чугуна от объема производства, 2003 г.
- 7.10 Средние выбросы CO₂ при производстве тонны цемента в различных странах и регионах.
- 7.11 Энергоэффективность различных технологий производства клинкера/цемента.
- 7.12 Мировые тенденции использования когенерации, 1992–2003 гг.
- Приложение А Программа МЭА по сотрудничеству в энергетических технологиях
- A.1 Страны, участвующие в Программе МЭА по сотрудничеству в энергетических технологиях.

СПИСОК ТАБЛИЦ

Глава 2	Сценарии на период до 2050 г.: производство и потребление энергии, выбросы CO₂	
2.1	Обзор характеристик сценариев АСТ и TECH Plus	49
2.2	Различные меры по сокращению выбросов CO ₂ в сценариях АСТ и TECH Plus к 2050 г. (сокращение относительно Базового сценария)	57
2.3	Доли различных видов генерирующих мощностей в базовом сценарии, сценариях АТС и TECH Plus, 2050 г.	58
2.4	Выбросы CO ₂ по регионам в базовом сценарии, сценариях Мар и «Без CCS», 2003 и 2050 г.	60
2.5	Увеличение инвестиций в генерирующие мощности по сценарию Мар, 2005–2050 гг. (по сравнению с базовым сценарием).....	65
2.6	Изменение потребления различных видов топлива в сценариях Мар, «Без CCS» и TECH Plus, 2050 г.	72
2.7	Потребление энергии в мире по секторам и сценариям.....	84
2.8	Снижение общего потребления электроэнергии относительно Базового сценария, по группам стран в сценарии Мар в 2050 г. ..	85
2.9	Выбросы CO ₂ по секторам и сценариям, 2003 и 2050 г.	85
2.10	Глобальная выработка электроэнергии (2050 г.) и прирост ее выработки в 2003–2050 гг. по различным сценариям и видам энергоносителей	90
2.11	Мировое потребление энергии в зданиях по Базовому сценарию..	104
2.12	Снижение мирового потребления энергии в зданиях в сценарии Мар (снижение относительно Базового сценария).....	106
2.13	Потребление энергии и энергосбережение в промышленности по сценарию Мар в 2050 г.	111
Глава 3	Стратегии развития технологий для устойчивой энергетики будущего	
3.1	Основные барьеры, с которыми сталкиваются ключевые технологии в сценариях АСТ и TECH Plus, и инструменты стратегии для их преодоления.	126
3.2	Доля технологий генерации энергии с использованием ископаемых видов топлива в снижении выбросов CO ₂ по сценариям АСТ (по сравнению с Базовым сценарием).....	132
3.3	Снижение выбросов CO ₂ в результате использования технологий возобновляемых источников энергии в сценариях АСТ (относительно Базового сценария)	142
3.4	Доля атомной энергетики в снижении выбросов CO ₂ в сценариях АСТ и TECH Plus (снижение выбросов в млрд тонн CO ₂ от Базового сценария)	154

- 3.5 Снижение выбросов CO₂ в сценариях Мар и TECH Plus в результате применения транспортных технологий (по сравнению с Базовым сценарием) 159
- 3.6 Снижение выбросов CO₂ в сценарии Мар в результате применения новых технологий в зданиях, оборудовании и бытовых приборах (по сравнению с Базовым сценарием). 170
- 3.7 Снижение выбросов CO₂ в сценарии Мар в результате применения новых технологий в промышленности (по сравнению с Базовым сценарием). 188

Глава 4 Выработка электроэнергии

- 4.1 Глобальное производство электроэнергии.
- 4.2 Выбросы CO₂ от производства электроэнергии
- 4.3 Доли угля и газа в производстве электроэнергии, 2003 г
- 4.4 Общемировая установленная мощность газовых и угольных станций, 2003 г.
- 4.5 Эволюция нетто электрической эффективности станций на природном газе и каменном угле.
- 4.6 Технологические перспективы станций на ископаемом топливе (покрытие базовой нагрузки).
- 4.7 Характеристики станций с улавливанием CO₂
- 4.8 Доля возобновляемой энергетики в производстве электроэнергии, 2003 г.
- 4.9 Общемировое производство электроэнергии из возобновляемых источников.
- 4.10 Эффективность и затраты европейских станций на биомассе.
- 4.11 Технологии, необходимые для гидроэнергетики.
- 4.12 Состояние развития технологий использования возобновляемой энергии океана.
- 4.13 Основные ценовые и инвестиционные предположения для возобновляемых источников энергии.
- 4.14 Типы ядерных реакторов.
- 4.15 Мировые запасы урана и тория.
- 4.16 Срок обеспечения ресурсами различных ядерных реакторов.
- 4.17 Примеры инновационных конструкций разрабатываемых реакторов.
- 4.18 Характеристики двигателей Стирлинга и двигателей внутреннего сгорания с когенерацией энергии и тепла.

Глава 5 Технологии и топливо для дорожного транспорта

- 5.1 Рост производства этанола из сахарного тростника.
- 5.2 Технологии бензиновых транспортных средств: состояние дел и перспективы.

- 5.3 Транспортные средства с двигателем на этаноле: состояние дел и перспективы.
- 5.4 Транспортные средства, работающие на различном топливе: состояние дел и перспективы.
- 5.5 Дизельные транспортные средства: состояние дел и перспективы. . . .
- 5.6 Бензиновые гибриды: состояние дел и перспективы.
- 5.7 Дизельные гибриды: состояние дел и перспективы.....

Глава 6 **Промышленность**

- 7.1 Общее потребление энергии для выпуска основной продукции, 2003 г.
- 7.2 Фактическое потребление энергии и практически достижимый минимум в основных процессах выплавки чугуна и стали.
- 7.3 Глобальные перспективы технологий впрыска угля.....
- 7.4 Глобальные перспективы технологий впрыска пластиковых отходов.
- 7.5 Глобальные перспективы технологий улавливания CO₂ в доменном производстве и прямом восстановлении железа.....
- 7.6 Глобальные перспективы технологий плавильных печей.
- 7.7 Глобальные перспективы технологий прямой разливки стали.
- 7.8 Технологии производства цемента и использование различных видов топлива по регионам.....
- 7.9 Глобальные перспективы технологий улучшения характеристик килна.....
- 7.10 Состав различных видов цемента.
- 7.11 Глобальные перспективы технологий цементных смесей и геополимеров.....
- 7.12 Глобальные перспективы технологии улавливания и захоронения CO₂.
- 7.13 Предельная производительность парового крекинга для различных видов сырья.....
- 7.14 Полимеры на основе биосырья, энергосбережение и снижение выбросов CO₂.
- 7.15 Взгляд на глобальные перспективы технологий использования биомассы в качестве сырья и биополимеров... ..
- 7.16 Энергопотребление при производстве аммиака, 2003 г.
- 7.17 Аммиак: потенциал энергосбережения при оптимальной настройке газовых паровых установок.
- 7.18 Энергоэффективность процессов производства хлора.....
- 7.19 Глобальные перспективы мембранных технологий.....
- 7.20 Типичное использование энергии в целлюлозно-бумажном производстве.....
- 7.21 Потребление энергии в целлюлозно-бумажном производстве... ..

- 7.22 Глобальные перспективы технологий газификации черного щелока....
- 7.23 Глобальные перспективы энергоэффективных технологий сушки... . .
- 7.24 Среднее по регионам использование энергии на металлургическом производстве алюминия, 2004 г.....
- 7.25 Средний по регионам расход электроэнергии при производстве первичного алюминия, 2004 г.....
- 7.26 Глобальные перспективы технологий инертных анодов и биполярных ячеек при производстве первичного алюминия.....
- 7.27 Меры по повышению эффективности паровых систем...
- 7.28 Системы когенерации тепла и энергии: сравнение обычных и работающих на топливных элементах.
- 7.29 Глобальные перспективы технологий систем когенерации тепла и энергии....
- 7.30 Глобальные перспективы технологий улавливания CO₂ при сжигании топлива.....
- 7.31 Ценовые оценки развивающихся моторных технологий.....
- 7.32 Глобальные оценки энергоэффективности развивающихся моторных технологий.....
- 7.33 Глобальные перспективы технологий моторных систем.....

Приложение В Предположения о росте ВВП и численности населения

- V.1 Предположения об экономическом росте.
- V.2 Предположения о росте численности населения.

РЕЗЮМЕ: ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОВОДИМОЙ ПОЛИТИКИ

Данная работа является ответом на вопросы, которые были поставлены перед Международным энергетическим агентством (МЭА) лидерами стран «Группы восьми» (G8) на саммите в Глениглсе в июле 2005 г. и чуть раньше – министрами энергетики стран – членов МЭА. МЭА получило задание разработать альтернативные сценарии и стратегии, которые обеспечили бы развитие чистой, эффективной и конкурентоспособной энергетики будущего.

Надежность, безопасность и доступность энергоснабжения – залог стабильного развития экономики. Опасность изменения климата, проблемы с энергетической безопасностью и рост потребностей развивающихся стран являются основными факторами, которые определяют энергетическую политику будущего. Эти вопросы можно решить только путем инновационного развития, путем внедрения новых экономических технологий и повышения эффективности уже имеющихся технологий. В работе «Перспективы энергетических технологий» описывается текущая ситуация и перспективы основных технологий в энергетике. Оценивается их потенциал на период до 2050 г. Также рассмотрены факторы, которые могут мешать внедрению этих технологий, и описываются соответствующие меры по преодолению этих препятствий.

Роль энергетических технологий в период до 2050 г.

.....

Мир отклоняется от пути к устойчивой энергетике будущего. Рекордные цены на нефть вызывают опасения относительно возможности долгосрочного баланса спроса и предложения. За последние десять лет объем выбросов CO₂ увеличился более чем на 20%. Если ситуация будет развиваться так, как описано в базовом сценарии обзора «**Мировая энергетика**» за 2005 г., то выбросы CO₂ и спрос на нефть в течение ближайших 25 лет будут расти еще быстрее (даже с учетом роста эффективности использования энергии и общего технологического прогресса). Взгляд на период после 2030 г. позволяет увидеть, что ситуация будет ухудшаться. Согласно Базовому сценарию, который разработан для настоящего исследования, объем выбросов CO₂ к 2050 г. вырастет в 2,5 раза по сравнению с имеющимся уровнем. Рост объемов перевозок будет увеличивать спрос на нефть. «Углеродоёмкость» мировой экономики также будет расти из-за того, что электроэнергетика будет все больше ориентироваться на использование угля. Особенно это касается электроэнергетики развивающихся стран, которые обладают существенными запасами угля. Также скажется рост использования угля в качестве сырья для производства жидкого топлива.

Эти тенденции можно переломить. Сценарии ускоренного технологического развития (АСТ, *Accelerated Technology*), которые лежат в основе настоящей работы, показывают, что применение существующих или разрабатываемых технологий позволят обеспечить гораздо более оптимистичное будущее для мировой энергетики. Эти сценарии показывают, как можно снизить объемы выбросов CO_2 и вернуть их на нынешний уровень к 2050 г., а также каким образом возможна стабилизация объемов потребления нефти. Сценарии также демонстрируют, что к 2050 г. различные меры по повышению эффективности использования энергии позволят снизить потребление электроэнергии на треть по сравнению с базовым сценарием. Меры по повышению эффективности использования жидких видов топлива позволят сэкономить объем топлива, равный половине мирового потребления нефти в настоящий момент. Это обеспечит компенсацию около 56% роста потребления нефти в базовом сценарии.

Такие характеристики сценариев АСТ обусловлены следующими факторами:

- значительным увеличением эффективности использования энергии на транспорте, в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве;
- значительным снижением производства электроэнергии на основе углеводородного топлива в связи с тем, что генерация все в большей степени будет осуществляться на базе атомной энергетики, возобновляемых источников энергии, природного газа и угля с использованием технологии улавливания и хранения CO_2 (CCS, Carbon Capture and Storage);
- ростом доли биотоплива на автомобильном транспорте.

Тем не менее, даже в сценариях АСТ углеводородное сырье останется основным источником энергии. Объемы потребления нефти, угля (за исключением единственного сценария) и природного газа в 2050 г. будут больше, чем в настоящее время. Таким образом, важную роль будут играть инвестиции в традиционные источники энергии.

Во всех пяти сценариях АСТ предполагается, что спрос на энергетические услуги будет расти высокими темпами, особенно это касается развивающихся стран. Рост спроса на энергетические услуги в развитых и развивающихся странах не будет сталкиваться с препятствиями. Сценарии демонстрируют, что определенные стратегические решения (в том числе стимулирование исследований и разработок, а также меры экономического стимулирования) позволят удовлетворить такой спрос и сохранить приемлемый уровень выбросов CO_2 . Во всех сценариях используются одинаковые решения. Единственная разница между ними – в оценках скорости достижения результатов в области повышения эффективности использования энергии. Сценарии по-разному отвечают на вопросы: как быстро удастся добиться снижения издержек, связанных с внедрением основных технологий (технология сбора и хранения углерода, технологии в области возобновля-

емых ресурсов и атомной энергетики), и как быстро эти технологии станут общедоступными. Шестой сценарий, **TECH Plus**, иллюстрирует последствия более оптимистичных оценок прогресса в области использования возобновляемых ресурсов и ядерной энергии для генерации электроэнергии, а также биотоплива и водородных топливных элементов на транспорте.

Затраты, необходимые для осуществления сценариев АСТ, лежат в пределах возможного, но это потребует значительных частных и государственных инвестиций. После того как все рассматриваемые технологии станут полностью коммерческими, ни для одной из них затраты не составят более 25 долларов США на тонну предотвращенных выбросов CO_2 во всех странах, включая развивающиеся. Для сравнения: это меньше, чем цена тонны CO_2 в европейской системе торговли квотами на выбросы в течение первых четырех месяцев 2006 г. Цена в 25 долларов США за тонну CO_2 приведет к повышению цены на электроэнергию, вырабатываемую на угольных электростанциях, на 0,02 доллара США за кВт/ч и цен на бензин на 0,07 долларов США за литр. При переходе рассматриваемых технологий на коммерческую основу **средние** затраты на сокращение выбросов CO_2 на одну тонну будут менее 25 долларов США. Тем не менее, дополнительные затраты на соответствующую научно-исследовательскую деятельность и на программы по коммерциализации этих технологий в течение следующих нескольких десятилетий могут оказаться значительными. Цена импортируемой нефти упадет из-за того, что сокращение потребления нефти, вызванное высокими ценами, приведет к отказу от использования наиболее дорогих способов ее поставки. Такое падение цен может остаться незамеченным конечными потребителями, так как оно будет компенсировано повышением затрат на продвижение низкоуглеродных технологий.

При анализе развития ситуации в течение следующих 50 лет возникают проблемы, связанные с большой степенью неопределенности. Сценарии АСТ иллюстрируют варианты развития ситуации с более или менее оптимистичными предположениями относительно темпов сокращения затрат, связанных с использованием возобновляемых ресурсов, атомной энергии и технологий CCS в генерирующей отрасли. Тем не менее, несмотря на высокую степень неопределенности, можно с уверенностью сделать **два основных вывода**. Во-первых, существуют такие технологии, которые в течение ближайших 10–50 лет могут в корне изменить ситуацию. Во-вторых, ни одна из этих технологий сама по себе не достаточна для оказания такого влияния. Только использование всего имеющегося спектра технологий может позволить снизить риски и затраты, связанные с неудачами в ходе разработки отдельных технологий. Далее будут описаны основные технологии, использование которых предполагается в сценариях АСТ.

Эффективность использования энергии в промышленном, транспортном и жилищно-коммунальном секторах

Необходимо, чтобы прогресс в области повышения эффективности использования энергии шел все более высокими темпами. Важно переломить тенденцию снижения темпов, которая наблюдается в последнее время в стра-

нах ОЭСР. Сделать это возможно – существует потенциал внедрения более эффективных технологий в промышленном, транспортном и жилищно-коммунальном секторах экономики. В других странах потенциал повышения эффективности еще значительнее, так как растущие экономики обеспечивают множество возможностей для инвестиций в соответствующие технологии.

Во многих странах новые **строения** могут быть на 70% более эффективны по экономии энергии, чем старые постройки. Ряд многообещающих новых технологий, которые могут стимулировать этот процесс, еще не коммерциализирован. Однако большинство соответствующих технологий уже получили широкое использование. Современные окна по теплоизоляционным свойствам в три раза более эффективны, чем старые. Эффективность нового котельного оборудования на газе и мазуте достигает 95%. Эффективные кондиционеры используют на 30–40% меньше энергии, чем модели десятилетней давности. Внедрение систем центрального отопления, тепловых насосов и солнечных батарей также может привести к повышению эффективности использования энергии. Внедрение новых технологий в системах освещения может повысить их экономичность на 30–60%. Существенный прогресс достигнут в области холодильной техники, систем нагрева воды, стиральных и посудомоечных машин. Домашние приборы в выключенном состоянии потребляют до 10% совокупного объема потребления энергии домашними хозяйствами в странах-членах МЭА, но есть технологии, которые могут обеспечить существенное сокращение этого показателя. «Умные» счетчики электроэнергии, малые теплоэлектростанции, топливные элементы и солнечные батареи открывают новые пути для развития энергетики в жилищно-коммунальном секторе.

В **промышленности** также существует огромный потенциал для снижения потребления энергии и сокращения выбросов CO₂. Это: повышение эффективности двигателей, насосов, котельных и систем обогрева, повышение степени утилизации энергии в процессе производства материалов; повышение степени переработки использованных материалов; применение новых процессов и материалов; повышение эффективности использования сырья. Основными источниками выбросов CO₂ в промышленности являются черная и цветная металлургия (26%), производство цемента, стекла и керамики (25%), химическая и нефтехимическая промышленность (18%). Новые технологии, которые смогут обеспечить существенный рост энергетической эффективности и снижение выбросов CO₂ в промышленности, включают: современные мембраны, которые заменят оборудование для дистилляции в нефтехимии; беслитковое литье в металлургии; использование биологического сырья для замены нефти и природного газа в нефтехимии.

Повышение эффективности использования энергии в **транспортном секторе** особенно важно. Именно в этом секторе потребляется существенная доля нефтепродуктов, к тому же для него характерен быстрый рост объемов выбросов CO₂. Экономичность обычных двигателей внутреннего сгорания и дизельных двигателей может быть существенно повышена. Существуют технологии гибридных двигателей и соответствующие разработки в области

дизельных двигателей. Турбокомпрессоры, инжекторные двигатели и современные электронные системы управления могут также привести к повышению экономичности. Использование новых материалов и более компактных двигателей может способствовать снижению веса и повышению экономичности автомобилей. Также к повышению экономичности приводит применение более эффективных вспомогательных систем, в особенности систем кондиционирования воздуха. Неожиданно значительные результаты могут дать и такие простые практические меры, такие как поддержание надлежащего давления в шинах.

Повышение эффективности использования энергии принципиально для обеспечения энергетической безопасности в будущем. Сценарии АСТ предполагают, что повышение эффективности использования энергии в промышленном, транспортном и жилищно-коммунальном секторах к 2050 г. приведет к общему сокращению использования энергии на 17–33% по сравнению с базовым сценарием. Вклад повышения эффективности использования энергии в общее сокращение выбросов CO_2 к 2050 г. составит от 45 до 53% относительно базового сценария. В сценарии, где общее повышение эффективности к 2050 г. составит всего 20% (относительно базового сценария), объем выбросов CO_2 увеличится более чем на 20% по сравнению с прочими сценариями АСТ.

«Чистый» уголь и технологии сбора и хранения CO_2

Технологии сбора и хранения CO_2 (**CCS, Carbon Capture and Storage**) могут существенно снижать объемы выбросов CO_2 в энергетике, промышленности и при производстве синтетических видов топлива. Применение этих технологий может привести к сокращению выбросов CO_2 , связанных с использованием угля и газа в указанных секторах, почти до нулевых объемов. Затраты на внедрение этих технологий высоки, но к 2030 г. они могут составить менее 25 долларов США за тонну CO_2 . Когда появятся технологии, которые позволят использовать собранный CO_2 в целях повышения отдачи нефтеносных пластов, затраты будут меньше, а в некоторых случаях можно будет добиться отрицательных показателей затрат. Однако долгосрочный потенциал использования CO_2 для повышения отдачи нефтеносных пластов невелик по сравнению с потенциалом развития этих технологий в электроэнергетике.

Все отдельные элементы, необходимые для внедрения технологии сбора и хранения CO_2 , имеются, нужно лишь создать полноценную рабочую установку. В случае использования рассматриваемой технологии на угольных электростанциях важно убедиться в том, что конкретная станция является эффективной. Это позволит контролировать затраты, связанные с использованием технологии сбора и хранения CO_2 . Более эффективные технологии сжигания угля также имеются или находятся на последних стадиях разработки. Сюда входят технологии высокотемпературных установок, работающих на угольной пыли, и установки комбинированного цикла производства электроэнергии с газификацией угля.

В сценариях АСТ предполагается, что вклад технологий сбора и хранения CO_2 в снижение объема выбросов CO_2 до 2050 г. составит от 20 до 28% по сравнению с базовым сценарием. «Чистые» технологии использования угля вместе с технологией сбора и хранения CO_2 позволят особенно эффективно бороться с ростом объемов выбросов CO_2 в развивающихся странах, обладающих значительными запасами угля, таких как Китай и Индия. Технология сбора и хранения CO_2 станет незаменимым средством для сокращения объемов выбросов CO_2 в ситуации, когда уголь будет единственным дешевым сырьем для электроэнергетики. Это подтверждается анализом сценария, в котором не учитывается возможность использования данной технологии. В этом сценарии мировое потребление угля будет почти на 30% ниже, чем в сценариях, которые предполагают использование технологии сбора и хранения CO_2 . При этом объемы выбросов CO_2 в данном сценарии будут на 10%–14% выше, чем в других сценариях.

Производство электроэнергии на природном газе

Во всех сценариях АСТ доля газовой генерации энергии считается стабильной и составляет от 23 до 28% в период до 2050 г. Это означает, что объем газовых мощностей удвоится по сравнению с уровнем 2003 г. Несмотря на то, что существуют запасы газа, необходимые для покрытия спроса, на цену газа и надежность его поставок могут повлиять различные факторы. При выработке 1 кВт/ч на природном газе образуется в два раза меньше CO_2 , чем при сжигании угля. В последнее время наблюдается рост эффективности газовых электростанций. Новейшие парогазовые станции обладают КПД около 60%. Более широкое использование подобных технологий может иметь существенное влияние на объемы выбросов CO_2 . Для дальнейшего повышения КПД газовых установок необходимо будет использовать новые материалы, которые способны выдерживать более высокие температуры.

Атомная энергетика

Атомная энергетика непосредственно не связана с выбросами CO_2 . В своем развитии она уже прошла несколько этапов. В 1990-х гг. начался третий этап, для него характерен прогресс в обеспечении безопасности и снижении стоимости технологий. Увеличилась «пассивная безопасность» АЭС. Одиннадцать стран, среди которых есть и страны – члены ОЭСР, объединили свои усилия для перехода к четвертому поколению атомных станций. Расширению строительства АЭС препятствуют три фактора: их высокая стоимость; протесты общественности, связанные с проблемой радиоактивных отходов и аварий на АЭС; опасность использования мирных технологий для разработки атомного оружия. Реакторы четвертого поколения создаются для решения этих проблем.

Если предположить, что указанные проблемы будут разрешены и атомная энергетика получит более широкое распространение, можно ожидать значительного сокращения объемов выбросов CO_2 . Сценарии АСТ полагают, что доля атомной энергетика в мировой электроэнергетике в период до 2050 г. будет составлять от 16 до 19%. Вклад расширения использования АЭС в общее сокращение выбросов CO_2 в период до 2050 г. составит от 6

до 10%. В более пессимистичном сценарии предполагается, что доля атомной энергетики будет составлять лишь 6,7%, так же, как и в базовом сценарии. В более оптимистичном сценарии ТЕСН Plus доля атомной энергетики составит 22,2%.

Производство электроэнергии из возобновляемых источников

В период до 2050 г. использование таких возобновляемых ресурсов, как энергия воды, ветра, солнца и биомассы, для генерации электроэнергии внесет свой вклад в сокращение выбросов CO₂ согласно сценариям АСТ. Этот вклад оценивается в 9–16%. Доля возобновляемых источников в производстве электроэнергии в настоящий момент составляет 18%. К 2050 г. она вырастет до 34%. В сценарии, где себестоимость использования возобновляемых источников не будет существенно снижена, их доля к 2050 г. составит 23%. Напротив, в более оптимистичном сценарии ТЕСН Plus полагается, что доля возобновляемых ресурсов к 2050 г. составит более 35%.

Гидроэнергия является широко распространенным и во многих случаях самым дешевым источником электроэнергии. Существует значительный потенциал расширения использования гидроэнергии, в первую очередь связанный с широким строительством мини-ГЭС. Во всех сценариях АСТ гидроэнергетика остается крупнейшим сектором энергетики, использующим возобновляемые ресурсы.

В последние годы существенно снизилась себестоимость электроэнергии, генерируемой **наземными и морскими ветряными станциями**. Это связано с увеличением размера установок, использованием винтов большей площади и усовершенствованием технологий управления. Себестоимость по-прежнему зависит от местоположения ветряных станций. Наиболее эффективные наземные установки, себестоимость 1 кВт/ч которых составляет около 0,04 доллара США, могут конкурировать с другими источниками электроэнергии. Морские установки более дороги, особенно если они установлены в глубоководных районах. Тем не менее, после 2030 г. должно начаться их коммерческое использование. В районах, где ветровая энергетика станет основным источником энергии, необходимо будет создавать сложные системы передачи и накопления энергии. Это позволит решить проблему перебоев электроснабжения. В сценариях АСТ предполагается, что ветровая энергетика будет развиваться достаточно быстро. Большинство сценариев полагают, что энергия ветра будет вторым наиболее значимым возобновляемым источником электроэнергии после гидроэнергии.

Сжигание **биомассы** для генерации электроэнергии – давно используемая технология. Она является коммерчески привлекательной, если сырье доступно и недорого. Использование небольших объемов биомассы в угольных станциях не требует значительных модификаций оборудования. Это может быть очень выгодно, а также может способствовать снижению выбросов CO₂.

Себестоимость генерации электроэнергии с использованием геотермальных ресурсов существенно снизилась с периода 1970-х гг. Геотермальный

потенциал огромен, но он может быть использован для генерации электроэнергии лишь в нескольких регионах мира. Более распространенным является прямое использование относительно низкотемпературных геотермальных ресурсов для целей центрального отопления. Дальнейшие разработки в этой области могут привести к снижению себестоимости и расширению использования геотермальной энергии.

Фотоэлектрические технологии использования солнечной энергии играют все более заметную роль там, где имеются особо выгодные для них условия. Издержки, связанные с этими технологиями, постоянно снижаются. Технология концентрирующего солнечного коллектора также обладает значительными перспективами. Однако к 2050 г. доля подобных технологий в мировом балансе генерации электроэнергии все же будет менее 2%.

Использование биотоплива и водородных топливных элементов в автомобильном транспорте

Оказалось, что найти альтернативное безуглеродное топливо для транспортного сектора сложнее, чем для энергетики. Этанол, получаемый из растительного сырья, является привлекательным с точки зрения своих топливных качеств. Его обычно смешивают с бензином (10% этанола и 90% бензина). В Бразилии используется смесь, более насыщенная этанолом, причем это не требует серьезных модификаций двигателей. В Бразилии этанол в больших количествах производится из сахарного тростника, и при нынешних ценах на нефть он конкурирует с бензином. В настоящее время существуют технологии производства этанола из растений, богатых крахмалом или сахаром. Ожидается, что появятся технологии производства этанола из биомассы, богатой лигноцеллюлозой. Это одно из наиболее многообещающих направлений исследований в области энергетических технологий.

Возможно, отказ от углеродосодержащих видов топлива в транспортном секторе будет связан с использованием водорода, получаемого из без- или низкоуглеродных источников. Но переход на водород потребует огромных инвестиций в инфраструктуру. Кроме того, несмотря на прогресс, который был достигнут в области водородных технологий, они все еще остаются достаточно дорогими.

Сценарии АСТ предполагают, что вклад расширения использования биотоплива в транспортном секторе в снижение объемов выбросов CO₂ составит около 6%, причем вклад водородных технологий будет небольшим. В сценарии TECH Plus предполагается рост потребления водорода до уровня более 300 млн тонн нефтяного эквивалента к 2050 г. Это будет означать сокращение выбросов CO₂ на 1 500 млн тонн. В сценарии TECH Plus водород и биотопливо будут составлять 35% от всего объема топлива, используемого в транспортном секторе в 2050 г. В то же время в сценариях АСТ этот показатель составляет около 13%, а в базовом сценарии – всего 3%. Это означает, что объемы потребления нефти к 2050 г. снизятся примерно до нынешнего уровня.

После 2050 г.

Если, согласно сценариям АСТ, объемы выбросов CO_2 в 2050 г. вернуться на нынешний уровень, это будет верный путь к стабилизации концентрации CO_2 в атмосфере. Но чтобы добиться стабилизации, объемы выбросов CO_2 должны сокращаться и после 2050 г. во второй половине XXI века. В целом сценарии АСТ показывают, как может быть решена проблема выбросов CO_2 в энергетическом секторе к 2050 г. Решение этой проблемы в транспортном секторе является более сложной задачей, которая потребует еще нескольких десятилетий.

Если принять наиболее смелые допущения относительно скорости технологического развития (сценарий *TECH Plus*), к 2050 г. объемы выбросов CO_2 снизятся по отношению к имеющимся уровням на 16%. Это реальная возможность, однако было бы слишком ненадежно прогнозировать еще более высокие темпы технологического прогресса. Также сценарий *TECH Plus* позволяет проследить тенденции, которые могут стать более явными во второй половине XXI века.

Что необходимо для осуществления сценариев АСТ

Для достижения результатов, описанных в сценариях АСТ, придется проделать огромную хорошо скоординированную работу. Это потребует поддержки со стороны государственного и частного секторов. Необходимо выйти на новый уровень сотрудничества в отношениях развитых и развивающихся стран, государства и бизнеса. Это является безотлагательной задачей. Она должна быть решена, прежде чем будет создана неэффективная инфраструктура высокоуглеродной генерации в энергетике. Решение этой задачи потребует десятилетий и существенных инвестиций. Безусловно, если она будет решена, эффект будет заметен не только для окружающей среды. Меньшее потребление энергии вместе со снижением загрязнения воздуха и уменьшением выбросов CO_2 поможет преодолеть ограничения, которые накладываются на экономический рост соображениями энергообеспечения и экологической безопасности.

Для осуществления сценариев АСТ понадобится изменить то, как энергия производится, как она используется в домах, офисах и в промышленности, а также изменить технологии, используемые в транспортном секторе. В конечном итоге все эти изменения будет осуществлять бизнес. Но рынок сам по себе не всегда способен достигнуть требуемых результатов. В деле поддержки научных разработок и преодоления барьеров на пути внедрения новейших технологий решающая роль принадлежит государству. Таким образом, задача состоит в том, чтобы обеспечить сотрудничество государства, бизнеса и потребителей.

Самое важное – эффективное использование энергии

Повышение эффективности использования энергии является самым дешевым, быстрым и экологичным способом решения проблем, связанных с нехваткой энергии. Повышение эффективности использования энергии снимает необходимость дополнительных инвестиций в энергетику. Многие меры, направленные на повышение эффективности использования энергии, приводят к сокращению издержек, связанных с покупкой энергии. Но в этой области существует ряд проблем, которые необходимо решить. Обычно потребители не располагают достаточной информацией. При покупке машин, домов и домашних приборов немногие думают об их экономичности. Даже менеджмент компаний в процессе принятия решений рассматривает энергоэффективность как вторичный фактор. Существуют способы повышения энергоэффективности, с которыми потребители незнакомы. Производители холодильников, телевизоров и автомобилей не всегда используют все имеющиеся технологии, которые могут повысить экономичность подобной продукции. Для исправления ситуации в этой сфере можно использовать широкий набор мер: информационные кампании, рекомендации для производителей, системы маркировки, стандарты государственных закупок, обязательные стандарты для производителей, налоговые и прочие стимулы.

Государство должно помочь бизнесу и потребителям принять новые технологии и создать соответствующий спрос. Это позволит добиться не меньшего или даже большего уровня качества при меньшей стоимости.

Необходимы четко сформулированные научно-исследовательские программы

Необходимо переломить тенденцию к сокращению бюджетов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в области энергетики, а затем добиваться их увеличения. Необходимо привлечь к этому частные компании. Некоторые компании ведут собственные исследования, но необходимо поддержать и расширить этот процесс. В сфере коммерческих технологий частные компании обладают наилучшими позициями, чтобы приспособлять научные разработки под конкретные запросы рынка.

Тем не менее, научно-исследовательские программы, спонсируемые государством, продолжают играть важную роль. Особенно это касается тех перспективных технологий, которые еще не готовы для коммерческого использования. Бюджеты на НИОКР в странах – членах МЭА меньше, чем во времена энергетического кризиса 1970-х гг., а в последнее время они даже сокращались. Для того чтобы обеспечить осуществление сценариев АСТ, необходимо увеличить государственную поддержку НИОКР. Это особенно важно в таких перспективных сферах, как биотопливо, водородные топливные элементы, технологии хранения энергии и использования возобновляемых ресурсов. Существуют также фундаментальные области науки, которые могут оказать существенное влияние на энергетические технологии в долгосрочной перспективе. К ним относятся исследования в области биотехнологий, нанотехнологий и исследования свойств материалов.

Необходимо внедрение результатов НИОКР

Внедрение результатов научных разработок может оказаться более дорогостоящей фазой, чем сами исследования. Для массового внедрения многих имеющихся на рынке технологий необходима серьезная государственная поддержка. Это касается и некоторых энергетических технологий. Необходимо помочь этим технологиям преодолеть «долину смерти», которая отделяет их от полномасштабной коммерциализации. Опыт показывает, что расширение использования новых технологий можно стимулировать сокращением стоимости внедрения. Это, в свою очередь, является следствием накопления опыта о процессах внедрения. Государственные программы поощрения внедрения новых технологий также могут стимулировать НИОКР в частных компаниях, которые будут уверены, что в будущем для этих технологий появится рынок сбыта.

Потенциально очень важно на коммерческой основе оснащать современные угольные станции системами улавливания и захоронения CO_2 . Если это будет сделано, уголь продолжит играть важную роль в энергетике до 2050 г., причем затраты на создание устойчивой энергетики можно будет существенно сократить. Для стимулирования внедрения технологий CCS необходимо до 2015 г. построить по меньшей мере 10 угольных электростанций, оборудованных такими системами. Каждая из этих станций будет стоить от 500 млн до 1 млрд долларов США. Подобные проекты будут осуществлены, если государство сосредоточится на развитии соответствующих технологий и будет теснее взаимодействовать с бизнесом. Важную роль в этом процессе будет играть участие развивающихся стран с большими запасами угля, например Китая. Аналогичные меры потребуются для выведения на рынок новых технологий в атомной энергетике.

Государство должно обеспечить стабильность регулирования и стимулировать внедрение низкоуглеродных энергетических технологий

Новые энергетические технологии могут быть более дорогими (даже после их выхода на рынок), чем те, которые они призваны заменить. Например, CCS технологии не смогут оказать существенного влияния, если не будет существовать экономических стимулов для сокращения выбросов CO_2 . Сценарии АСТ предполагают, что к 2050 г. затраты на сокращение выбросов CO_2 на одну тонну составят 25 долларов США. Достигнуть такого результата можно различными способами, включая введение международных схем торговли квотами, а также местное финансовое или налоговое регулирование. Соответствующие меры должны быть приняты как в развитых, так и в развивающихся странах. Необходимо координировать эти меры на международном уровне, чтобы избежать «бегства» промышленных предприятий в страны с более мягкими режимами регулирования, что приведет к росту объемов выбросов CO_2 в мире.

Необходимо преодолеть внеэкономические барьеры

Существуют препятствия на пути инноваций, технологического прогресса и внедрения новых технологий, которые по своей природе не являются эконо-

мическими или технологическими. Они могут быть связаны с законодательством в области планирования и лицензирования, недостатками в области образования и здравоохранения, отсутствием координации действий между различными секторами. Для реализации всего потенциала передовых технологий подобные проблемы необходимо решить.

Необходимо сотрудничество развитых и развивающихся стран

В 2050 г. основные объемы энергии будут потребляться в развивающихся странах. Экономика этих стран будет расти, соответственно, будут расти и ее энергоемкие секторы. Развивающиеся страны, таким образом, также столкнутся с проблемами энергетической безопасности и экологическими проблемами. Мировая энергетика должна быть существенно реформирована, чтобы потребности населения развивающихся стран в энергии могли быть удовлетворены, а поставки энергии были гарантированы. Развитые страны должны помочь развивающимся странам преодолеть технологическое отставание, предоставить им необходимые технологии, обеспечить реализацию совместных научных и внедренческих программ. Тогда развивающиеся страны быстро смогут воспользоваться возможностью широкомасштабного тестирования новых технологий, что может привести к сокращению издержек, связанных с внедрением.

Введение	1
Сценарии на период до 2050 г.: производство и потребление энергии, выбросы CO ₂	2
Стратегии развития технологий для устойчивой энергетики будущего	3

Часть **1** **ТЕХНОЛОГИИ И
ЭКОНОМИКА МИРОВОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ ДО 2050 Г.**

Глава 1 ВВЕДЕНИЕ

1

Гарантированные и надежные поставки энергетических ресурсов по доступным ценам – фундамент экономической стабильности и развития. Угроза изменения климата, вопросы энергетической безопасности и рост потребления энергии в развивающихся странах – основные проблемы, стоящие перед лицами, принимающими решения в области энергетики. Для решения этих проблем необходимы инновации и применение новых технологий, лучшее использование существующих технологий.

В настоящей работе анализируются именно эти проблемы. Описываются основные энергетические технологии будущего, их состояние на данный момент и перспективы развития, проблемы, связанные с внедрением, и меры, направленные на преодоление проблем. Также рассматриваются возможные последствия для энергетики будущего.

В «Обзоре мировой энергетики» МЭА (*World Energy Outlook, 2005*) говорится, что если государственная политика в области энергетики не изменится, к 2030 г. объемы выбросов CO_2 вырастут более чем на 50%, а потребление нефти – на 45%. 85% роста мирового спроса на топливо будет удовлетворяться за счет углеводородов. Наибольший вклад в рост выбросов CO_2 и рост потребления электроэнергии вносят развивающиеся страны. Даже в сценарии «Альтернативная стратегия» предполагается, что рост объемов выбросов CO_2 составит 28%.

Мировые лидеры рассмотрели подобные прогнозы и пришли к выводу, что для достижения общих целей в области энергетической безопасности, экономического роста и экологии необходимо найти новые пути развития.

На саммите в Глениглсе (Великобритания) в июле 2005 г. лидеры «Восьмерки» (G8) сформулировали следующее решение по рассматриваемым вопросам: «Мы должны незамедлительно начать действовать, чтобы достичь общих целей в области сокращения выбросов парниковых газов, улучшения экологической ситуации, повышения энергетической безопасности, прекращения загрязнения воздуха в тесной связи с нашими решительными действиями по преодолению бедности».

В коммюнике встречи министров стран – членов МЭА, которая состоялась в мае 2005 г., также рассматривается вопрос поиска пути дальнейшего развития энергетики. В коммюнике говорится: «Мы можем достичь и достигнем стабильности в области энергетической безопасности путем решительных действий, направленных на ограничение роста нашей зависимости от импорта энергетических ресурсов в условиях их сокращения; на снижение зависимости экономики от высоких и нестабильных цен на энергию, в том числе за счет повышения эффективности использования энергии; на снижение экологического ущерба от роста использования углеводородов».

Эти проблемы, выделенные G8 и МЭА в качестве основных, также стали приоритетными и для других групп и организаций. Новейшие технологии могут играть решающую роль в снижении потребления энергии, стимулировании экономического роста, снижении выбросов парниковых газов и в повышении энергетической безопасности.

В данной книге рассматриваются проблемы, указанные в коммюнике министров стран – членов МЭА. Также эта работа является составной частью ответа МЭА на просьбу лидеров G8 «дать совет по альтернативным сценариям и стратегиям развития энергетики, целью которых являлось бы повышение экологичности, технологичности и конкурентоспособности энергетики». Цель нашей работы – описать соответствующие стратегии и меры для политиков, официальных лиц, всех, кто заинтересован в развитии новейших энергетических технологий.

Обзор технологий основан на данных МЭА, собранных в процессе сотрудничества со многими международными энергетическими организациями. Более чем 5 000 экспертов из 39 стран участвуют в работе Комитета по энергетическим исследованиям и технологиям МЭА (КЭИТ), его рабочих органов, а также в соответствии с 40 Рабочими соглашениями (IA, Implementing Agreements). Все они в той или иной мере внесли свой вклад в создание этой книги. Описание сети экспертов содержится в Приложении А.

Задачи настоящей работы состоят в следующем:

- рассмотреть и оценить текущее состояние и перспективы развития основных энергетических технологий в электроэнергетическом, транспортном, жилищно-коммунальном и промышленном секторах;
- при помощи сценарного анализа рассмотреть возможный вклад этих технологий в повышение энергетической безопасности и повышение экологичности производства и использования энергии;
- описать стратегии применения этих технологий на практике.

Книга состоит из двух основных частей.

Часть I: Технологии и экономика мировой энергетики до 2050 г. В Главе 2 описаны сценарии развития до 2050 г.: пять сценариев ускоренного технологического развития (АСТ), в которых рассматривается потенциал энергетических технологий и передовых решений, направленных на сокращение потребления энергии, сокращение выбросов парниковых газов и диверсификацию источников энергии. В этих сценариях описано влияние широкого спектра мер, направленных на преодоление препятствий, стоящих на пути внедрения технологий. В шестом сценарии (TECH Plus) проанализированы последствия более оптимистичных предположений относительно развития и внедрения некоторых технологий. В Главе 3 описаны стратегии использо-

вания передовых энергетических технологий для достижения стабильности в области энергетической безопасности.

Часть II: Текущее состояние и прогноз развития энергетических технологий. В этой части описано современное состояние и перспективы развития основных энергетических технологий. Отдельные главы посвящены электроэнергетике, промышленности, транспортному сектору, жилищно-коммунальному и бытовому секторам. Описан потенциал этих технологий и связанные с ними издержки, а также препятствия, стоящие на пути полномасштабного внедрения технологий.

Глава 2 **СЦЕНАРИИ НА ПЕРИОД ДО 2050 Г.: ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ, ВЫБРОСЫ CO₂**

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Без новых стратегических решений в области энергетики общее потребление энергии и объемы выбросов CO₂ к 2050 г. вырастут более чем в два раза.

- В Базовом сценарии ожидается быстрый рост выбросов CO₂, цен на нефть и газ, а также обострение проблем энергетической безопасности, связанное с увеличением импорта. Потребление энергии вырастет более чем в 2 раза, объемы выбросов CO₂ вырастут на 137% (с 24,5 млрд тонн в 2003 г. до 58 млрд тонн в 2050 г). Основной вклад в рост этих показателей внесут развивающиеся страны.
- В 2050 г. будет потребляться почти в 3 раза больше угля, чем в 2003 г.; потребление газа вырастет на 138%, а нефти – на 65%. Углеродоемкость мировой экономики вырастет из-за роста доли угольных электростанций и из-за расширения использования угля при производстве жидких видов топлива для транспорта.

Энергетические технологии могут направить энергетику на более устойчивый путь развития.

- Пять сценариев ускоренного технологического развития (АСТ) показывают, каким образом использование уже существующих технологий может способствовать возвращению к 2050 г. выбросов CO₂ на нынешний уровень.
- По сценариям АСТ эффект достигается за счет значительного повышения эффективности использования энергии в транспортном, промышленном и жилищно-коммунальном секторах, значительного снижения доли углеводородов в электроэнергетике, перехода к использованию атомной энергии, возобновляемых источников энергии, природного газа и угля (при условии применения технологий сбора и хранения CO₂ – CCS), а также использования биотоплива на транспорте.
- Тем не менее, к 2050 г. доля углеводородов в мировой энергетике будет составлять от 66 до 71%. Потребление нефти, угля (кроме сценария, исключая CCS) и природного газа в 2050 г. будет иметь большие объемы, чем сейчас. Таким образом, сохранится необходимость инвестиций в традиционные источники энергии.
- Вклад повышения эффективности использования энергии в сокращение выбросов CO₂ в сценариях АСТ составит от 31 до 53%; вклад технологий

сбора и хранения CO_2 – от 20 до 28% (в тех сценариях, где такая технология предусмотрена); доля изменения топливной базы – от 11 до 16%; доля использования возобновляемых источников энергии – от 5 до 16%; атомной энергетики – от 2 до 10%; биотоплива на транспорте – около 6%; прочих мер – от 1 до 3%.

- Сценарии АСТ демонстрируют, что к 2050 г. повышение эффективности использования энергии может привести к сокращению ее потребления на 24% по сравнению с базовым сценарием. Потребление электроэнергии по отношению к базовому уровню сократится на треть. Это будет означать замедление роста потребления электроэнергии в период 2003–2050 гг. в 2 раза. В результате экономия нефти составит более половины объема, потребляемого в настоящий момент. Снижение роста потребления нефти составит 56% по сравнению с Базовым сценарием. Рост потребления нефти будет сдерживаться повышением эффективности использования энергии, расширением использования биотоплива в транспортном секторе, переходом на иные виды топлива в жилищно-коммунальном и промышленном секторах.
- В сценарии «Технологии плюс» (TECH Plus) принимаются более оптимистичные предположения о прогрессе в использовании возобновляемых источников и атомной энергии, биотоплива и водородных топливных элементов. Предполагается сокращение объемов выбросов CO_2 к 2050 г. на 16% по отношению к нынешним уровням. К 2050 г. 34% потребления энергии в транспортном секторе будет удовлетворяться за счет биотоплива и водорода, что приведет к снижению потребления нефти до нынешних уровней.

После 2050 г.

- Как показано в сценариях АСТ, к 2050 г. объемы выбросов CO_2 сократятся до нынешних уровней. Это будет важным шагом к стабилизации концентрации CO_2 в атмосфере. Тем не менее, сокращение объемов выбросов CO_2 должно продолжиться и во второй половине столетия. В сценариях АСТ показано, как к 2050 г. можно добиться резкого сокращения углеродоемкости электроэнергетики. В транспортном секторе достигнуть этого будет сложнее, в основном это станет задачей следующего периода. Сценарий TECH Plus позволяет проследить тенденции, которые могут стать более явными во второй половине XXI века.

Сценарии ускоренного технологического развития (АСТ) и TECH Plus

Согласно базовому сценарию «Обзора мировой энергетики» (WEO 2005), где рассматривается, что будет, если не менять глобальную энергетическую и климатическую политику, выбросы CO₂ вырастут с 24,5 млрд тонн в 2003 г. до 37,4 млрд тонн в 2030 г. В альтернативном сценарии той же работы анализируется потенциал введения новой политики и мер, призванных разрешить проблемы энергетической безопасности и экологии. В этом сценарии объемы выбросов CO₂ к 2030 г. будут на 16% меньше, чем в базовом сценарии. Тем не менее, они будут на 28% выше нынешних. Несмотря на то, что рост потребления нефти и газа будет идти более медленными темпами, зависимость от импорта в основных странах-импортерах к 2030 г. даже вырастет. Рост CO₂ в базовом сценарии будет неприемлемым, а улучшения, связанные с альтернативным сценарием, будут недостаточными для глобального устойчивого развития.

В сценариях ускоренного технологического развития анализируется потенциал энергетических технологий и мер, направленных на сокращение потребления энергии и выбросов CO₂, а также на диверсификацию источников энергии. В этих сценариях рассматриваются технологии, которые применяются уже сейчас или станут коммерчески выгодными в ближайшие 20 лет.

Сценарии АСТ иллюстрируют последствия различных стратегических мер, направленных на борьбу с препятствиями, стоящими на пути внедрения таких технологий. Государственный и частный секторы должны играть свою роль в деле создания и распространения технологий. В дополнение к сценариям АСТ рассматривается и более оптимистичный сценарий – «Технологии плюс» (TECH Plus).

Повышение скорости внедрения более «чистых» технологий в сценариях АСТ происходит в результате следующих мер:

- поддержка НИОКР в области энергетических технологий, для коммерциализации которых необходимо снижение издержек;
- демонстрационных программ, показывающих, что энергетические технологии могут работать в коммерческих масштабах при соответствующих условиях;
- программ внедрения для тех технологий, которые еще не являются конкурентными с точки зрения стоимости, но для которых ожидается существенное снижение стоимости внедрения за счет эффекта «обучения в процессе внедрения». Эти программы могут быть завершены, когда технологии станут конкурентоспособными по стоимости;

- стимулирования сокращения выбросов CO₂ путем внедрения низкоуглеродных технологий. Предполагается, что в сценариях АСТ будут применены меры, которые позволят снизить затраты на сокращение выбросов CO₂ на одну тонну до 25 долларов США. Согласно сценариям АСТ с 2030 г. такие меры будут действовать во всех странах, включая развивающиеся. Эти меры могут принимать различные формы, например регулирование, ценообразование, налоговые «каникулы», добровольные программы, субсидии или схемы торговли квотами;
- стратегических мер для преодоления препятствий на пути коммерциализации, что может считаться внеэкономическим регулированием. Сюда входит введение стандартов и правил, систем маркировок, проведение информационных кампаний и аудита использования энергии. Эти меры могут сыграть важную роль в ускорении внедрения эффективных технологий использования энергии в жилищно-коммунальном¹ и транспортном секторах, а также в тех секторах промышленности, где затраты на энергию относительно невелики в сравнении с прочими издержками.

В настоящем исследовании анализируются пять различных сценариев АСТ. В каждом из них один и тот же набор мер, а различие заключается в темпах прогресса в преодолении технологических барьеров, сокращении издержек и завоевании технологиями общего признания. Различные сценарии АСТ отличаются друг от друга одной из четырех областей деятельности: (1) прогресс в сокращении стоимости использования возобновляемых источников энергии для производства энергии; (2) ограничения на развитие атомной энергетики; (3) риск того, что технологии сбора и хранения CO₂ (CCS) не станут коммерческими к 2050 г.; (4) действенность политики и мер по стимулированию применения энергосберегающих и энергоэффективных технологий.

Рассматриваемые сценарии не являются попыткой прогноза будущего (даже при условии, что описанные меры будут реализованы). Сценарии лишь иллюстрируют последствия реализации потенциала имеющихся технологий и тех, которые появятся в ближайшем будущем. Эти сценарии призваны определить предметное поле дискуссий и облегчить планирование, обрисовав перспективы технологического развития. Реальные результаты будут зависеть от множества факторов, и их невозможно предсказать. В частности, это успешность исследовательских и внедренческих программ, программ сокращения затрат и маркетинговых мер.

Ниже дается описание каждого из пяти сценариев АСТ. Кроме того, будет рассмотрен более амбициозный сценарий TESH Plus, в котором предполагается более быстрый темп развития и коммерциализации ряда технологий.

Сценарий АСТ Мар

Сценарий АСТ Мар – самый оптимистичный вариант, где все четыре из указанных выше областей деятельности успешно развиваются. В свете имею-

¹ Рассматриваются как сектор коммерческой, так и сектор жилой недвижимости.

щихся знаний о различных технологиях и опыта технологического прогресса допущения, принятые в этом сценарии, совершенно реалистичны. Тем не менее, в каждой из четырех областей деятельности имеются свои неопределенности. Другие сценарии АСТ базируются на АСТ Мар и отличаются от него меньшими успехами в одной из четырех областей. Ниже приведены основные характеристики сценария АСТ Мар;

препятствия на пути технологий сбора и хранения CO_2 преодолены, но их стоимость остается высокой;

- благодаря эффекту «обучения в процессе внедрения» снижается стоимость технологий использования возобновляемых ресурсов (ветер, солнечная энергия);
- расширяется использование атомной энергетики, так как постепенно решаются проблемы, связанные с утилизацией отходов и ограничением распространения ядерного оружия;
- прогресс в области эффективного использования энергии в транспортном, жилищно-коммунальном и промышленном секторах стимулируется принятием ряда стратегических мер;
- в транспортном секторе биотопливо активно конкурирует с нефтепродуктами. Цены на биотопливо снижаются, так как становятся доступными технологии его получения из лигноцеллюлозы, растут урожаи, происходит реструктуризация сельского хозяйства;
- значительный прогресс в снижении стоимости технологий использования водородных топливных элементов на транспорте. В данном сценарии пока предполагается, что цена высока и эти технологии не будут играть решающей роли.

Сценарий АСТ «Низкая доля возобновляемых источников»

В этом сценарии анализируется влияние медленных темпов снижения стоимости технологий ветровой и солнечной энергии. Предполагается, что стоимость этих технологий будет снижаться медленнее, чем в сценарии АСТ Мар.

Сценарий АСТ «Низкая доля атомной энергетики»

В этом сценарии рассматривается вариант меньшего использования атомной энергии из-за общественного протеста, нерешенных проблем утилизации отходов и использования мирных технологий для создания ядерного оружия.

Сценарий АСТ «Без технологий CCS»

В этом сценарии рассматриваются последствия отсутствия прогресса в области технологий сбора и хранения CO_2 и, соответственно, отсутствия их коммерциализации.

Сценарий АСТ «Низкая эффективность»

В этом сценарии полагается, что действенность политики и мер по повышению энергоэффективности и энергосбережению будет ниже, чем в сценарии АСТ Мар. В среднем в год будет экономиться на 0,3% менее энергии, чем по АСТ Мар. Предполагается, что набор технологий не изменится, но их доли и, соответственно, доли различных источников энергии будут отличаться.

TECH Plus

В сценарии TECH Plus принимаются более оптимистичные допущения о прогрессе в развитии технологий. Этот сценарий является несколько идеалистичным, так как темпы преодоления технологических и экономических препятствий полагаются более высокими, чем в сценариях АСТ.

Данный сценарий предполагает, что благодаря НИОКР, «обучению в процессе внедрения» и другим факторам будет достигнуто существенное снижение стоимости технологий. В то же время будут реализованы все стратегические меры, предполагаемые в сценариях АСТ. Особенно существенное снижение цены ожидается по топливным элементам, возобновляемым источникам энергии для производства электроэнергии, а также для атомной энергетики и биотоплива. В этом сценарии к 2050 г. предполагается увеличение доли атомной энергетики и возобновляемых источников энергии, а также расширение доли транспортных средств на водородных топливных элементах (FCVs, Fuel Cell Vehicles). Использование различных типов растительного сырья для получения этанола приведет к скорейшей коммерциализации соответствующих технологий (в особенности это касается получения этанола из лигноцеллюлозы). В этом сценарии полагается, что государственная политика в энергетической и аграрной сферах, а также государственная поддержка всемирной торговли биотопливом будет способствовать расширению использования этого вида ресурсов.

Таблица 2.1 ► Обзор характеристик сценариев АСТ и TECH Plus

Сценарии	Технологии					
	Возобновляемые источники	Атомная энергетика	CCS	Водородные топливные элементы	Современное биотопливо	Эффективность использования энергии
Мар						
«Низкая доля возобновляемых источников»	Пессимистично					
«Низкая доля атомной энергетики»		Пессимистично				
«Без технологий сбора и хранения CO ₂ »			Нет CCS			
«Низкая эффективность»						Пессимистично
TECH Plus	Оптимистично	Оптимистично		Оптимистично	Оптимистично	

Врезка 2.1 Базовый сценарий «Перспективы энергетических технологий»

Базовый сценарий «Перспективы энергетических технологий» (ETP) был представлен в докладе «Обзор мировой энергетики» (WEO, 2005). Он охватывает период с 2030 по 2050 г. В этом сценарии оценивается прогресс в эффективности использования энергии в условиях существующей государственной энергетической политики. Из-за особенностей длительного жизненного цикла энергетических объектов эта политика будет сохранять актуальность и после 2030 г. Срок эксплуатации электростанций составляет более 40 лет, здания и сооружения могут служить 60–100 лет. После 2030 г. на развитие технологий будут оказывать влияние такие факторы, как повышающиеся цены на нефть и газ. Цены на энергию повлияют и на эффективность использования энергии, и на структуру потребления различных видов топлива. В базовом сценарии предполагается, что в 2030 г. нефть будет стоить 39 долларов США за баррель (по курсу 2004 г.), а в 2050 г. – 60 долларов за баррель. В такой ситуации значительную роль будут играть такие источники жидких видов топлива, как нефтеносные пески, газ и уголь. Еще одним важным фактором, который повлияет на потребление топлива, будет изменение модели экономического развития после 2030 г. Это связано с замедлением роста численности населения и «взрослением» экономики в развивающихся странах.

Сценарии АСТ и TECH Plus основаны на тех же макроэкономических допущениях, что и базовый сценарий (см. Врезку 2.1). Ожидается, что мировая экономика будет расти на 2,9% в год в период 2003–2050 гг. Рост дохода на душу населения составит в среднем 2% в год: от 1% в год на Ближнем Востоке до 4,3% в год в Китае.

Цены на энергию в сценариях АСТ и TECH Plus будут определяться в зависимости от баланса спроса и предложения. В данной работе анализируется баланс между доступностью энергетических ресурсов, уровнем развития технологий, спросом на энергию и ценами на энергию (см. Врезку 2.2). Для расчета базового сценария, сценариев АСТ и TECH Plus используются одинаковые показатели потребления энергии. Таким образом, мы не учитываем снижения объемов потребления энергии, например, вследствие понижения или повышения стандартов средней температуры в помещениях или ограничений на пользование личным транспортом.

Изменение выбросов CO₂

При отсутствии новой политики и мер в энергетике глобальные выбросы CO₂ будут расти быстрыми темпами (Рисунок 2.1). В базовом сценарии «Обзора мировой энергетики» (WEO, 2005) предполагается, что объем выбросов CO₂ вырастет с 24,5 млрд тонн в 2003 г. до 37,4 млрд тонн в 2030 г. В базовом сценарии ETP – «Перспективы энергетических технологий» предполагается, что к 2050 г. объемы выбросов CO₂ составят 58 млрд тонн. Таким образом, рост выбросов CO₂ в период 2003–2050 гг. составит 137%. В основном это

Врезка 2.2 Модель МЭА «Перспективы энергетических технологий»

Сценарии АСТ основаны на модели МЭА «Перспективы энергетических технологий» (ETP). Эта модель разделяет мир на 15 регионов и позволяет анализировать возможные топливные и технологические решения в энергетике – от стадии добычи ресурсов до стадии генерации электроэнергии и ее конечного потребления. В модели учитывается более 1 000 отдельных технологий.

Модель ETP относится к семейству моделей MARKAL (Fishbone and Abilock, 1981). Модели MARKAL разрабатывались в течение последних 30 лет в рамках Программы анализа энергетических систем и технологий (ETSAP) по одному из соглашений МЭА о партнерстве (ETSAP, 2003). В модели ETP-MARKAL используется метод оптимизации затрат, который позволяет определить оптимальный баланс различных видов топливных ресурсов, необходимый для удовлетворения существующего спроса, а также учесть ограничения на доступность ресурсов.

Для целей настоящего исследования модель ETP была дополнена подробными моделями потребления энергии в промышленности, жилищно-коммунальном и транспортном секторах. Эти модели позволяют оценить последствия мер, напрямую не влияющих на ценообразование. Они явным образом учитывают оборот капитала и позволяют учесть эффект проникновения на рынок новых технологий.

будет связано с ростом доли угля в структуре потребляемого топлива². В развивающихся странах с большими запасами угля уголь будет использоваться для генерации электроэнергии и производства жидкого топлива.

В базовом сценарии предполагается увеличение спроса на нефть в 2003–2050 гг. на 93%: с 3 646 млн тонн нефтяного эквивалента (млн т н.э.) до 7 027 млн т н.э. Это приведет к повышенной нагрузке на системы поставки нефти³. Потребление газа вырастет на 138%, с 2 244 млн т н.э. в 2003 г. до 5 349 млн т н.э. в 2050 г. Потребление угля вырастет на 192%, с 2 584 млн т н.э. в 2003 г. до 7 532 млн т н.э. в 2050 г.

Эти тенденции могут быть компенсированы использованием передовых технологий и введением различных регулирующих мер. Сценарии АСТ показывают, что в течение следующих 50 лет можно решить ряд ключевых проблем энергетики путем ускоренной коммерциализации имеющихся технологий. В этих сценариях будет значительное сокращение объемов выбросов CO₂. В сценарии АСТ Мар возврат на нынешний уровень выбросов произойдет к 2050 г. (будет на 6% больше, чем в 2003 г.)⁴. В остальных четырех сценариях АСТ рост выбросов CO₂ составит от 9 до 27% относительно уровня 2003 г. (Рисунок 2.1).

Только в сценарии TECH Plus уровень выбросов CO₂ в 2050 г. будет ниже, чем в 2003 г. В этом сценарии предполагается, что затраты на внедрение

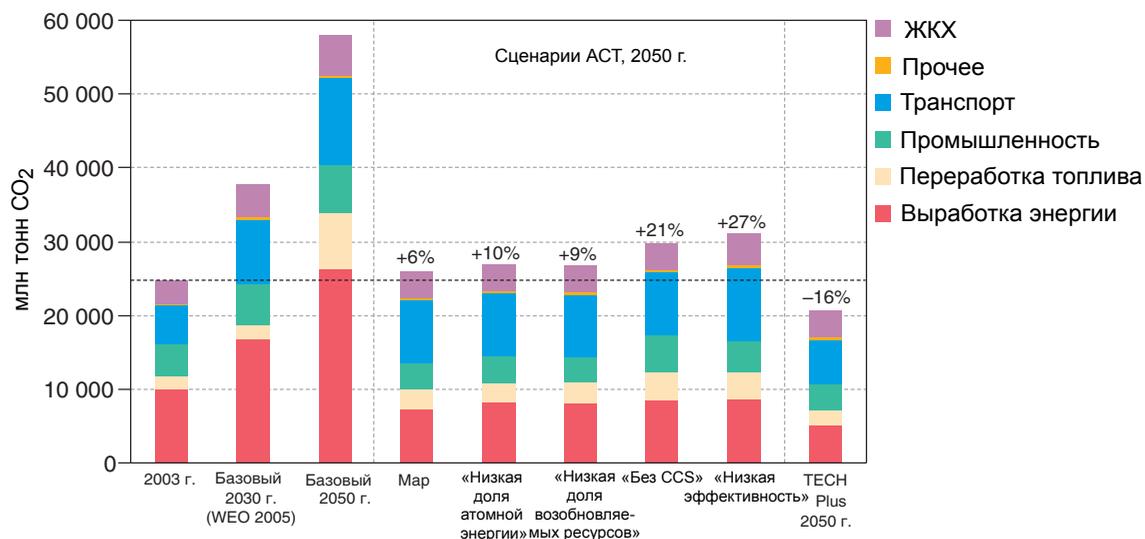
² Предполагается минимальный уровень использования CCS в базовом сценарии.

³ Учитываются традиционные и нетрадиционные источники нефти, а также синтетическое топливо из угля и газа.

⁴ На момент публикации настоящего исследования МЭА располагала детальной статистикой выбросов CO₂ за 2003 г. Согласно неофициальному прогнозу МЭА объемы выбросов CO₂ в 2003–2005 гг. повысятся на 8%, таким образом, в сценарии АСТ Мар выбросы сократятся до уровня 2005 г.

новых технологий (использование возобновляемых источников энергии, атомная энергетика, водородные топливные элементы, производство этанола из лигноцеллюлозы) будут сокращаться более высокими темпами. Следовательно, эти технологии будут внедряться быстрее. Также в этом сценарии предполагается существенное расширение использования водорода. В результате выбросы CO_2 к 2050 г. будут на 21% меньше, чем по АСТ Мар, и на 16% меньше, чем в 2003 г.

Рисунок 2.1 ► Глобальные выбросы CO_2 в Базовом сценарии, сценариях АСТ и *TECH Plus*



Важный вывод:

Объемы выбросов CO_2 можно вернуть к нынешнему уровню, если использовать весь комплекс имеющихся технологий.

Во всех сценариях АСТ (за исключением «Низкая эффективность») предполагается значительное повышение энергетической безопасности. Уровень потребления нефти в сценариях АСТ к 2050 г. будет на 27% ниже, чем в базовом сценарии (в сценарии «Низкая эффективность» – на 20% ниже). Объемы потребления нефти в сценарии Мар в 2050 г. составят 5 126 млн т н.э. (на 27% меньше, чем в базовом сценарии, но на 41% больше, чем в 2003 г.). В базовом сценарии в 2050 г. объемы потребления газа составят 5 349 млн т н.э., в сценариях АСТ – от 3 746 млн т н.э. до 4 513 млн т н.э. В сценарии Мар к 2050 г. будет потребляться на 30% меньше газа, чем в базовом сценарии, а в сценарии «Низкая эффективность» – на 16% меньше. Объемы потребления угля в базовом сценарии к 2050 г. составят 7 532 млн т н.э., в сценариях АСТ – на 55–72% меньше. В сценарии «Без CCS» этот показатель составит 2 111 млн т н.э., а в сценарии «Низкая эффективность» – 3 417 млн т н.э.

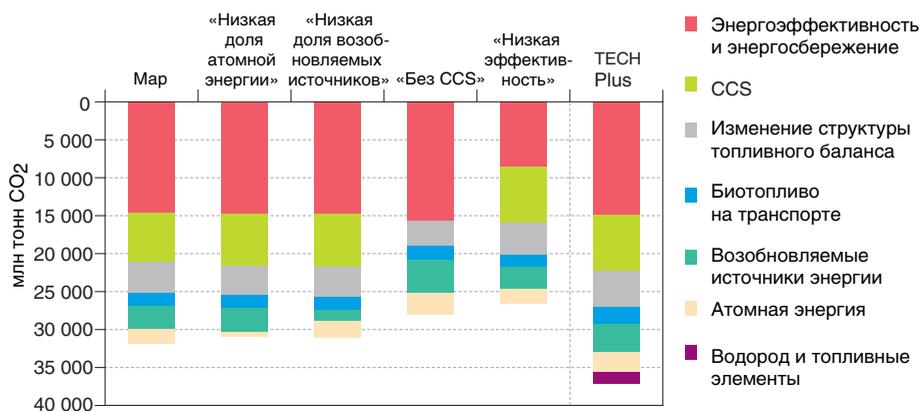
В сценарии TECH Plus прогнозы энергетической безопасности еще более оптимистичны. Предполагается, что потребление нефти в 2050 г. составит 4 135 млн т н.э., что лишь на 13% выше, чем в 2003 г., и на 41% ниже, чем в базовом сценарии. Потребление газа в 2050 г. составит 3 697 млн т н.э., что на 31% ниже, чем в базовом сценарии. Потребление газа в 2050 г. составит 2 655 млн т н.э., что на 65% ниже, чем в базовом сценарии.

Сокращение выбросов CO₂: основные факторы⁵

Эффективность использования энергии конечными пользователями

Основной вклад в сокращение выбросов CO₂ в сценариях АСТ внесет повышение эффективности использования энергии конечными пользователями – энергосбережение (Рисунки 2.2 и 2.3). Этот вклад оценивается в 45–53% (Таблица 2.2). В сценарии «Низкая эффективность» он оценивается в 31%.

Рисунок 2.2 ▶ Основные факторы сокращения выбросов CO₂ в сценариях АСТ и TECH Plus (сокращение относительно Базового сценария к 2050)⁶



Важный вывод:

Основным фактором сокращения выбросов CO₂ будет повышение эффективности использования энергии (53% общего сокращения выбросов CO₂).

⁵ При расчете вклада различных факторов влияние экономии электроэнергии было учтено в параметрах потребления энергии конечными пользователями (на основании данных о выбросах CO₂ электростанциями за 2003 г.). Это означает, что на повышение эффективности использования энергии не окажет прямое влияние сокращение удельных выбросов CO₂ в электроэнергетике в период 2003–2050 гг. Снижение удельных выбросов учтено в «производстве энергии» (см. Рисунки 2.2 и 2.3, Таблицу 2.2.) Аналогичным образом сокращение выбросов от «переработки топлива», связанное с меньшей выработкой углеродоемкого жидкого топлива из угля и газа, учтено как расширение использования биотоплива и повышение эффективности на транспорте.

⁶ Категория «структура топливного баланса» включает сокращение выбросов CO₂, связанное с изменением долей различных видов топлива, используемого для производства энергии, в промышленности и в жилищно-коммунальном секторе. Значительная часть такого сокращения связана с заменой угля газом и возобновляемыми источниками энергии, а также расширением использования электроэнергии, генерируемой менее углеродоемкими способами. Категория «энергоэффективность и энергосбережение» включает повышение эффективности использования топлива и энергии в процессе ее производства, в промышленности и в жилищно-коммунальном секторе. Категория «водород и топливные элементы» включает и использование водородных топливных элементов конечными потребителями.

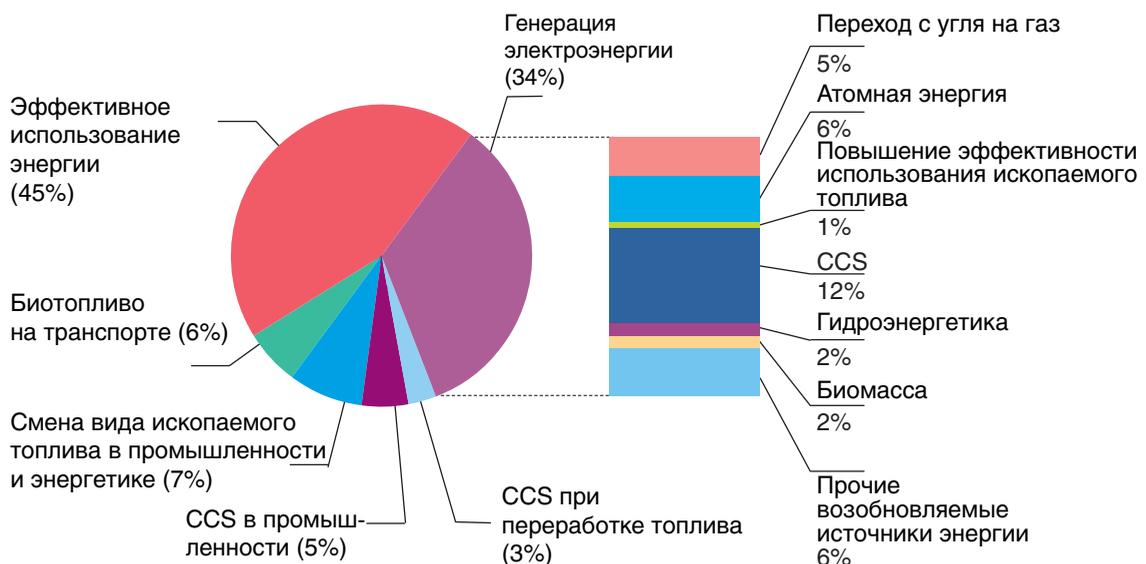
В сценарии Mar объем конечного потребления энергии в 2050 г. будет на 3 280 млн т н.э. (23%) меньше, чем в базовом сценарии. Доли различных секторов в этом снижении таковы: 24% – промышленность, 23% – транспортный сектор, 18% – сектор услуг, 34% – жилищный сектор.

В сценарии TECH Plus предполагается, что вклад энергосбережения конечными потребителями в общее сокращение выбросов CO₂ составит 39%. По абсолютной величине снижение выбросов за счет энергосбережения будет больше, чем по сценарию Mar. Кроме того, в TECH Plus использование водородных топливных элементов даст еще 2% снижения выбросов.

Генерация электроэнергии

Вклад перехода с угля на газ в общем сокращении выбросов CO₂ относительно базового сценария составит 5–7%, в то время как вклад общего повышения эффективности генерации составит дополнительно 1–3% (в зависимости от сценария)⁷. Во всех сценариях (кроме сценария «Низкая доля атомной энергетики») существенную роль в сокращении выбросов будет играть атомная энергетика. Ее вклад в сокращение выбросов составит от 6% (Mar) до 10% («Без CCS»). Вклад использования возобновляемых источников энергии составит 9% (Mar) или 16% («Без CCS»). В сценарии «Низкая доля возобновляемых источников энергии» этот показатель составит лишь 5%.

Рисунок 2.3 ► Сокращение выбросов CO₂ в сценарии Mar (доли технологий в сокращении выбросов относительно базового сценария в 2050 г.)



Важный вывод:

Повышение эффективности технологий конечного потребления энергии дает 45% общего сокращения выбросов CO₂.

⁷ При этом сократится энергоэффективность, что связано с дополнительными затратами энергии на CCS.

Выбор определенного топлива в энергетике будет основан преимущественно на экономических соображениях, но на него будут также оказывать влияние и иные факторы. В целом технологии будут выбираться на основании данных о связанных с ними капитальных, операционных и топливных затратах. Будут также приниматься во внимание соображения доступности капитала и особенности режима землепользования. Это может привести к повышению затрат на определенные технологии в ряде регионов мира.

Сбор и хранение CO₂

Вклад технологии сбора и хранения CO₂ в промышленности, энергетике и при переработке топлива составит от 20 до 28% общего объема сокращения выбросов CO₂ (за исключением сценария «Без CCS»). При этом вклад применения CCS на заводах по производству жидкого топлива из газа и угля, на нефтехимических заводах и при производстве водорода составит от 3 до 5% общего объема сокращения выбросов CO₂ (в зависимости от сценария), в промышленности – от 4 до 6%. Наибольший потенциал низкзатратная технология CCS имеет в энергетике, где вклад от ее внедрения составит от 12 до 18% общего объема сокращения выбросов CO₂.

Переход на другие виды топлива для конечных потребителей

Переход на менее углеродоемкое топливо в промышленности и в жилищно-коммунальном секторе обеспечит от 6 до 10% общего объема сокращения выбросов CO₂ (в зависимости от сценария). В сценарии Мар доля угля в промышленности в 2050 г. будет составлять 9%, что на 2 процентных пункта меньше, чем в базовом сценарии. Доля угля в жилищно-коммунальном секторе останется неизменной (около 1%). Доля нефти в промышленности к 2050 г. сократится с 25% (базовый сценарий) до 19% (Мар), но в жилищно-коммунальном секторе она останется неизменной. В 2050 г. доля газа в промышленности вырастет с 25% (базовый сценарий) до 32% (Мар).

Доля электроэнергии в конечном потреблении вырастет с 16% в 2003 г. до 21% в 2050 г. (Мар), несмотря на значительный рост эффективности использования энергии. Это будет связано с увеличением количества используемых электроприборов. Также электроэнергия будет использоваться как замена ископаемого топлива, в частности для обогрева, а также в тех странах, где электроэнергетика менее углеродоемка.

В 2050 г. доля возобновляемых источников энергии в промышленности вырастет с 8% (базовый сценарий) до 12% (Мар). В жилищно-коммунальном секторе она вырастет с 15 до 18%. В основном это будет связано с расширением использования систем обогрева воды, работающих на солнечной энергии. Повышение эффективности использования биомассы, особенно в развивающихся странах (в сценариях АСТ), позволит удовлетворить растущий спрос, не увеличивая необходимые для этого объемы биомассы.

Биотопливо, водород, топливные элементы

Биотопливо и топливные элементы станут теми альтернативами, которые будут способствовать снижению углеродоемкости в транспортном секторе.

Во всех сценариях АСТ предполагается, что вклад использования биотоплива в сокращение выбросов CO_2 в транспортном секторе составит около 6%. Вклад от использования водорода будет незначителен.

Однако в сценарии TECH Plus потребление водорода в 2050 г. составит 300 млн т н.э. Это обеспечит сокращение выбросов CO_2 на 800 млн т н.э. При этом рост энергоэффективности топливных элементов приведет к сокращению выбросов CO_2 еще на 700 млн т н.э. Использование биотоплива в этом сценарии даст сокращение выбросов CO_2 на 0,6 процентных пункта, или на 500 млн тонн CO_2 по сравнению со сценарием Mar. Потребление энергии в транспортном секторе к 2050 г. сократится на 7% по сравнению со сценарием Mar из-за повышения энергоэффективности топливных элементов.

В сценарии TECH Plus 34% общего потребления энергии в транспортном секторе будет обеспечиваться за счет биотоплива, что на 13% больше, чем в сценарии Mar, и на 3% больше, чем в базовом сценарии. В TECH Plus рост потребления нефтепродуктов (включая синтетические виды топлива из угля и газа) в транспортном секторе в 2003–2050 гг. составит всего 20%, причем рост первичного потребления нефти (не включая синтетические виды топлива из угля и газа) составит всего 5%.

Результаты впечатляющие, но необходимо учитывать, что для осуществления сценария TECH Plus потребуется значительный прогресс в производстве и хранении водорода, а также в области технологий топливных элементов. Для обеспечения такого прогресса и реализации всех преимуществ сценария TECH Plus потребуется серьезная государственная поддержка.

Тенденции изменения объемов выбросов CO_2 в различных сценариях

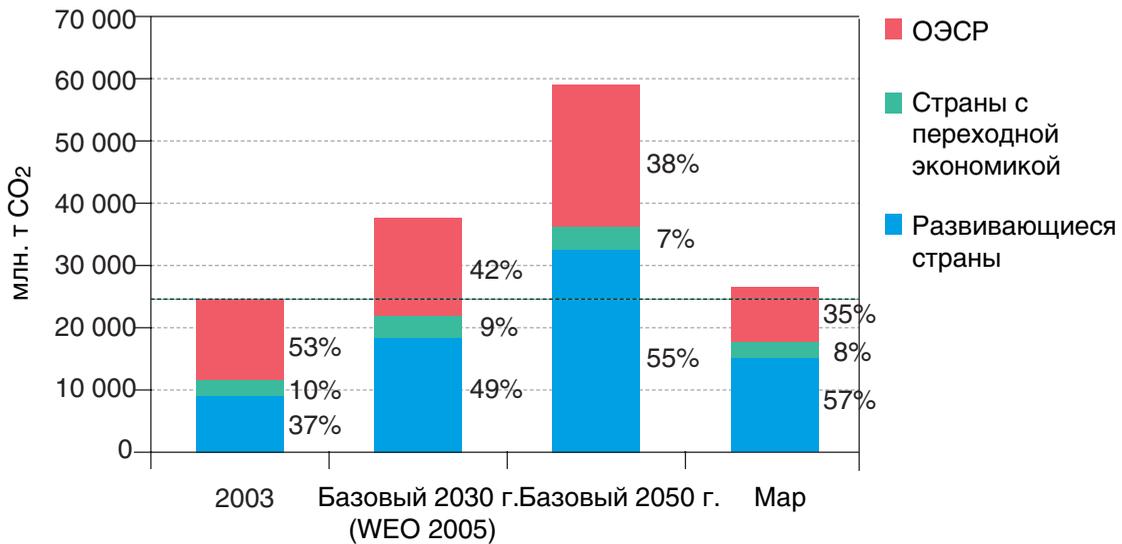
Сокращение выбросов CO_2 в сценариях АСТ обусловлено повышением эффективности использования различных видов топлива. Исключением является сценарий «Низкая эффективность». Данный сценарий предполагает, что меры по внедрению более эффективных технологий для конечных пользователей окажутся менее действенными, чем в прочих сценариях. В результате рост эффективности использования топлива будет в среднем на 0,3% в год ниже, чем в других сценариях АСТ. К 2050 г. объем выбросов CO_2 в сценарии «Низкая эффективность» будет на 20% больше, чем в сценарии Mar, или на 27% больше, чем в 2003 г. Рост потребления электроэнергии по отношению к сценарию Mar составит 14%. 44% роста объемов генерирующих мощностей даст использование газа, 21% – за счет угольных мощностей (с CCS), 14% – за счет возобновляемых источников энергии (4% – за счет биомассы), 10% – за счет атомной энергетики. Оставшийся небольшой процент спроса на топливо (не на электроэнергию) будет покрыт за счет ископаемого топлива.

Таблица 2.2 ▶ Различные меры по сокращению выбросов CO₂ в сценариях АСТ и TECH Plus к 2050 г. (сокращение относительно Базового сценария)

Сокращение выбросов CO ₂ к 2050 г. с разбивкой по различным мерам, млн тонн CO ₂						
Сценарии	Мар	«Низкая доля возобновляемых источников»	«Низкая доля атомной энергетики»	«Без CCS»	«Низкая эффективность»	TECH Plus
Замена одного ископаемого топлива на другое в энергетике	1 623	1 445	1 623	1 675	1 804	1 974
Эффективность генерации энергии на ископаемом топливе	251	280	328	821	364	263
Атомная энергетика	1 922	593	2 133	2 928	1 968	2 677
Гидроэнергетика	513	506	23	582	382	464
Выработка энергии на биомассе	537	557	97	725	567	577
Прочие возобновляемые источники в энергетике	1 966	2 060	1 397	3 192	1 927	2 676
CCS в энергетике	3 983	4 450	4 471	0	4 787	4 370
CCS в переработке топлива	1 043	1 043	1 043	0	1 123	1 727
CCS в промышленности	1 460	1 460	1 460	0	1 480	1 460
Изменение топливного баланса в промышленности и ЖКХ	2 484	2 324	2 327	1 560	2 562	2 746
Биотопливо на транспорте	1 794	1 794	1 794	1 805	1 611	2 306
Водород и топливные элементы на транспорте	0	0	0	0	0	1 523
Энергосбережение конечным потребителем	14 478	14 612	14 589	15 036	8 223	14 658
Общее сокращение выбросов	32 053	31 125	31 283	28 324	26 807	37 420
Общий объем выбросов CO ₂ в 2050 г.	25 969	26 897	26 738	29 698	31 214	20 602
Объем выбросов CO ₂ относительно 2003 г.	+6%	+10%	+9%	+21%	+27%	-16%

Процентные доли вкладов различных мер в сокращение выбросов CO₂ к 2050 г.

Сценарии	Мар	«Низкая доля возобновляемых источников»	«Низкая доля атомной энергетики»	«Без CCS»	«Низкая эффективность»	TECH Plus
Замена одного ископаемого топлива на другое в энергетике	5,1	4,6	5,2	5,9	6,7	5,3
Эффективность генерации энергии на ископаемом топливе	0,8	0,9	1,0	2,9	1,4	0,7
Атомная энергетика	6,0	1,9	6,8	10,3	7,3	7,2
Гидроэнергетика	1,6	1,6	0,1	2,1	1,4	1,2
Выработка энергии на биомассе	1,7	1,8	0,3	2,6	2,1	1,5
Прочие возобновляемые источники в энергетике	6,1	6,6	4,5	11,3	7,2	7,2
CCS в энергетике	12,4	14,3	14,3	0,0	17,9	11,7
CCS в переработке топлива	3,3	3,4	3,3	0,0	4,2	4,6
CCS в промышленности	4,6	4,7	4,7	0,0	5,5	3,9
Изменение топливного баланса в промышленности и ЖКХ	7,7	7,5	7,4	5,5	9,6	7,3
Биотопливо на транспорте	5,6	5,8	5,7	6,4	6,0	6,2
Водород и топливные элементы на транспорте	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1
Энергосбережение конечным потребителем	45,2	46,9	46,6	53,1	30,7	39,2
ВСЕГО	100	100	100	100	100	100

Рисунок 2.4 ► Выбросы CO₂ в различных регионах, базовый сценарий и сценарий Мар**Важный вывод:**

Рост выбросов CO₂ будет сосредоточен в развивающихся странах.

Анализ по регионам

В сценарии Мар выбросы CO₂ в 2050 г. будут на 55% меньше, чем в базовом сценарии (Таблица 2.4). Выбросы CO₂ в странах ОЭСР будут на 60% (13 177 млн тонн CO₂) меньше, чем в базовом сценарии. Это обеспечит сокращение мировых выбросов CO₂ на 41% по сравнению с базовым сценарием. Выбросы CO₂ в странах с переходной экономикой будут на 42% (1 670 млн тонн CO₂) меньше, чем в базовом сценарии. В 2050 г. выбросы CO₂ в развивающихся странах будут на 54% (17 207 млн тонн CO₂) меньше, чем в базовом сценарии. Это обеспечит сокращение мировых выбросов CO₂ на 54% по сравнению с базовым сценарием. В сценарии «Без CCS» в 2050 г. объемы выбросов CO₂ по сравнению с базовым сценарием сократятся на 55% в ОЭСР, на 31% в странах с переходной экономикой и на 47% в развивающихся странах.

В базовом сценарии в 2020–2025 гг. выбросы CO₂ в развивающихся странах превысят выбросы CO₂ в странах ОЭСР. Выбросы CO₂ в развивающихся странах составят 37% от общих выбросов в 2003 г., 49% в 2030 г. и 55% в 2050 г. (Рисунок 2.4). В то же время доля стран ОЭСР в общемировом объеме выбросов CO₂ сократится с 53% в 2003 г. до 38% в 2050 г. В сценарии Мар доля стран ОЭСР в общемировом объеме выбросов CO₂ сократится до 35% в 2050 г., доля развивающихся стран вырастет до 57%, а доля стран с переходной экономикой составит 8% к 2050 г. Доля стран ОЭСР в сценарии Мар будет меньше, чем в базовом сценарии, из-за более быстрого сокращения выбросов.

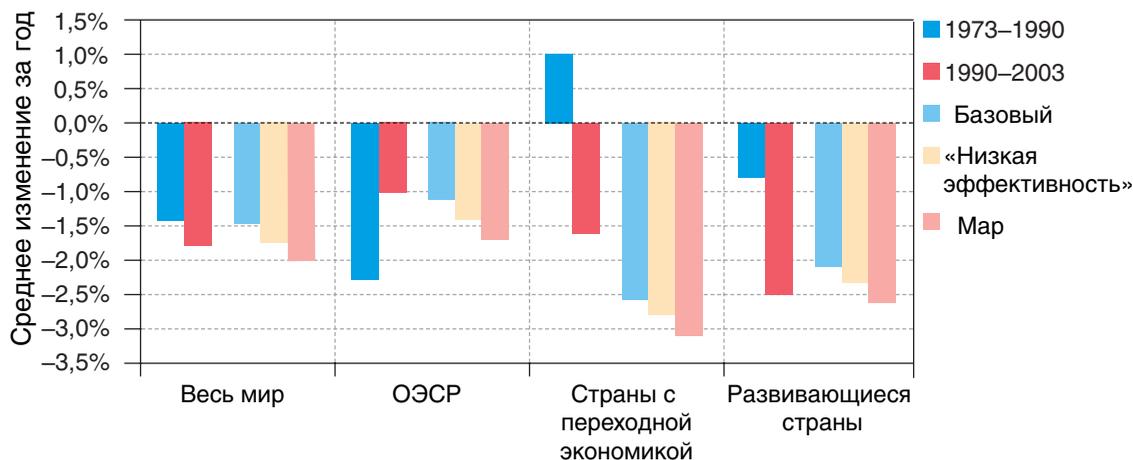
Таблица 2.4 ► Выбросы CO₂ по регионам в базовом сценарии, сценариях Мар и «Без CCS», 2003 и 2050 г.

	Базовый сценарий		Сценарии АСТ			
	2003 (млн тонн CO ₂)	2050 (млн тонн CO ₂)	Мар	«Без CCS»	Мар	«Без CCS»
			(млн тонн CO ₂)	(млн тонн CO ₂)	Сокращение относительно базового сценария к 2050 г., %	
ОЭСР	12 969	21 949	8 772	9 943	-60	-55
Страны с переходной экономикой	2 543	3 953	2 283	2 734	-42	-31
Развивающиеся страны	9 020	32 120	14 913	17 021	-54	-47
Весь мир	24 532	58 022	25 968	29 698	-55	-49

Влияние повышения эффективности использования энергии и изменения топливного баланса

Сценарии АСТ показывают, что важную роль в сокращении выбросов CO₂ будет играть энергосбережение. За счет этого в данных сценариях (за исключением «Низкая эффективность») будет достигнуто сокращение потребления энергии на 2% в год на единицу ВВП в 2003–2050 гг.⁸. Это больше, чем сокращение на 1,4% в год в 1973–1990 гг. и на 1,8% в год в период 1990–2003 гг. (Рисунок 2.5). В базовом сценарии и в сценарии «Низкая эффективность» ежегодное сокращение потребления энергии в 2003–2050 гг. составит 1,4 и 1,7% соответственно.

Рисунок 2.5 ► Изменение энергоёмкости ВВП по регионам: Базовый сценарий, сценарий Мар и сценарий «Низкая эффективность», 2003–2050 гг.



Важный вывод:

Во всех странах, кроме ОЭСР, темпы сокращения энергоёмкости ВВП в сценарии Мар будут выше, чем наблюдавшиеся в прошлом.

⁸ Соотношение объема потребляемой энергии и ВВП для всех сценариев АСТ остается почти одинаковым. Поэтому для показа результатов используется сценарий Мар. Принципиально важным исключением является сценарий «Низкая эффективность», где снижение энергоёмкости ВВП будет в среднем на 0,3% ниже, чем в других сценариях.

В различных регионах снижение энергоемкости экономики будет идти разными темпами. В странах ОЭСР процесс повышения эффективности использования энергии начался после нефтяных кризисов 1970-х гг. Однако после 1990 г. этот процесс замедлился и к 2003 г. темпы роста эффективности составляли в среднем 1% в год. В базовом сценарии предполагается, что такие темпы сохранятся. Сценарий Мар предполагает, что энергоемкость ВВП будет снижаться более быстро: на 1,7% в год. Сокращение энергоемкости ВВП в странах с переходной экономикой будет идти еще более быстрыми темпами, чем в странах ОЭСР. Это отражает большой потенциал для повышения энергоэффективности в этих странах⁹. Во многих развивающихся странах экономический рост также сопровождается сокращением энергоемкости ВВП. В базовом сценарии этот процесс продолжается, но его темпы медленнее, чем в 1990–2003 гг. Применение более эффективных технологий, которое предполагается в сценарии Мар, приведет к существенному повышению темпов сокращения энергоемкости ВВП в развивающихся странах.

Повышение эффективности использования энергии является определяющим, но не единственным фактором для снижения энергоемкости ВВП. Изменение структуры экономики (например, переход от производства сырья и материалов к менее энергоемким производствам) также играет важную роль. После 1973 г. структура экономики многих стран ОЭСР стала менее энергоемкой. Это означает, что в снижении энергоемкости ВВП, наблюдавшемся в 1973–2003 гг., роль повышения эффективности использования энергии была завышена (МЭА, 2004). С другой стороны, в некоторых странах, не входящих в ОЭСР, экономика стала более энергоемкой, в частности, из-за производства стали и цемента.

Макроэкономический вывод данного исследования гласит, что в 2003–2050 гг. мировая экономика станет менее энергоемкой. Темпы снижения энергоемкости в базовом сценарии и в сценариях АСТ приведены на Рисунке 2.5. Они несколько больше, чем реальные темпы повышения эффективности использования энергии. Однако сравнение энергоемкости экономики в 2003 и в 2050 г. позволяет оценить темпы повышения эффективности использования энергии для различных сценариев, так как структура экономики во всех сценариях будет изменяться одинаково. Таким образом, темпы снижения энергоемкости ВВП только на 0,3% в год («Низкая эффективность») характеризуют сценарий, в котором повышение эффективности использования энергии будет относительно низким.

Снижение энергоемкости экономики позволит разорвать связь между объемом выбросов CO_2 и экономическим ростом. В базовом сценарии средний ежегодный рост выбросов CO_2 в 2003–2050 гг. будет на 1,1 процентного пункта ниже, чем темпы роста ВВП. Это более углеродоемкое развитие мира, чем в 1973–2003 гг., когда ежегодный рост выбросов CO_2 был на 1,5 процентных пункта меньше, чем темпы роста ВВП (Рисунок 2.6).

⁹ Интерпретация данных по энергоемкости ВВП в прошлом в этих странах затруднена, так как экономика этих стран претерпела существенные структурные изменения.

Для лучшего понимания сути этих процессов выбросы CO_2 на единицу ВВП ($\text{CO}_2/\text{ВВП}$) можно представить как энергоёмкость экономики ($\text{КПЭ}/\text{ВВП}$)¹⁰ умноженная на углеродоемкость топливного баланса ($\text{CO}_2/\text{КПЭ}$):

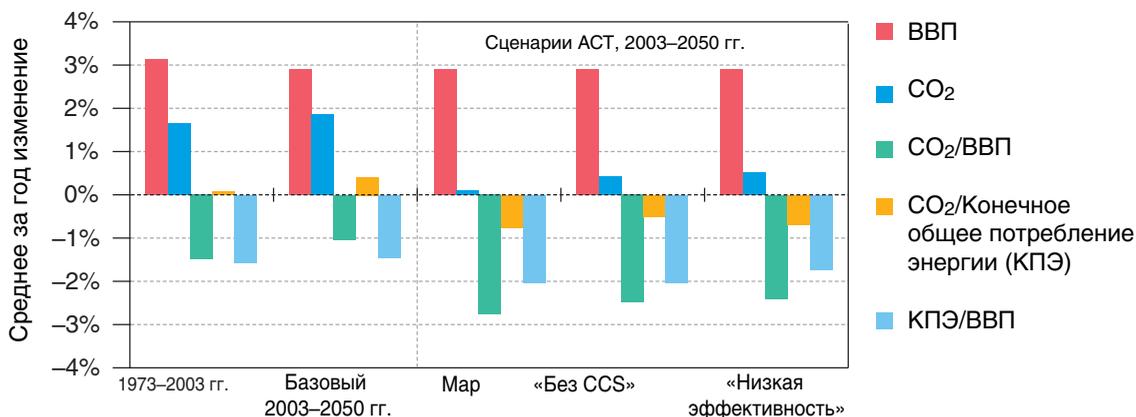
$$\text{CO}_2 / \text{ВВП} = \text{CO}_2 / \text{КПЭ} \times \text{КПЭ} / \text{ВВП}$$

На Рисунке 2.6 показано, что разрыв между ростом ВВП и ростом выбросов CO_2 в 1973–2003 гг. был результатом снижения энергоёмкости ВВП; углеродоемкость топливного баланса ($\text{CO}_2/\text{КПЭ}$) в 2003 г. была почти такой же, как и в 1973 г. Напротив, в базовом сценарии рост доли угольной энергетики приведет к росту углеродоемкости топливного баланса в среднем на 0,4% в год до 2050 г. В то же время энергоёмкость ВВП будет снижаться со скоростью 1,4% в год, что несколько ниже среднего значения в 1973–2003 гг. В результате выбросы CO_2 на единицу ВВП в базовом сценарии будут снижаться на половину процентного пункта медленнее, чем в 1973–2003 гг.

В сценарии Мар выбросы CO_2 на единицу ВВП в 2003–2050 гг. будут сокращаться в среднем на 2,7% в год. Изменение выбросов CO_2 станет почти независимым от экономического роста. Почти на три четверти этот разрыв будет связан со снижением энергоёмкости экономики, на одну четверть – со снижением углеродоемкости топливного баланса.

В сценариях «Низкая эффективность» и «Без CCS» выбросы CO_2 на единицу ВВП будут сокращаться в среднем на 0,4 и 0,3% (соответственно) в год медленнее, чем в сценарии Мар. В сценарии «Низкая эффективность» это

Рисунок 2.6 ► Изменение объема выбросов CO_2 и ВВП в Базовом сценарии, сценариях Мар, «Без CCS» и «Низкая эффективность», 2003–2050 гг. (с подразделением углеродоемкости ВВП на энергоёмкость экономики и углеродоемкость топливного баланса)



Важный вывод:

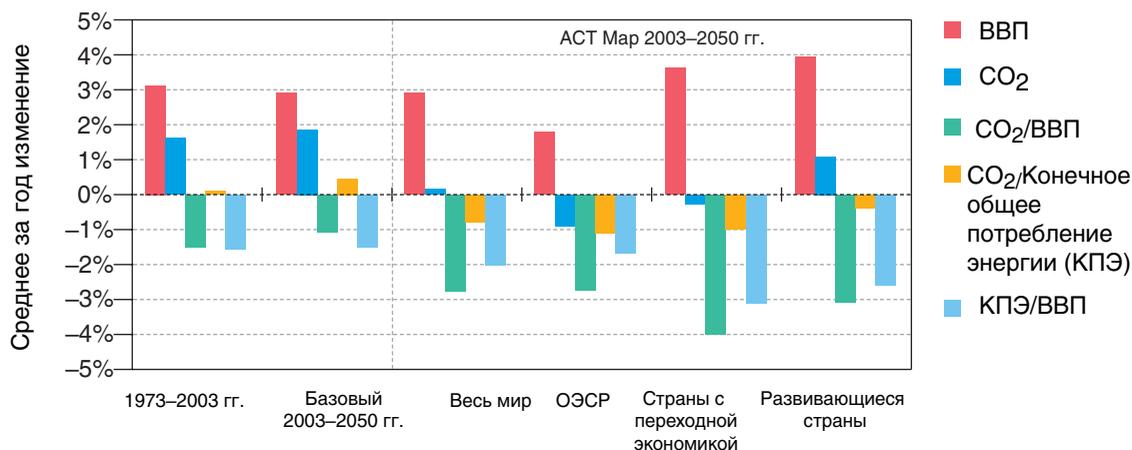
Сильное сокращение углеродоемкости ВВП в сценариях АСТ будет обусловлено прежде всего повышением эффективности использования энергии.

¹⁰ КПЭ – общее конечное потребление энергии.

будет связано с медленным ростом эффективности использования энергии, а в сценарии «Без CCS» – с медленным снижением углеродоемкости топливного баланса.

На рисунке 2.7 показано изменение ВВП и выбросов CO_2 в различных регионах, а также изменения в энергоёмкости ВВП и углеродоемкости топливного баланса. В сценарии Мар выбросы CO_2 будут сокращаться на 0,8% в год в странах ОЭСР и на 0,2% в год в странах с переходной экономикой. В развивающихся странах выбросы CO_2 будут расти на 1,1% в год. Снижение углеродоемкости ВВП будет связано с повышением эффективности использования энергии, а также со снижением углеродоемкости топливного баланса. Последнее будет обусловлено переходом конечных пользователей на менее углеродоемкие виды топлива и снижением выбросов CO_2 в энергетике. Этот процесс будет более значительным в странах ОЭСР, чем в странах с переходной экономикой и в развивающихся странах.

Рисунок 2.7 ► Изменение объема выбросов CO_2 и ВВП в базовом сценарии и сценарии Мар по регионам, 2003–2050 гг. (с подразделением углеродоемкости ВВП на энергоёмкость экономики и углеродоемкость топливного баланса)



Важный вывод:

В развивающихся странах и странах с переходной экономикой повышение эффективности использования энергии будет играть более важную роль в сокращении углеродоемкости ВВП, чем в странах ОЭСР.

Затраты в сценариях АСТ и TECH Plus

Большинство технологий, внедрение которых подразумевается в сценариях АСТ, требует более высоких начальных затрат, чем традиционные технологии. Однако за время жизни оборудования они дают значительную экономию за счет более дешевого топлива или иных ценовых показателей. Это в особенности характерно для технологий, применяемых на стороне потребителей энергии. Кроме того, стоимость новых технологий, которые изначально будут более дорогими, чем традиционные, снизится благодаря

эффекту «обучения в процессе внедрения». Некоторые технологии потребуют существенных инвестиций в НИОКР, но эти инвестиции окупятся, когда технологии станут коммерческими.

Основные издержки, связанные с более «чистыми» и эффективными технологиями, внедрение которых предполагается в сценариях АСТ, следующие:

- инвестиции в НИОКР;
- инвестиции в демонстрационные проекты, необходимые для иллюстрации коммерческой применимости технологий;
- поддержка программ внедрения с целью снижения стоимости технологий благодаря эффекту «обучения в процессе внедрения»;
- инвестиции в технологии, которые не будут коммерчески конкурентоспособными без поддержки цены снижения выбросов на уровне 25 долларов США за тонну CO₂.

В настоящем исследовании предполагается, что многие технологии удастся усовершенствовать путем НИОКР. Однако в задачу данной работы не входит оценка необходимых для этого инвестиций. Ясно, что для достижения результатов, которые смогут стать основой для сценариев АСТ, потребуется переломить тенденцию сокращения инвестиций в НИОКР, которая характерна для стран ОЭСР. Правительствам надо будет расширить финансирование НИОКР и найти способ стимулировать НИОКР в частном секторе. Среди прочего, поддержка НИОКР часто позволяет сэкономить на поддержке демонстрационных и внедренческих программ.

Для некоторых технологий, которые рассматриваются в сценариях АСТ, потребуется также государственная поддержка на стадии демонстрации. Это особенно важно для технологий CCS. Для распространения технологий в необходимом масштабе в течение ближайших 10–15 лет потребуется создание 10–15 демонстрационных установок. Инвестиции в каждую из таких установок составят 250–500 млн долларов США. Общие инвестиции на демонстрационную программу составят 2,5–7,5 млрд долларов США.

В Таблице 2.5 приводятся данные об инвестициях в энергетику для сценария Мар и базового сценария. Эти инвестиции рассчитаны как разница между общими инвестициями во все технологии в период до 2050 г. для обоих сценариев. Не учитываются инвестиции в НИОКР и демонстрационные программы, но учитываются программы внедрения.

Дополнительные инвестиции в технологии использования возобновляемых источников, атомную энергетику и CCS будут компенсированы за счет снижения инвестиций в углеводородную энергетику. Необходимость инвестировать в углеводородные технологии в сценарии Мар отпадет: во-первых, из-за сокращения потребления электроэнергии и, во-вторых, из-за замены

углеводородных мощностей на иные. В результате дополнительные инвестиции в период 2005–2050 гг. составят около 3,4 трлн долларов США, или около 0,1% мирового ВВП в 2003 г. Если энергосбережение останется на уровне базового сценария, потребуются дополнительные инвестиции в объеме 2,9 трлн долларов США.

Расчет дополнительных инвестиций в энергетику включает затраты на программы внедрения. Эти программы необходимы, чтобы снизить стоимость некоторых технологий до конкурентоспособного уровня (предполагается, что благодаря соответствующей поддержке сокращение выбросов CO₂ на одну тонну будет приносить 25 долларов США). В сценарии Мар такие затраты на внедрение в 2005–2050 гг. составят 720 млрд долларов США¹¹. Это менее 10% от 7,9 трлн долларов США – требующихся дополнительных инвестиций в технологии использования возобновляемых источников, атомную энергетику и CCS. Однако большая часть этой инвестиционной поддержки потребует в ближайшие 20–30 лет. Это значительные инвестиции, которые хотя бы частично должны предоставить государства.

Таблица 2.5 ► Увеличение инвестиций в генерирующие мощности по сценарию Мар, 2005–2050 гг. (по сравнению с базовым сценарием)

Электростанции	Дополнительные инвестиции, трлн долларов США
Ветряные	3,6
Солнечные	0,9
Геотермальные	1,1
АЭС	1,4
С установками улавливания и захоронения CO ₂ * (CCS)	0,9
Всего дополнительные инвестиции в технологии использования возобновляемых источников, атомную энергетику и CCS	7,9
Сокращение инвестиций в мощности на ископаемом топливе	-4,5
в том числе: из-за сокращения потребления электроэнергии	-2,9
ВСЕГО	3,4

* Только затраты на установки CCS, без затрат на сами электростанции.

В Таблице 2.4 не учитывается экономия на инвестициях в передающие и распределительные сети, связанная с сокращением потребления электроэнергии и использованием генерации, приближенной к потребителю. Эта экономия может быть существенной (см. Врезку 2.3). По общим оценкам, экономия на инвестициях в передающие и распределительные сети согласно Мар составит около 4,3 трлн долларов США по отношению к базовому сценарию¹². Это не только компенсирует дополнительные инвестиции в энергетику в сценарии Мар, но и приведет к сокращению общих инвестиций в электроэнергетику на 0,9 трлн долларов США по сравнению с базовым сценарием.

¹¹ Затраты на программы внедрения оцениваются так: для каждого года в период, когда технология еще не является экономически конкурентоспособной, рассчитывается долевая разница между реальными инвестициями и инвестициями, которые необходимы, чтобы обеспечить экономическую конкурентоспособность технологии, затем эта доля умножается на годовые инвестиции и суммируется для всего периода.

¹² Это эквивалентно экономии инвестиций в 0,3 доллара США на 1 кВт·ч снижения спроса.

Врезка 2.3 Инвестиции в альтернативных сценариях «Обзора мировой энергетики» (WEO 2004)

Согласно альтернативным сценариям «Обзора мировой энергетики» (WEO 2004) к 2030 г. мировое потребление энергии сократится почти на 10% по сравнению с базовым сценарием (МЭА, 2004 г.). Среднегодовой рост потребления энергии составит 1,2%, что на 0,4 процентных пункта ниже, чем в базовом сценарии. Потребление нефти сократится на 11%, газа – на 10%, а угля – почти на четверть. Потребление электроэнергии сократится на 12% (или 3 100 Вт-ч), но доли атомной энергетики и возобновляемых источников возрастут.

В альтернативном сценарии увеличение объема капитальных вложений на стороне потребителей будет полностью компенсировано снижением инвестиций на стороне поставщиков энергии. Экономия на инвестициях в электроснабжение составит более двух третей всего сокращения инвестиций. 80% экономии будет связано с сокращением инвестиций в передающие и распределительные сети, которые в 2003–2030 гг. будут на 1,2 трлн долларов США меньше, чем в базовом сценарии. Это в основном будет вызвано сокращением потребления электроэнергии, а также развитием более распределенной генерации.

На стороне потребителей инвестиции по сравнению с базовым сценарием увеличатся на 2,1 трлн долларов США. Почти две трети этой суммы, то есть 1,5 трлн долларов США, придется на страны ОЭСР, где вложения в новые чистые и эффективные технологии будут наиболее существенными. В транспортный сектор будет вложено более половины всех инвестиций. В следующем «Обзоре мировой энергетики» (2006 г.) будет представлен подробный анализ влияния стратегических государственных мер в области потребления и производства энергии, а также подробная оценка влияния этих мер на цены на уголь, нефть, газ и электроэнергию. Также будет дана оценка необходимых инвестиций.

Энергосбережение в сценарии Мар приведет к значительному сокращению инвестиций в генерирующие мощности (2,9 трлн долларов США) и в передающие и распределительные сети (4,3 трлн долларов США). Затраты на более эффективные технологии согласно Мар будут разными для различных категорий потребителей и регионов мира. В среднем по миру такие затраты составят 0,03 доллара/кВт-ч. Это означает, что дополнительные инвестиции в технологии на стороне потребителей к 2050 г. составят около 8,9 трлн долларов США. От этой суммы надо отнять 0,9 трлн долларов США, представляющие сокращение инвестиций в энергосбережение, что даст итоговую сумму дополнительных инвестиций, равную 8 трлн долларов США.

В сценарии Мар предполагается существенное сокращение потребления газа и угля в электроэнергетике из-за снижения потребления электроэнергии и расширения использования возобновляемых источников и атомной энергии. Это приведет к сокращению расходов на газовые и угольные мощности на 10,8 трлн долларов США в период до 2050 г. Примерно две трети этого объема будет обеспечено сокращением потребления электроэнергии, и одна треть – заменой газовых и угольных генерирующих мощностей на возобновляемые источники и атомную энергию.

Экономия средств в результате сокращения потребления угля и газа не может быть напрямую сопоставлена с дополнительными инвестициями в сценарии Мар. Затраты на инвестиции имеют одномоментный характер, в то

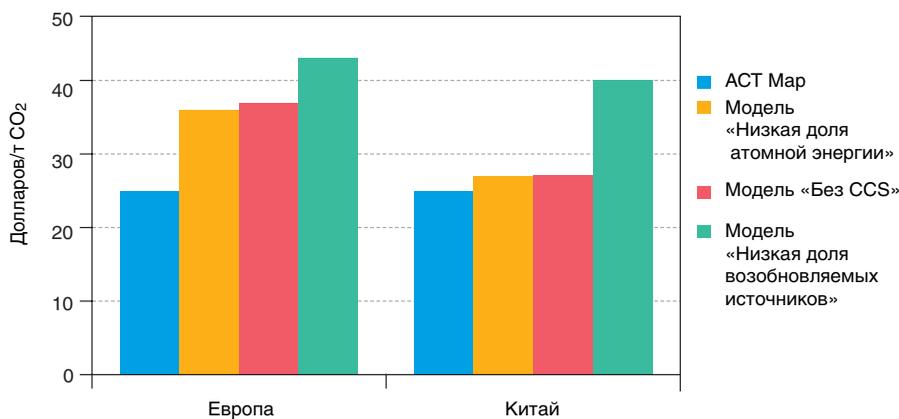
Врезка 2.4 Влияние технологического развития на предельные затраты на сокращение выбросов CO₂

Ряд предположений относительно темпов развития различных технологий в сценариях АСТ оказывает влияние на оценки выбросов CO₂. Цена разрешений на выбросы CO₂ в сценариях АСТ отражает максимальные добавочные затраты, которые рынок готов понести для внедрения низкоуглеродных технологий. Во всех сценариях предполагается, что цена будет на уровне 25 долларов США за сокращение выбросов CO₂ на тонну. Однако уровень выбросов в конкретном сценарии АСТ зависит от предположений о развитии различных технологий, принятых в данном сценарии. Модельные расчеты, произведенные отдельно для каждой технологии, позволяют выяснить уровень предельных затрат, необходимых для того, чтобы достичь заданного сокращения выбросов CO₂ к 2050 г. и оптимизировать выбор технологий.

Эти расчеты использовали те же предположения о технологиях, как и в АСТ сценариях. Однако для каждого региона использовались свои данные о выбросах CO₂ из сценария Мар. Разница между предельными затратами на сокращение выбросов CO₂ в этих сценариях позволяет оценить затраты, связанные с различными допущениями, относительно технологического развития.

На Рисунке 2.8 показано, что разница между сценариями «Низкая доля атомной энергетики» и «Низкая доля возобновляемых источников» для Европы и Китая в 2050 г. будет невелика. К предельным затратам на сокращение выбросов CO₂ на тонну в Европе добавится 11–12 долларов США, в Китае – 2–3 доллара. Влияние сценария «Без CCS» будет более значительным: в случае его реализации предельные затраты на сокращение выбросов CO₂ на тонну в Европе увеличатся на 18 долларов США, а в Китае – на 15 долларов. Таким образом, наш анализ показывает, что технология CCS является ключевой для экономики в обоих регионах. Технологии использования возобновляемых источников и атомной энергии также будут важны, но экономический эффект от их внедрения будет более заметен в Европе, чем в Китае.

Рисунок 2.8 ▶ Оценка предельных затрат на сокращение выбросов CO₂ для различных сценариев, 2050 г.



Важный вывод:

Отсутствие технологии улавливания и захоронения CO₂ (CCS) существенно повышает предельные затраты на сокращение выбросов CO₂.

Примечание: Модель «Низкая доля атомной энергетики» аналогична одноименному сценарию АСТ, для которого заданы те же объемы выбросов по регионам, что и для сценария Мар. Так же рассчитывались модели «Низкая доля возобновляемых источников» и «Без CCS». Предельные затраты в сценариях АСТ соответствуют уровню поддержки цены на сокращенные выбросы одной тонны CO₂ на уровне 25 долларов США.

время как экономия на топливе будет иметь место в течение всего периода использования соответствующих технологий. Для учета фактора времени затраты на инвестиции и экономия на топливе были дисконтированы с использованием ставки 5%. После дисконтирования (на 2003 г.) общая потребность стороны поставщиков в инвестициях по сценарию Мар составила на 0,3 трлн долларов США меньше, чем в базовом сценарии. В то же время инвестиции на стороне потребителей в сценарии Мар составили на 1,8 трлн долларов США больше. Дисконтированная экономия на топливе составила 1,4 трлн долларов США. Общие дополнительные дисконтированные затраты на электроэнергетику в сценарии Мар составили всего 100 млрд долларов США. Эта сумма не включает дополнительные затраты на НИОКР и демонстрационные программы.

Такое незначительное увеличение общих дисконтированных затрат в сценарии Мар иллюстрирует, что большая часть дополнительных затрат в сценариях АСТ может рассматриваться как временная. В перспективе эти затраты приведут к экологическим выгодам и энергобезопасности.

В сценариях АСТ и TECH Plus предполагается иное распределение затрат и прибылей, чем в базовом сценарии. Поставщики угля, газа и мазута столкнутся с более медленным ростом соответствующих рынков. В то же время АЭС и возобновляемые источники энергии будут работать в условиях более растущего рынка. Выгоды от снижения сумм счетов за электроэнергию, улучшение местной и глобальной экологической ситуации, улучшение перспектив некоторых энергетических технологий и снижение (в некоторых случаях) цены топлива будет компенсацией за несколько большие затраты на инвестиции, повышение потребительских цен и замедление роста рынка для некоторых энергетических технологий.

В сценариях АСТ и TECH Plus потребители энергии и владельцы генерирующих мощностей столкнутся с необходимостью существенных начальных инвестиций в более эффективные технологии, а также с высокими капитальными затратами на новые электростанции. Но эти затраты обеспечат экономию в будущем. Характеристики переходного периода будут определяться временными предпочтениями конкретных участников и ставками дисконтирования, которые они будут использовать для оценки возможных решений. Во многих случаях инвестиции в повышение эффективности окажутся экономически оправданными с учетом конкретных ставок дисконтирования, но в некоторых случаях потребуются вмешательство и поддержка со стороны государства.

Сценарии АСТ и TECH Plus: после 2050 г.

В сценариях АСТ предполагается, что выбросы CO_2 сначала вырастут, а к 2050 г. снизятся до нынешнего уровня. Это лучше, чем в базовом сценарии, но необходимо учитывать, что и в сценариях АСТ концентрация CO_2 в атмосфере продолжит расти и после 2050 г. и значительно превысит нынешний уровень, который составляет 375 частей на миллион (ppm). Это обус-

ловлено тем, что CO_2 накапливается в атмосфере и даже при стабилизации выбросов CO_2 его содержание в атмосфере растет.

Стабилизация концентрации CO_2 в атмосфере в любом случае потребует значительного сокращения выбросов CO_2 (гораздо ниже нынешних уровней). Для стабилизации на приемлемом уровне необходимо начать сокращение выбросов как можно раньше. Даже после стабилизации концентрации CO_2 и прочих парниковых газов в атмосфере ожидается, что в течение более 100 лет температура воздуха у поверхности Земли будет продолжать расти на несколько десятых градуса за век. В связи с этим уровень океана будет повышаться в течение нескольких веков.

Существуют различные точки зрения на то, какой уровень содержания CO_2 в атмосфере можно считать приемлемым. Иногда в качестве реалистичного целевого уровня называют 550 ppm. Но это более чем в два раза выше, чем доиндустриальный уровень. Такой уровень содержания CO_2 в атмосфере приведет к повышению средней температуры к 2100 г. на 2°C . Уровень 550 ppm достижим в сценарии Mar, а также в сценариях «Низкая доля атомной энергетики» и «Низкая доля возобновляемых источников». Во всех этих сценариях уровень выбросов CO_2 ниже, чем в сценарии B1 Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), который описан в «Специальном докладе о сценариях изменения выбросов» (SRES). В сценарии B1 предполагается, что к 2100 г. концентрация CO_2 в атмосфере составит 550 ppm (IPCC, 2001).

Осуществление сценариев АСТ будет означать серьезный шаг вперед в деле достижения стабилизации концентрации CO_2 в атмосфере, но одно лишь это не гарантирует успеха. Для окончательной стабилизации необходимо дальнейшее сокращение выбросов CO_2 после 2050 г. – в течение всей второй половины века. В сценариях АСТ объемы выбросов CO_2 будут сокращаться благодаря повышению эффективности использования энергии и значительному снижению углеродоемкости энергетики. Эти тенденции должны сохраняться в течение последующих 50 лет. Электроэнергетика должна полностью отказаться от использования ископаемого топлива. Более сложным будет отказ от использования ископаемого топлива в транспортном секторе. Более оптимистичный сценарий TESH Plus позволяет оценить возможность достижения этого результата.

Развитие ситуации до и после 2050 г. может быть различным. Если считать, что после 2050 г. в генерации произойдет полный отказ от использования ископаемого топлива, необходимо учесть соответствующий рост инвестиций в период до 2050 г. Например, полный переход промышленности и домашних хозяйств на электроэнергию до 2050 г. (с учетом продолжительных сроков службы определенных видов оборудования) может способствовать дополнительному снижению выбросов CO_2 , если ожидается полный отказ от использования ископаемого топлива в электроэнергетике после 2050 г.

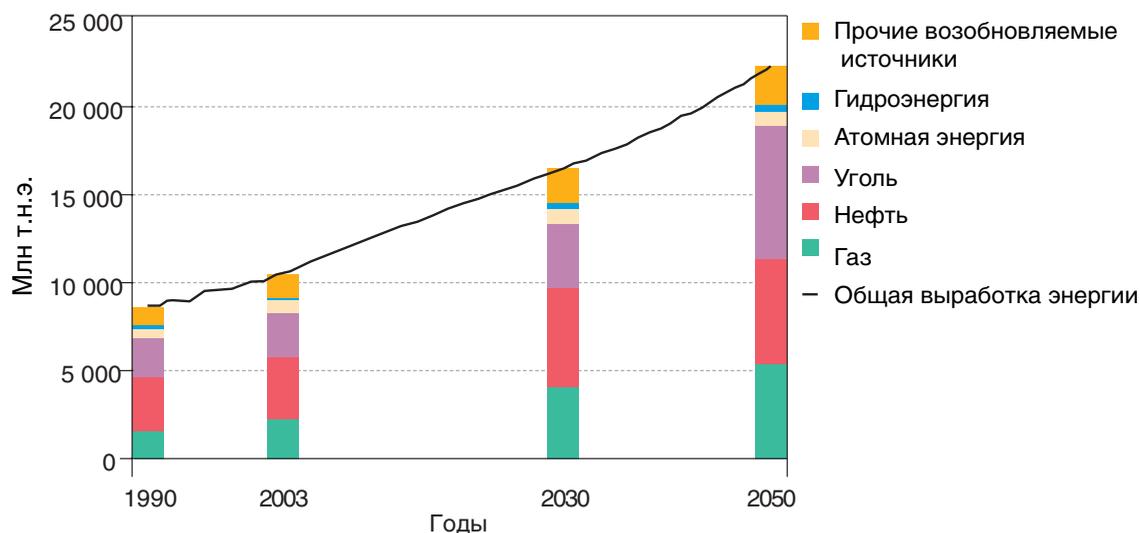
Потребление различных видов топлива

В базовом сценарии общие объемы потребления энергии будут расти в среднем на 1,6% в год: с 10 579 млн т.н.э. в 2003 г. до 22 112 млн т.н.э. в 2050 г. (Рисунок 2.9). Это медленнее, чем 2,1% в год (в 1971–2003 гг.), тем не менее, рост потребления энергии в период 2003–2050 гг. составит 109%.

В 2003–2050 гг. объемы добычи угля вырастут в 3 раза, объемы добычи газа – более чем в 2 раза, добычи нефти – почти в 2 раза (включая производство синтетических видов топлива). К 2050 г. уголь займет лидирующие позиции в топливном балансе: его доля составит 34%. Между 2030 и 2050 гг. абсолютные объемы потребления угля превзойдут абсолютные объемы потребления нефти. Доля нефти сократится с 34% (2003 г.) до 27% (2050 г.). Доля природного газа вырастет с 21% (2003 г.) до 24% (2050 г.). Доля остальных видов топлива, кроме угля, нефти и газа, в 2050 г. будет составлять всего 15% (20% в 2003 г.). Доля атомной энергии сократится с 6% (2003 г.) до 4% (2050 г.), доля прочих возобновляемых источников – с 11 до 9%, доля гидроэнергии останется на уровне 2%.

Доля ископаемых видов топлива вырастет с 80% (2003 г.) до 85% (2050 г.), несмотря на рост атомной энергетики и использование возобновляемых ис-

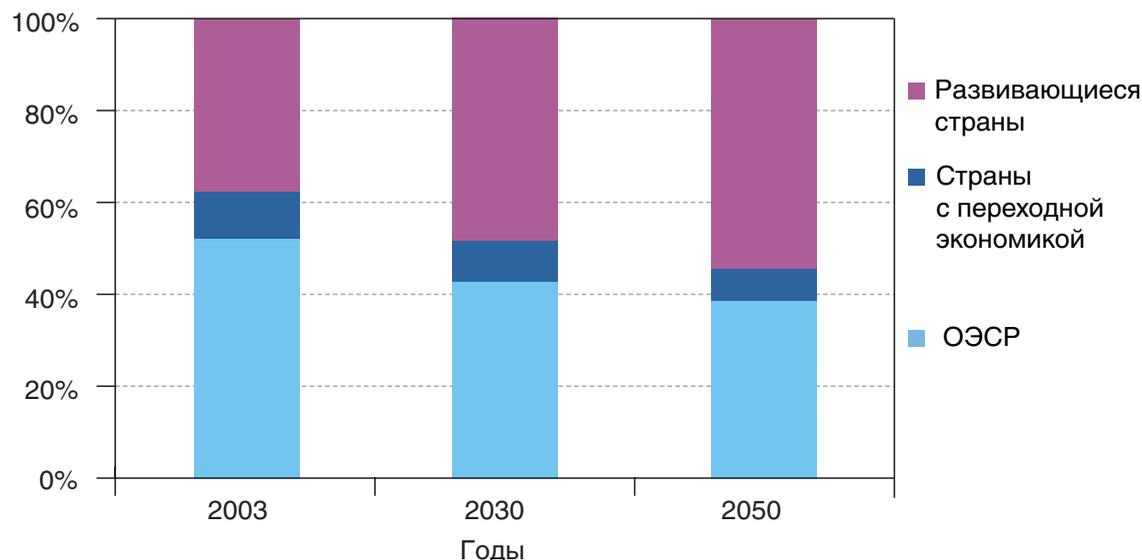
Рисунок 2.9 ► Глобальное потребление первичных энергоресурсов топлива в Базовом сценарии



Важный вывод:

В базовом сценарии потребление энергии в 2003–2050 гг. вырастет в 2 раза, при этом больше всего роста придется на уголь.

Рисунок 2.10 ► Потребление первичных энергоресурсов по регионам в базовом сценарии



Важный вывод:

К 2050 г. 55% потребления топлива будет сосредоточено в развивающихся странах.

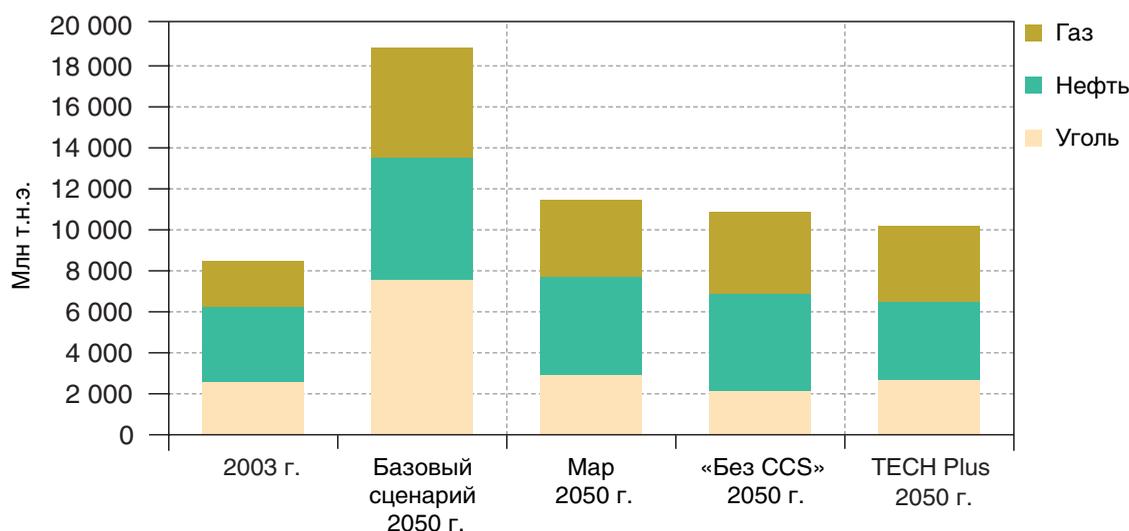
точников. Таким образом, возникнут очень серьезные проблемы, связанные с энергетической безопасностью и ростом выбросов CO₂.

В базовом сценарии значительно возрастет доля развивающихся стран в общемировом потреблении энергии: если в 2003 г. она составляла 38%, то в 2050 г. достигнет 54% (Рисунок 2.10). Доля стран ОЭСР при этом сократится с примерно 50% (2003 г.) до 38% (2050 г.).

В сценарии Мар объемы потребления энергии в 2050 г. будут на 58% больше, чем в 2003 г., и составят 16 762 млн т.н.э. Это на 24% меньше, чем в базовом сценарии. В сценариях АСТ этот показатель почти одинаков (за исключением сценария «Низкая эффективность», в котором он на 14,6% выше).

В сценариях АСТ предполагается существенное сокращение доли ископаемых видов топлива к 2050 г. В сценарии «Низкая эффективность» эта доля составит 28% по отношению к базовому сценарию, в сценарии «Без CCS» – 42% (Рисунок 2.11). Это связано с повышением эффективности использования энергии и изменением структуры топливной базы. Рост потребления безуглеродных видов топлива будет быстрее, чем рост общего потребления энергии. Объем потребления нефти в сценариях АСТ в 2050 г. будет на 7–21% ниже, а газа – на 16–30% ниже, чем в базовом сценарии. Соответственно, в сценариях АСТ значительно снизится энергетическая зависимость регионов–импортеров энергоносителей.

Рисунок 2.11 ► Глобальное потребление ископаемого топлива по различным сценариям

**Важный вывод:**

К 2050 г. в сценарии Мар использование ископаемого топлива будет на 39% ниже, чем по базовому сценарию, использование угля будет меньше на 61%.

Таблица 2.6 ► Изменение потребления различных видов топлива в сценариях Мар, «Без CCS» и TECH Plus, 2050 г.¹³

	Мар		«Без CCS»		TECH Plus	
	(разница с базовым сценарием на 2050 г.)					
	%	млн т.н.э.	%	млн т.н.э.	%	млн т.н.э.
Уголь	-61	-4 620	-72	-5 421	-65	-4 878
Нефть	-20	-1 209	-21	-1 237	-36	-2 165
Газ	-30	-1 602	-25	-1 360	-31	-1 651
Атомная энергия	72	585	85	687	156	1 264
Гидроэнергия	11	41	9	36	14	51
Возобновляемые источники	71	1455	78	1 599	137	2822
Всего	-24	-5 350	-26	-5 696	-21	-4 556

В сценарии TECH Plus сокращение потребления ископаемых видов топлива к 2050 г. составит 46% относительно базового сценария, нефти – 36%, угля – 65%, газа – 31%.

Сокращение потребления ископаемых видов топлива в сценариях АСТ и TECH Plus отразится на ценах на нефть и газ. Если бы на цены влияли только объемы потребления топлива, то имел бы место «эффект рикошета», и экономия была бы невозможна. В реальности понижение цен будет компенсировано за счет установления цены выбросов CO₂ на уровне 25 долларов

¹³ Строка «нефть» включает только первичные поставки нефти и не включает синтетические виды топлива, произведенные из угля и газа. Такие виды топлива учитываются в таблице в строках «уголь» и «газ».

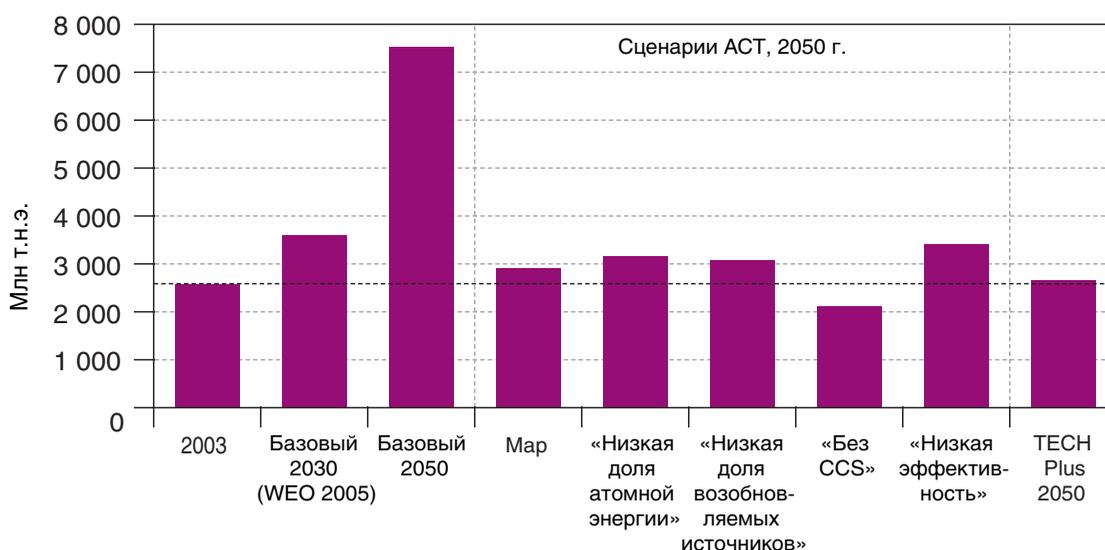
США за тонну. Это будет означать «премию» на нефть в размере 10 долларов за баррель и на уголь – в размере 65 долларов за тонну. В результате сокращение потребления нефти и газа, снижение цен на них и поддержка цены выбросов CO₂ приведут к отсутствию «эффекта рикошета».

Уголь

В базовом сценарии потребление угля в 2003–2050 гг. вырастет почти в 3 раза (Рисунок 2.12): с 2 584 млн т.н.э. до 7 532 млн т.н.э. Доля угля вырастет с 24% (2003 г.) до 34% (2050 г.). В 2030–2050 гг. уголь станет более важным сырьем, чем нефть.

Рост потребления угля в базовом сценарии обусловлен тремя основными факторами. Во-первых, это будет связано с ростом цен на нефть из-за роста ее потребления. Высокие цены на нефть обеспечат конкурентоспособность жидких видов топлива, полученного из угля. Объемы производства такого синтетического топлива после 2030 г. будут быстро расти. В 2050 г. для производства жидких видов топлива будет использоваться около 1 800 млн т.н.э. угля, в основном в странах ОЭСР и в некоторых развивающихся странах. Во-вторых, рост потребления природного газа, повышение издержек на его транспортировку и сокращающиеся запасы газа обусловят повышение цен на газ. В результате вырастет популярность угольных генерирующих мощностей. В-третьих, в развивающихся странах будут расти энергоемкие сектора промышленности (особенно в Китае и Индии). Эти страны обладают существенными запасами угля, но скромными запасами других видов топ-

Рисунок 2.12 ► Потребление угля



Важный вывод:

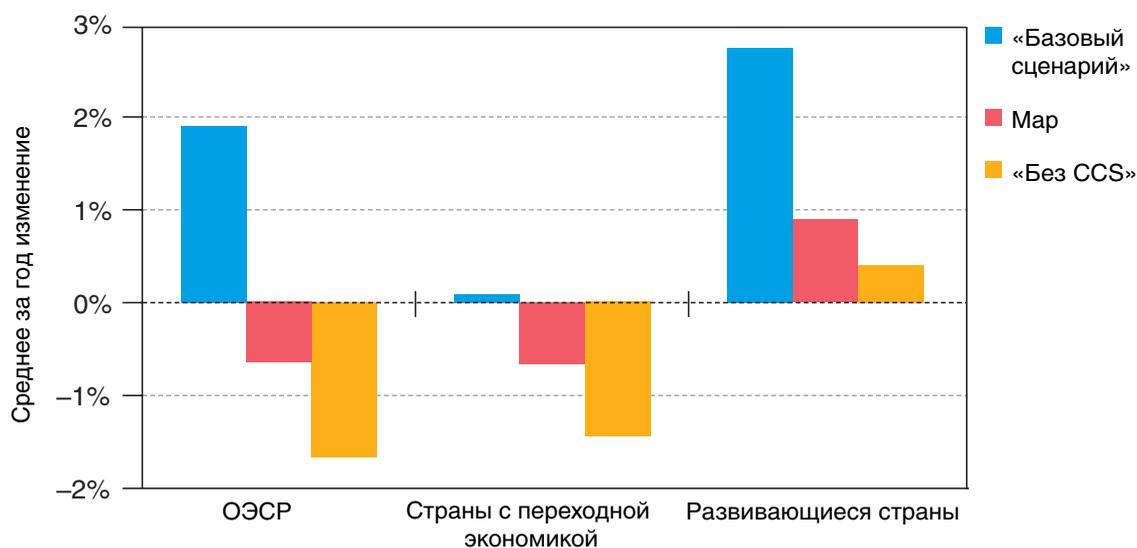
По сравнению с базовым сценарием, потребление угля сильно сократится во всех сценариях АСТ, особенно в «Без CCS», согласно которому потребление угля в 2050 г. снизится до нынешнего уровня.

лива. В связи с этим для покрытия спроса на энергию в этих странах будет использоваться уголь.

Объемы потребления угля в сценарии Мар (2 912 млн т.н.э.) в 2050 г. будут всего на 13% больше, чем в 2003 г. Это связано со снижением потребления электроэнергии, а также с ростом безуглеродных генерирующих мощностей. Потребление угля в сценариях АСТ в 2050 г. составит от 2 111 млн т.н.э. (сценарий «Без CCS») до 3 417 млн т.н.э. (сценарий «Низкая эффективность»). В сценариях АСТ объемы потребления угля в 2050 г. будут на 18% меньше (сценарий «Без CCS») или на 32% больше (сценарий «Низкая эффективность»), чем в 2003 г. В сценарии ТЕСН Plus объемы потребления угля в 2050 г. будут на 3% больше, чем в 2003 г.

Потребление угля в базовом сценарии быстрее всего будет расти в развивающихся странах. Темпы роста в 2003–2050 гг. в среднем будут составлять 2,8% (Рисунок 2.13). Рост в странах ОЭСР будет составлять 1,9% в год. В сценарии Мар потребление угля в странах ОЭСР будет сокращаться на 0,6% в год, а в развивающихся странах – расти на 0,9% в год. В сценарии «Без CCS» потребление угля будет существенно ниже, чем в сценарии Мар. При этом доли атомной энергии, возобновляемых источников и газа будут увеличиваться. В этом сценарии потребление угля в странах ОЭСР будет сокращаться на 1,7% в год, в странах с переходной экономикой сокращаться на 1,5% в год, а развивающихся странах – расти на 0,4% в год.

Рисунок 2.13 ► Изменение потребления угля в регионах по трем сценариям: Базовый, Мар и «Без CCS», 2003–2050 гг.



Важный вывод:

По сценариям АСТ во всех странах, кроме развивающихся, потребление угля значительно сократится (особенно по сценарию «Без CCS»).

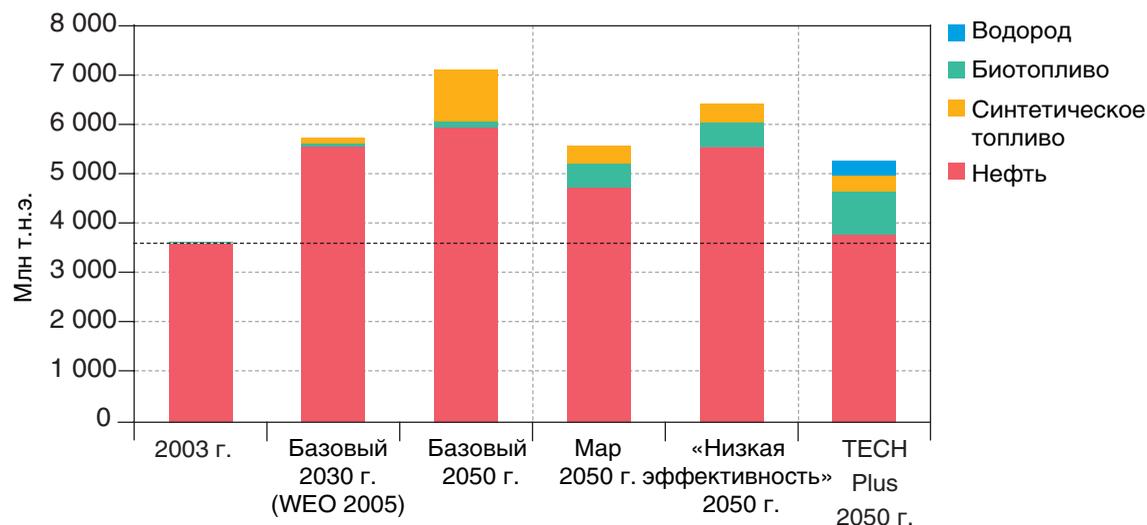
Нефть

Потребление нефти согласно базовому сценарию в 2003–2050 гг. возрастет на 93%: с 3 646 млн т.н.э. (2003 г.) до 7 027 млн т.н.э. в 2050 г. Это приведет к значительному росту добычи нефти из нетрадиционных источников: добычи «тяжелой нефти», разработке нефтеносных песков и сланцев. Расширение потребления моторного топлива будет также компенсироваться увеличением объемов производства синтетических видов топлива из газа и угля. Объем производства таких видов топлива в 2050 г. составит 1 039 млн т.н.э. Добыча нефти (не включая производство синтетических видов топлива из газа и угля) в 2003–2050 гг. вырастет на 65%: с 3 639 млн т.н.э. до 5 988 млн т.н.э. Потребление жидких видов топлива (включая нефтепродукты, синтетическое топливо и биотопливо) в 2003–2050 гг. вырастет на 96% (Рисунок 2.14). Потребление жидкого топлива быстрее всего будет расти в транспортном секторе, где темпы роста составят в среднем 1,9% в год. Затем следует жилищный сектор (1,3% в год) и промышленность (1,1% в год). В основном жидкие виды топлива будут использоваться в транспортном секторе. Рост потребления топлива в странах ОЭСР будет в основном происходить за счет роста в транспортном секторе.

В сценарии Мар объем потребления нефти в 2050 г. будет на 27% меньше, чем в базовом сценарии, и составит всего 5 126 млн т.н.э. Вклад расширения использования биотоплива в сокращение использования нефти составит одну пятую, а повышение эффективности использования топлива и переход на другие виды топлива – четыре пятые. Нефтедобыча (не включая производство синтетических видов топлива из газа и угля) в сценарии Мар в период 2003–2050 гг. вырастет на 31% и составит 4 780 млн т.н.э. Это на 1 209 млн т.н.э. (20%) меньше, чем в базовом сценарии. К 2050 г. объемы производства синтетических видов топлива из газа и угля по отношению к базовому сценарию сократятся на две трети и составят 346 млн т.н.э. К 2050 г. потребление жидких видов топлива в сценарии Мар сократится по отношению к базовому сценарию на 22%.

В сценарии ТЕСН Plus потребление нефтепродуктов в 2050 г. составит лишь 4 135 млн т.н.э. (на 41% ниже, чем в базовом сценарии) из-за расширения использования биотоплива и повышения общего топливного КПД. В сценарии ТЕСН Plus потребление нефти в 2050 г. составит лишь 3 825 млн т.н.э. что на 5% выше, чем в 2003 г. На Рисунке 2.14 показано потребление нефти, биотоплива, синтетических видов топлива и водорода. В базовом сценарии доля синтетических видов топлива в 2050 г. составит 14,5%, а доля биотоплива – 1,7% от общего потребления жидких видов топлива. В сценариях АСТ доля синтетических видов топлива сократится до 6%, а биотоплива – расширится до 9%.

В сценариях АСТ нефть останется основным топливом для транспорта. Таким образом, сохранится и проблема зависимости импортеров от экспортеров. Для того чтобы удовлетворить спрос и обеспечить стабильность поставок нефти, потребуются огромные инвестиции, особенно на Ближнем Востоке.

Рисунок 2.14 ► Потребление жидкого топлива и водорода: 2003, 2030, 2050 гг.**Важный вывод:**

Первичный спрос на нефть в 2050 г. во всех сценариях АСТ будет ниже, чем в базовом сценарии в 2030 г. В сценарии TECH Plus он снизится до нынешнего уровня.

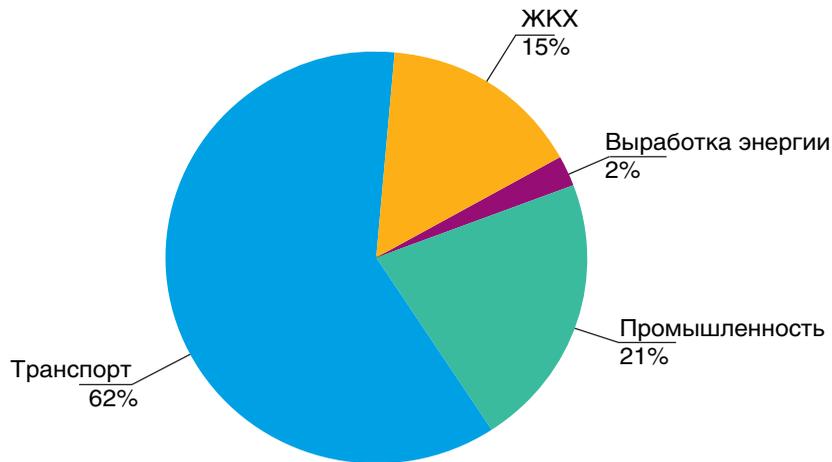
В сценарии TECH Plus доля биотоплива в общем потреблении жидких видов топлива и водорода к 2050 г. будет составлять 16%, а доля водорода – 6%. В этом сценарии доля синтетических видов топлива сократится до 6%. Тем не менее, такой показатель, как потребление самого водорода, не отражает общей роли водорода в 2050 г., так как автомобили на водородных топливных элементах будут в 2–3 раза более эффективны, чем традиционные автомобили с двигателями внутреннего сгорания.

В сценарии Мар потребление нефтепродуктов и синтетического топлива сократится на 1 901 млн т.н.э. и составит на 27% меньше, чем в базовом сценарии. Это эквивалентно 42 млн баррелей в сутки (Рисунок 2.15). Такое сокращение станет результатом повышения эффективности использования топлива и перехода на менее углеродоемкие виды топлива в жилом секторе; повышения эффективности автомобильных двигателей; расширения использования биотоплива в транспортном секторе; повышения энергоэффективности, изменения топливной базы и расширения использования биомассы в качестве заменителя нефти в промышленности.

Первичное потребление нефти в базовом сценарии быстрее всего будет расти в развивающихся странах (в среднем на 2% в год), в странах с переходной экономикой – на 0,8% в год, а в странах ОЭСР – на 0,3% в год. Такой рост потребления в развивающихся странах будет связан с быстрым ростом населения и парка автомобилей. В отличие от стран ОЭСР, в развивающихся странах рост потребления нефтепродуктов будет иметь место не только в транспортном секторе. Это связано с неразвитостью энергетической инфраструктуры в развивающихся странах. Отсутствие других аль-

тернатив делает нефтепродукты наиболее привлекательным видом топлива для домашних хозяйств и владельцев коммерческой недвижимости. Рост потребления нефтепродуктов в промышленности связан с ростом промышленного производства в развивающихся странах.

Рисунок 2.15 ► Сокращение потребления нефти в сценарии Mar¹⁴, 2050 г.

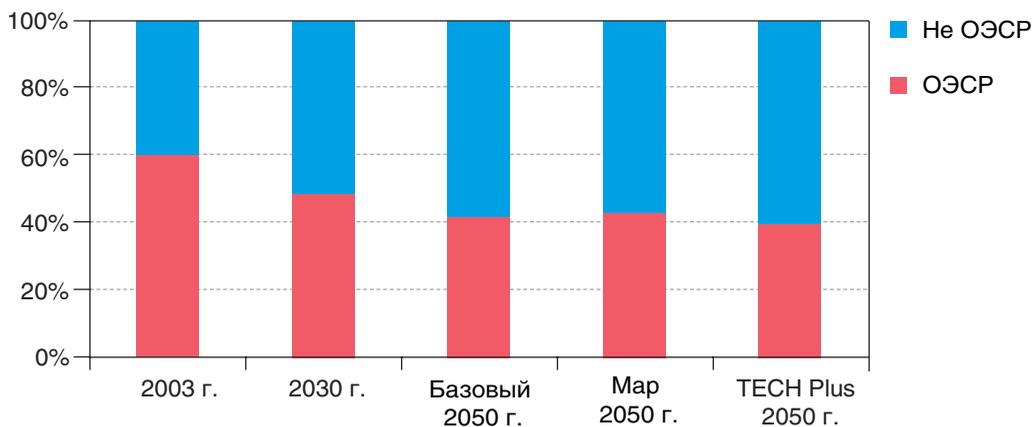


Экономия нефти = 42 млн баррелей в сутки

Важный вывод:

В сценарии Mar потребление нефти в 2050 г. сократится более чем на половину от базового сценария.

Рисунок 2.16 ► Первичный спрос на нефть в странах ОЭСР и в других странах, 003–2050 гг. по различным сценариям



Важный вывод:

Потребление нефти будет сосредоточено в развивающихся странах.

¹⁴ Включая традиционные и нетрадиционные источники нефти, синтетические виды топлива из газа и угля.

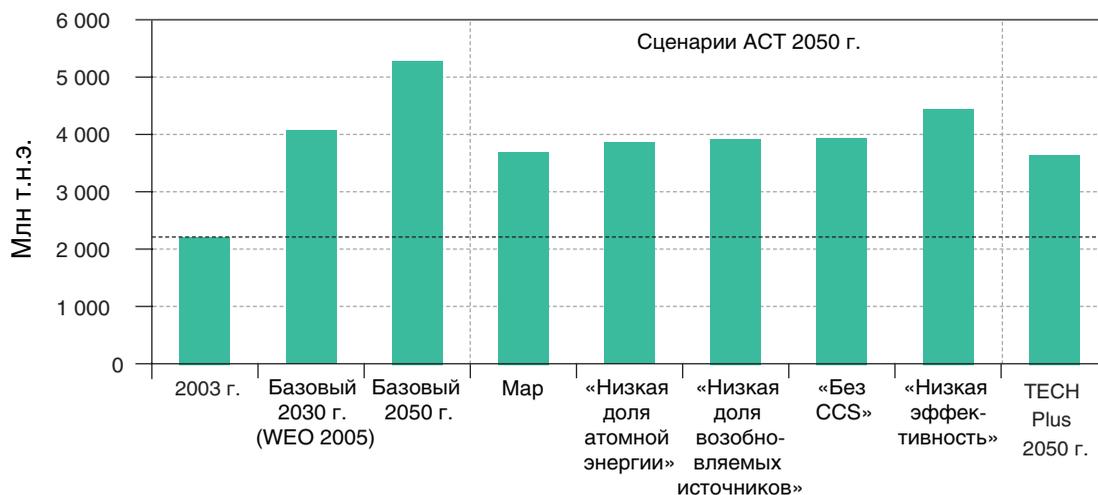
Врезка 2.5 Поставки нефти и цены на нефть

В базовом сценарии до 2030 г. используется цена на нефть, взятая из «Обзора мировой энергетики» (WEO 2005). Для 2030–2050 гг. цена рассчитывается на основе анализа баланса традиционных и нетрадиционных нефтяных запасов и их потенциального влияния на уровень добычи. Учитывается также конкуренция со стороны таких видов жидкого топлива, как биотопливо, синтетическое топливо из газа и угля.

В базовом сценарии из «Обзора мировой энергетики» полагается, что цена на сырую нефть в 2030 г. будет составлять 39 долларов за баррель (в долларах 2004 г.). В Базовом сценарии данной работы считается, что эта цена в 2050 г. составит около 60 долларов за баррель, так как традиционные источники нефти уступят место более дорогим нетрадиционным источникам. Тем не менее, сокращение потребления нефти в сценариях АСТ приведет к снижению цены на нефть на 5–15 долларов за баррель в 2050 г. (в зависимости от сценария). Однако цена для потребителей останется неизменной, так как поддержка цены выброса тонны CO₂ на уровне 25 долларов означает повышение цены на нефть на 10 долларов за баррель.

В базовом сценарии доля стран, не являющихся членами ОЭСР, в потреблении нефти увеличится с 40% (2003 г.) до 57% (2050 г.) (Рисунок 2.16). В сценарии TECH Plus данный показатель на 2050 г. составит 61%. Это будет связано с более быстрыми темпами внедрения технологий водородных топливных элементов в странах ОЭСР.

Рисунок 2.17 ► Мировое потребление газа по различным сценариям, 2003–2050 гг.



Важный вывод:

В сценариях АСТ и TECH Plus потребление газа будет на 65–101% больше, чем в настоящий момент, но оно будет значительно ниже, чем в базовом сценарии.

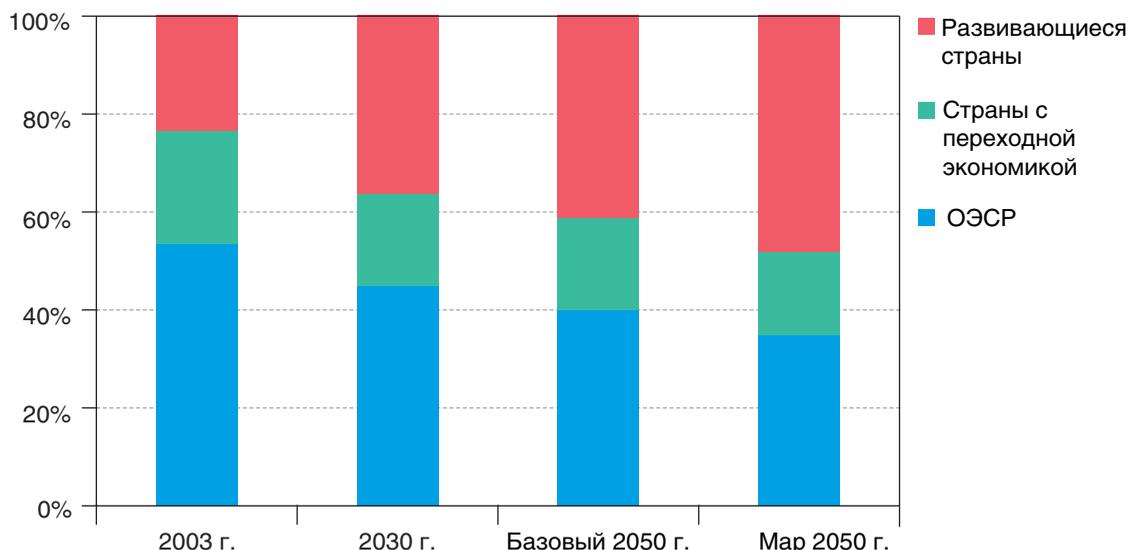
Природный газ

Потребление газа в базовом сценарии в 2003–2050 гг. будет расти в среднем на 1,9% в год: с 2 224 млн т.н.э. до 5 349 млн т.н.э. (Рисунок 2.17). Объемы газа, используемого в электроэнергетике, будут расти на 2,4% в год: с 832 млн т.н.э. (2003 г.) до 2 504 млн т.н.э. (2050 г.). Объемы газа, используемого в топливно-химической промышленности, будут расти на 1,8% в год: с 221 млн т.н.э. (2003 г.) до млн т.н.э. (2050 г.). В основном рост будет отмечаться в производстве жидких видов топлива из газа. Рост потребления газа в секторе конечного потребления составит 1,4% в год (без существенной разницы по конкретным областям).

В сценарии Мар потребление газа будет расти в среднем на 1,1% в год и достигнет 3 746 млн т.н.э. в 2050 г. Это на 1 602 млн т.н.э. меньше, чем в базовом сценарии, но на 67% больше, чем в 2003 г. Три четверти сокращения использования газа придется на электроэнергетику и будет связано с сокращением потребления электроэнергии и уменьшением доли газа в топливном балансе с 28 до 23%. Потребление газа в сценарии Мар составит 3 746 млн т.н.э., а в сценарии «Низкая эффективность» – 4 513 млн т.н.э. В прочих сценариях потребление газа будет составлять 3 918–3 989 млн т.н.э. В сценарии ТЕСН Plus этот показатель будет равняться 3 697 млн т.н.э. (2050 г.), что на 1% меньше, чем в сценарии Мар.

Спрос на газ в развивающихся странах в базовом сценарии вырастет более чем в 4 раза: с 532 млн т.н.э. (2003 г.) до 2 345 млн т.н.э. (2050 г.), то есть темпы роста составят в среднем 3,2% в год. К 2050 г. в развивающихся странах газа будет потребляться больше, чем в странах ОЭСР. При

Рисунок 2.18 ► Потребление газа по регионам, 2003–2050 гг.



Важный вывод:

К 2050 г. в развивающихся странах будет потребляться больше газа, чем в странах ОЭСР.

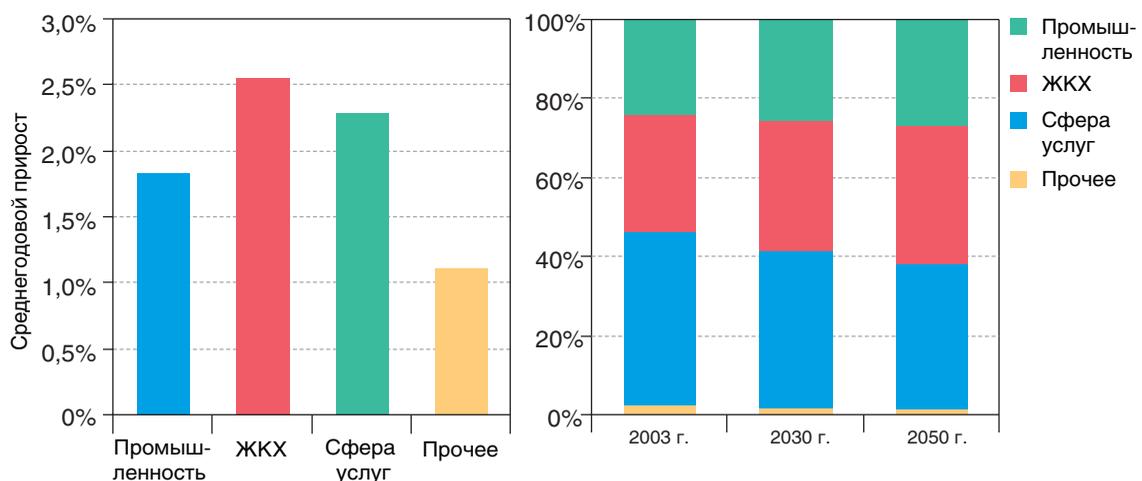
этом более половины всего роста потребления придется на электроэнергетику. Потребление газа в странах ОЭСР будет расти на 1,2% в год: с 1 189 млн т.н.э. (2003 г.) до 2 058 млн т.н.э. (2050 г.). Как и в развивающихся странах, более половины всего роста потребления газа в странах ОЭСР придется на электроэнергетику. В странах с переходной экономикой в период 2003–2050 гг. потребление газа будет расти на 1,3% в год. В базовом сценарии доля развивающихся стран в мировом потреблении газа вырастет с менее чем 25% (2003 г.) до 44% (2050 г.) (Рисунок 2.18). В сценарии Мар доля развивающихся стран в мировом потреблении газа к 2050 г. составит 48%.

Электроэнергия

В базовом сценарии в 2003–2050 гг. рост потребления электроэнергии составит в среднем 2,2% в год. Таким образом, темпы роста потребления электроэнергии будут самыми высокими среди всех компонентов конечного потребления. Потребление электроэнергии вырастет с 1 433 млн т.н.э. (16 661 ТВт/ч) в 2003 г. до 4 010 млн т.н.э. (46 631 ТВт/ч) в 2050 г. Доля электроэнергии в конечном потреблении вырастет с 16% (2003 г.) до 23% (2050 г.). Эти тенденции будут обусловлены быстрым ростом населения и доходов в развивающихся странах, ростом количества электроприборов и ростом числа процессов в промышленности, для осуществления которых используется электроэнергия.

Согласно базовому сценарию в жилищно-коммунальном секторе рост потребления электроэнергии в период 2003–2050 гг. составит в среднем

Рисунок 2.19 ► Рост потребления электроэнергии в различных секторах экономики (2003–2050 гг.) и доли секторов (2003, 2030, 2050 гг.) в Базовом сценарии.



Важный вывод:

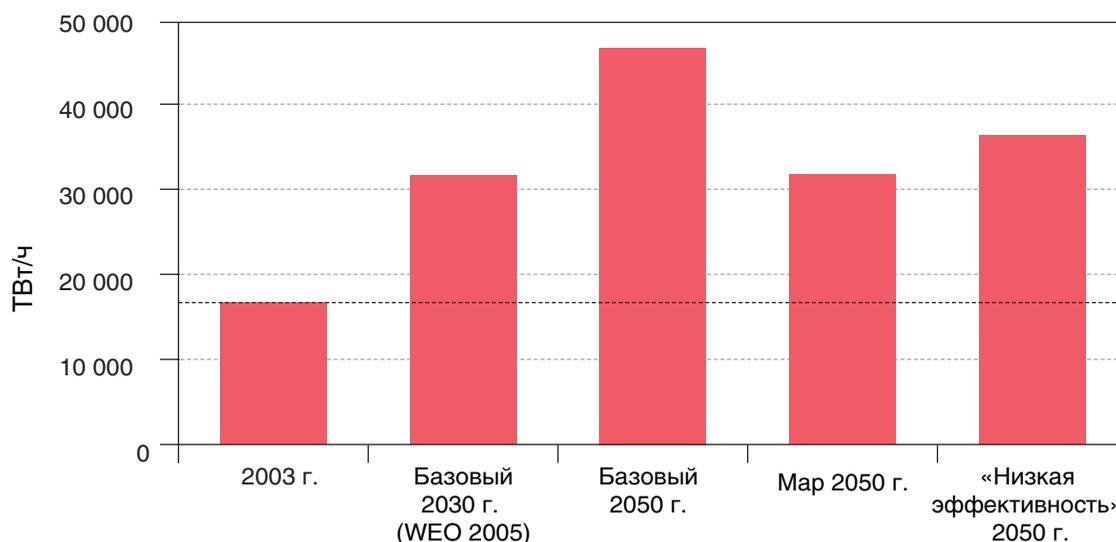
Рост потребления электроэнергии будет наиболее сильным в жилищном секторе и в сфере услуг.

2,6% в год, что на 1% больше, чем рост в секторе услуг – 2,5% в год (Рисунок 2.19). Рост потребления электроэнергии в промышленности составит 1,8% в год, и электричество станет самым динамично растущим источником энергии в этом секторе. Доля промышленности в общем потреблении электроэнергии в период 2003–2050 гг. сократится с 44% (2003 г.) до 37% (2050 г.), доля жилищного сектора вырастет с 30 до 35%, а доля сектора услуг вырастет с 24 до 27%.

Потребление электроэнергии в развивающихся странах будет расти в среднем на 3,6% в год, то есть в 3 раза быстрее, чем в странах ОЭСР. Причиной этого будет быстрый рост численности населения, ВВП и дохода на душу населения в этих странах. К 2050 г. миллионы людей в развивающихся странах получат доступ к электроэнергии.

В сценарии Мар ежегодный рост потребления электроэнергии в период 2003–2050 гг. составит в среднем 1,4%. В 2050 г. будет потребляться 2 732 млн т.н.э. (31 776 ТВт/ч) (Рисунок 2.20). Это обусловлено тем, что рост потребления электроэнергии в этом сценарии будет идти в 2 раза медленнее, чем в Базовом сценарии. При этом надо учитывать, что многие потребители, стремясь сократить выбросы CO₂ с наименьшими издержками для себя, будут переходить на электроэнергию (например, использовать электрические обогревательные системы в домах или соответствующие процессы в промышленности). Потребление электроэнергии в сценарии Мар в 2050 г. будет на 32% меньше, чем в базовом сценарии. 56% сокращения потребления произойдет за счет жилищного сектора, 26% – за счет про-

Рисунок 2.20 ► Потребление электроэнергии по трем сценариям Базовый, Мар и «Низкая эффективность», 2003, 2030 и 2050 гг.



Важный вывод:

В сценарии Мар потребление электроэнергии в 2050 г. будет на 32% ниже, чем в базовом сценарии.

мышленности. Все это внесет значительный вклад в сокращение выбросов CO_2 . Отметим, что в сценарии «Низкая эффективность» в 2050 г. потребление электроэнергии будет на 14% выше, чем в сценарии Мар, и составит 3 124 млн т.н.э. (36 335 ТВт/ч).

Потребление энергии и выбросы CO_2 по секторам

Согласно Базовому сценарию потребление энергии продолжает увеличиваться во всех секторах. Нетто-потребление энергии в электроэнергетике (включая тепловые станции) составляет около половины общего роста потребления первичных энергоносителей (Рисунок 2.21). Рост объемов энергии, используемой для переработки топлива, постоянно увеличивается: если в 2003–2030 гг. его среднегодовые составляют 1,4%, то в 2030–2050 гг. – уже 2,8% в год. Данная тенденция связана с увеличением производства синтетического топлива, получаемого из угля и газа. Производство синтетического топлива обычно достигает уровня эффективности в 50–60%, в то время как эффективность НПЗ (именно они до 2030 г. остаются главными потребителями энергии в этой отрасли) при переработке сырой нефти в нефтепродукты составляет от 85 до 95%.

Потребление электроэнергии в транспортном и жилищном секторах и в промышленности при Базовом сценарии увеличивается в среднем на 1,4% в год с 2003 по 2050 г., что меньше, чем в 1971–2003 гг. (1,7%). Потребление энергии на транспорте обусловлено продолжающимся ростом населения и уровня доходов в развивающихся странах, и в 2003–2050 гг. оно увеличивается в среднем на 1,8% в год. Потребление энергии в жилищном секторе (точнее, в зданиях и сооружениях) увеличивается в среднем на 1,4% в год, приблизительно 70% этого роста приходится на развивающиеся страны. Потребление энергии в промышленном секторе увеличивается медленнее – в среднем на 1,2% в год. Около 64% роста промышленного потребления энергии приходится на развивающиеся страны.

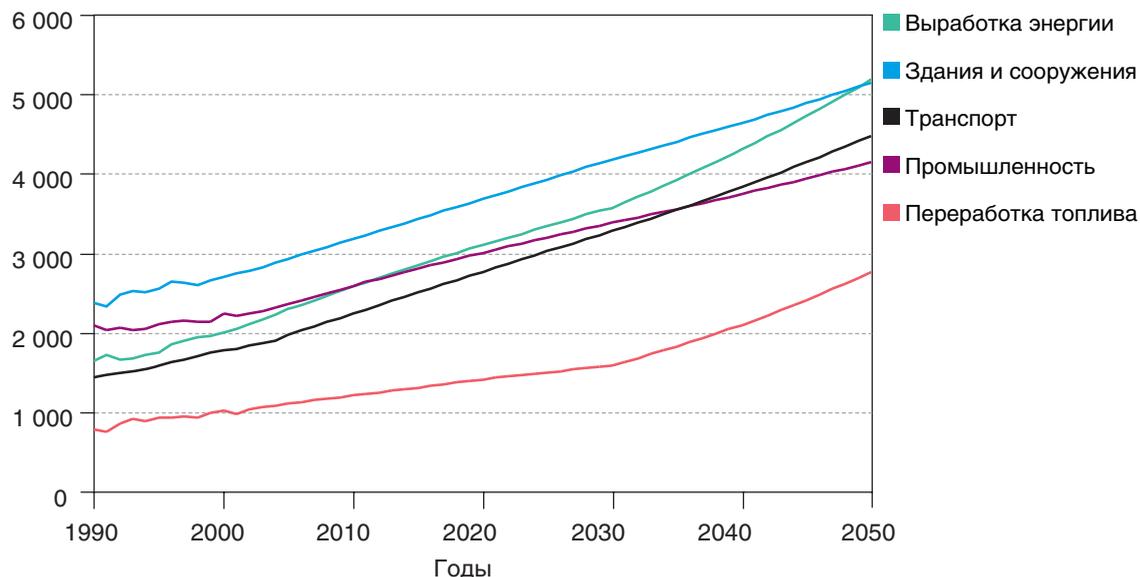
Сценарий Мар предполагает чистый рост потребления энергоресурсов при выработке электрической и тепловой энергии примерно на 70% в 2003–2050 гг. Потребление энергии для выработки электричества в сценарии Мар в 2050 г. оказывается ниже на 28% аналогичного показателя Базового сценария. Потребление энергии при переработке топлива увеличивается с 1 103 млн т.н.э. в 2003 г. до 2 154 млн т.н.э. в 2050 г. Это на 22% меньше, чем при Базовом сценарии в 2050 г.

В переработке топлива (НПЗ, заводы по производству жидких видов топлива из угля и газа и т. д.) объем потребленной электроэнергии в сценарии Мар и в сценарии «Низкая эффективность» оказывается ниже, чем при Базовом сценарии. Тем не менее, при сценарии TECH Plus общее снижение энергопотребления и снижение потребления электроэнергии на НПЗ, связанное с относительно более низким потреблением нефтепродуктов, значительно

возмещается увеличением потребления электроэнергии при производстве биотоплива и водородного топлива.

Рисунок 2.21 ► Потребление энергии по секторам экономики в Базовом сценарии¹⁵

Важный вывод:



Выработка энергии и сектор переработки топлива ускоряют рост общего потребления энергии.

Потребление энергии в промышленности, зданиях и сооружениях и на транспорте растет в среднем на 0,9% в год при сценарии Мар: с 7 287 млн т.н.э. в 2003 г. до 10 895 млн т.н.э. в 2050 г. Соответственно, в 2050 г. этот показатель оказывается на 23% меньше, чем при Базовом сценарии. В сценарии Мар самый высокий темп роста энергопотребления по-прежнему отмечается на транспорте – в среднем 1,4% в год. В результате в абсолютных величинах транспортное энергопотребление к 2050 г. достигает 3 705 млн т.н.э. Это на 767 млн т.н.э. (17%) меньше, чем при Базовом сценарии.

Общее потребление энергии в промышленности в сценарии Мар увеличивается в среднем на 0,8% в год, достигая к 2050 г. 3 339 млн т.н.э., что на 19% меньше аналогичных показателей Базового сценария. Рост потребления энергии в зданиях и на оборудовании с 2003 по 2050 г. в среднем уменьшается на 0,5% в год. Физические объемы потребления к 2050 г. достигают уровня 3 428 млн т.н.э., что на треть меньше, чем при Базовом сценарии. На данный сектор приходится около двух третей экономии электроэнергии.

¹⁵ Потребление энергии станциями, вырабатывающими электроэнергию и тепло, подразумевает нетто-объемы выработки электричества и тепла. Электроэнергия и тепло включены в секторы, где они используются. В таблицу не включено использование топлива, не связанное с энергетикой.

Таблица 2.7 ► Потребление энергии в мире по секторам и сценариям¹⁶

	Базовый сценарий		Сценарии		
	2003 г., млн т.н.э.	2050 г., млн т.н.э.	Мар, млн т.н.э.	«Низкая эффективность», млн т.н.э.	TECH Plus, млн т.н.э.
Станции, вырабатывающие электроэнергию и тепло	2 180	5 177	3 712	4 716	3 929
Другие виды переработки топлива	1 003	2 761	2 154	2 398	2 975
Промышленность	2 326	4 138	3 339	3 682	3 339
Транспорт	1 895	4 472	3 705	4 232	3 461
Здания и оборудование	2 733	5 142	3 428	3 764	3 428
Отличие от Базового сценария в 2050 г. (%)					
Станции, вырабатывающие электроэнергию и тепло			-28	-9	-24
Другие виды переработки топлива			-22	-13	8
Промышленность			-19	-11	-19
Транспорт			-17	-5	-23
Здания и оборудование			-33	-27	-33

Примечание: в данной таблице к зданиям и оборудованию относится также сельское хозяйство (298 млн т.н.э. в 2050 г.).

По каждой из трех групп стран мира по сценарию Мар здания и сооружения демонстрируют наибольшее снижение относительно Базового сценария в процентном отношении, экономия энергии составляет от 32 до 36% в 2050 г. (Таблица 2.8). Экономия энергии на транспорте согласно сценарию Мар к 2050 г. в зависимости от группы стран составляет от 10 до 20% относительно уровня Базового сценария, а экономия энергии в промышленности – соответственно, от 21 до 25%. В абсолютных значениях экономия в сценариях АСТ наиболее заметна в развивающихся странах, около 447 млн т.н.э. На транспорте экономия энергии приблизительно одинакова у стран ОЭСР (378 млн т.н.э.) и развивающихся стран (354 млн т.н.э.). В секторе зданий и сооружений экономия энергии достигает максимальных значений в развивающихся странах, что отражает большую разницу в населении между ОЭСР и развивающимися странами.

При Базовом сценарии с 2003 по 2050 г. выбросы CO₂ станциями увеличиваются на 164%. Возросший спрос на электроэнергию удовлетворяется за счет увеличившихся мощностей угольной генерации. На станции, вырабатывающие электроэнергию и тепло, приходится 45% от выбросов CO₂ в 2050 г., на транспорт – одна пятая часть. Выбросы CO₂ при переработке топлива увеличатся к 2050 г. в 4 раза, до 7 603 млн тонн. Это связано с увеличением производства синтетического топлива из газа и угля. Выбросы CO₂ на транспорте увеличиваются в 2003–2050 гг. более чем в 2 раза, выбросы CO₂ по зданиям и сооружениям увеличиваются на две трети, в промышленности – на 45%.

¹⁶ Потребление энергии станциями, вырабатывающими электроэнергию и тепло, подразумевает нетто-объемы выработки электричества и тепла. Электроэнергия и тепло включены в сектора, где они используются. В таблицу не включено использование топлива, не связанное с энергетикой.

Таблица 2.8 ► Снижение общего потребления электроэнергии относительно Базового сценария, по группам стран в сценарии Мар в 2050 г.

	Отличие от Базового сценария в 2050 г., млн т.н.э.			
	Весь мир	ОЭСР	Страны с переходной экономикой	Развивающиеся страны
Промышленность	-799	-322	-90	-387
Транспорт	-767	-378	-34	-354
Здания и оборудование	-1715	-630	-149	-936
	Отличие от Базового сценария в 2050 г., %			
	Весь мир	ОЭСР	Страны с переходной экономикой	Развивающиеся страны
Промышленность	-19	-20	-22	-18
Транспорт	-17	-20	-10	-16
Здания и оборудование	-33	-36	-33	-32

Таблица 2.9 ► Выбросы CO₂ по секторам и сценариям, 2003 и 2050 г.¹⁷

	Базовый сценарий		Сценарии АСТ 2050 г.		
	2003 г., млн т CO ₂	2050 г., млн т CO ₂	Мар	«Низкая эффективность»	TECH Plus
			млн т CO ₂	млн т CO ₂	млн т CO ₂
Станции, вырабатывающие электроэнергию и тепло	9 946	26 294	7 324	8 751	5 119
Другие виды переработки топлива	1 718	7 603	2 696	3 451	2 074
Промышленность	4 490	6 512	3 501	4 363	3 501
Транспорт	5 122	11 733	8 486	9 866	5 946
Здания и оборудование	3 255	5 469	3 552	4 373	3 550
	Доля выбросов CO ₂ , %				
Станции, вырабатывающие электроэнергию и тепло	41	46	29	28	25
Другие виды переработки топлива	7	13	11	11	10
Промышленность	18	11	14	14	17
Транспорт	21	20	33	32	29
Здания и оборудование	13	9	14	14	18
	Отличие доли выбросов CO ₂ от Базового сценария в 2050 г., %				
Станции, вырабатывающие электроэнергию и тепло			-72	-67	-81
Другие виды переработки топлива			-65	-55	-73
Промышленность			-46	-33	-46
Транспорт			-28	-16	-49
Здания и оборудование			-35	-20	-35

В сценарии Мар значительное снижение углеродоемкости выработки электроэнергии к 2050 г. приводит к уменьшению выбросов CO₂ от станций на 72% по сравнению с Базовым сценарием. В переработке топлива на снижение производства синтетического топлива из угля придется до 65% снижения уровня выбросов в 2050 г. по сравнению с Базовым сценарием. Соответственно, выбросы CO₂ в категории «здания и сооружения» в 2050 г.

¹⁷ В таблице 2.9 выбросы CO₂ от выработки электроэнергии не переносятся на конечных потребителей. В Таблице 2.2 приводятся данные по снижению выбросов относительно Базового сценария, в том числе с разбивкой по конечным потребителям электроэнергии.

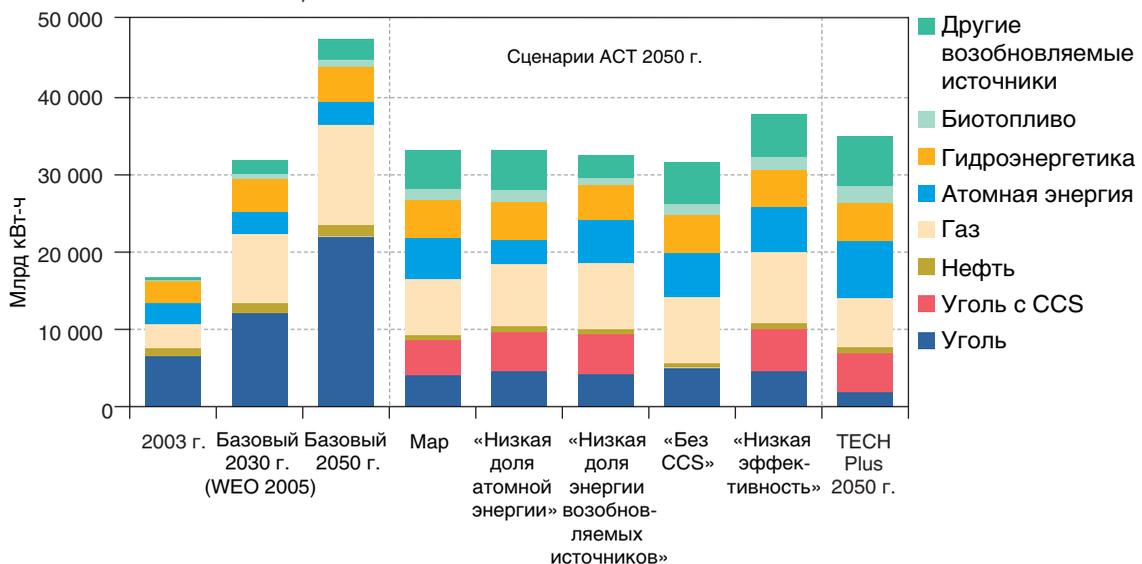
оказывается на 35% меньше соответствующих значений Базового сценария, выбросов CO₂ на транспорте – на 28%, в промышленности – на 54%.

В сценарии Мар снижение углеродоемкости выработки электроэнергии приводит к снижению ее доли в выбросах CO₂ до 27% в 2050 г. по сравнению с 45% в Базовом сценарии. Сложность декарбонизации транспорта приводит к увеличению его доли в выбросах в сценарии Мар до 33% к 2050 г. Дополнительное использование биотоплива и повсеместное внедрение водородного топлива в сценарии TECH Plus снижает долю транспорта в выбросах CO₂ до 29%.

Выработка электроэнергии

Согласно Базовому сценарию, выработка электроэнергии в мире практически утраивается с 2003 по 2050 г. (Рисунок 2.22). Мощности угольной генерации в 2050 г. почти в 3 раза выше сегодняшнего уровня и дают более половины дополнительной выработки электроэнергии с 2003 по 2050 г. (Рисунок 2.23). Мощность газовых электростанций увеличивается в 4 раза и обеспечивает около трети дополнительной выработки электроэнергии в мире. На гидроэнергетику и возобновляемые источники энергии (кроме биомассы, в основном – ветряная энергетика) приходится по 6% новых не-

Рисунок 2.22 ► Глобальное производство электроэнергии по видам топлива и сценариям, 2003, 2030 и 2050 гг.



Важный вывод:

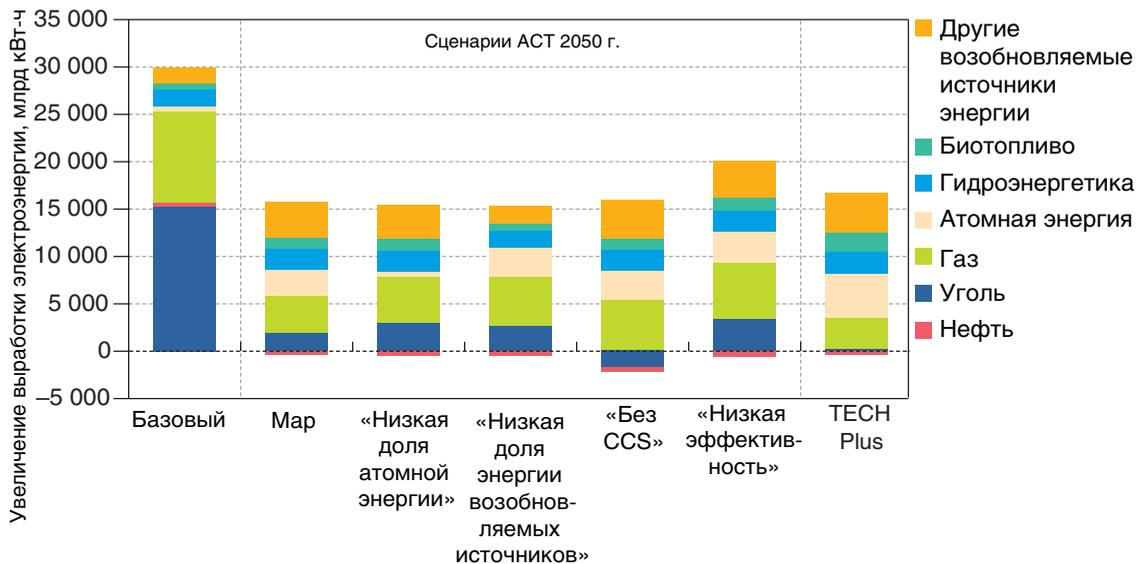
В сценарии Мар гидроэнергетика, атомная энергетика и возобновляемые источники энергии дают около половины общего объема выработки электроэнергии в 2050 г.

обходимых мощностей, а на энергию биомассы и атомную энергию – соответственно по 2%.

Во всех сценариях значительное снижение энергопотребления в зданиях и промышленности приводит к снижению потребности в новых генерирующих мощностях. Потребление электричества в 2050 г. варьируется от 181% от уровня 2003 г. при сценарии «Без CCS», до 218% – при сценарии «Низкая эффективность». Производство электроэнергии при сценарии TESH Plus в 2050 г. оказывается выше соответствующего показателя сценария Мар на 4% в силу роста потребления электроэнергии предприятиями по производству водорода методом электролиза.

Средства поощрения снижения выбросов CO₂ и другие меры, предлагаемые согласно сценариям АСТ, значительно изменяют топливный баланс выработки электроэнергии относительно Базового сценария (Таблица 2.10). В зависимости от сценария ядерное топливо, возобновляемые источники и, в определенной степени, газ оказываются более привлекательными энергоносителями, чем уголь.

Рисунок 2.23 ▶ Рост производства электроэнергии по видам топлива и сценариям, 2003–2050 гг.



Важный вывод:

Рост угольной генерации значительно уменьшается при сценариях АСТ и TESH Plus.

Уголь

Угольная генерация во всех сценариях АСТ значительно ниже, чем при Базовом сценарии. В сценарии «Без CCS» доля угля – наименьшая в топливном балансе глобальной энергетики, в 2050 г. она составляет лишь 16,5% по сравнению с 47% при Базовом сценарии. В данном сценарии мощности угольной генерации в 2050 г. эквивалентны 4 988 млрд. кВт-ч, что на 77% ниже, чем в Базовом сценарии, и на четверть ниже уровня 2003 г. При всех

остальных сценариях АСТ станции, работающие на угле (с и без CCS), к 2050 г. сохраняют за собой значительные доли на рынке: от 26,9% до 30,4%. К 2050 г. в зависимости от сценария АСТ выработка энергии на угольных электростанциях составит от 8 551 млрд киловатт-час до 10 029 млрд киловатт-час. Из этого объема на оборудованные CCS станции придется от 53 до 55% в зависимости от сценария. При сценарии TECH Plus мощность угольной генерации составляет 6 879 млрд. киловатт-час, из которых только 1 877 млрд. киловатт-час не будут оснащены CCS.

Нефть и газ

Доля газа в топливном балансе глобальной энергетики остается довольно постоянной при всех сценариях АСТ. К 2050 г. доля газа в Базовом сценарии увеличится с 19,4% в 2003 г. до 27,6% в 2050 г. При сценариях АСТ доля газа в топливном балансе колеблется от 22,6 % в сценарии Мар до 28,2% в сценарии «Без CCS». Хотя мощности газовой генерации при сценариях АСТ к 2050 г. оказываются на 28–44% ниже аналогичных показателей Базового сценария, они все же довольно значительно возрастают относительно уровня 2003 г., равного 3 225 млрд киловатт-час. При сценарии Мар объем газовой генерации к 2050 г. составляет 7 192 млрд киловатт-час, а в сценарии «Низкая эффективность» – 9 229 млрд. киловатт-час. В сценарии TECH Plus мощности газовой генерации составляют примерно половину от таковых в Базовом сценарии в 2005 г. – 6 425 млрд. киловатт-час, или 20% от общего объема производства электроэнергии.

Доля мазутных электростанций уменьшается при всех сценариях с 2003 по 2050 г. При Базовом сценарии их доля составляет 3,3%, а при сценариях АСТ и TECH Plus нефть занимает 2% в топливном балансе глобальной энергетики.

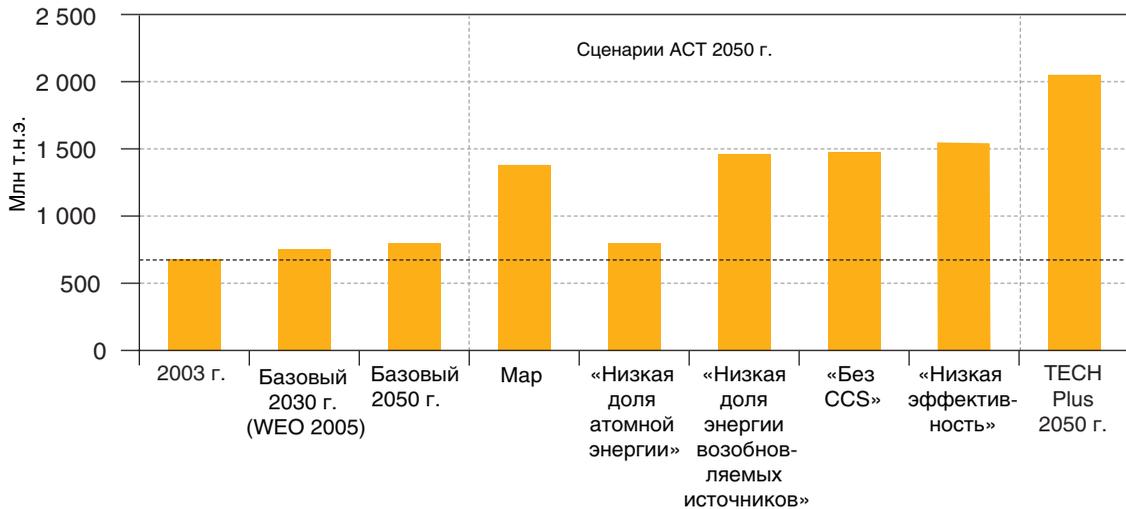
Атомная энергия

Согласно Базовому сценарию объем производства электроэнергии на атомных электростанциях увеличится с 2 635 млрд. киловатт-час в 2003 г. до 3 107 млрд. киловатт-час в 2050 г. (Рисунок 2.24). Подобное увеличение потребует значительных инвестиций в строительство новых мощностей, так как практически все работающие сегодня реакторы к 2050 г. необходимо будет заменить.

Атомные электростанции, на долю которых согласно Базовому сценарию приходится 6,7% выработки электричества в 2050 г., значительно увеличивают свою долю в общей генерации в рамках сценариев АСТ (за исключением сценария «Низкая доля атомной энергии»). При сценарии «Низкая эффективность» доля атомной энергии в общей генерации составляет 16%, а при сценарии «Без CCS» – 19%. При сценарии «Низкая доля атомной энергии» рост атомной мощности такой же, как в Базовом сценарии. Однако из-за более низкого общего потребления энергии доля атомной энергии к 2050 г. оказывается выше (9,8 % в топливном балансе глобальной энергетики). При сценарии Мар выработка электроэнергии на АЭС достигает к 2050 г. 5 338 млрд киловатт-час, что в 2 раза больше показателей 2003 г.

и на 72% больше, чем при Базовом сценарии в 2050 г. Общая мощность атомной энергетики в 2050 г. колеблется от 3 100 млрд киловатт-час при сценарии «Низкая доля атомной энергии» до 5 814 млрд киловатт-час при сценарии «Низкая эффективность».

Рисунок 2.24 ► Глобальное использование атомной энергии в различных сценариях, 2003–2050 гг.



Важный вывод:

Использование атомной энергии с 2003 по 2050 г. по сценарию Мар вырастет на 103%, по TECH Plus – на 202%.

Для того, чтобы атомная энергия к 2050 г. смогла играть большую роль, чем ей предписано в сценариях АСТ, необходимо преодолеть ряд серьезных трудностей. В Главе 4 более подробно обсуждается, что в настоящий момент уже разрабатываются ядерные технологии, которые могли бы помочь справиться с этими трудностями. Если эти технологии станут более доступными, атомная энергия к 2050 г. может стать значительно более важным топливом для мировой энергетики, нежели это предполагают сценарии АСТ. Сценарий TECH Plus подразумевает ряд оптимистических предположений относительно атомной энергии (а также относительно некоторых других технологий), в частности увеличение конкурентоспособности атомных технологий. Согласно данному сценарию производство электроэнергии на атомных электростанциях с 2003 по 2050 г. увеличится на 177% и к 2050 г. составит около 7 300 млрд киловатт-час. При этом в 2003–2050 гг. на долю АЭС придется 29% прироста, а к 2050 г. ядерное топливо будет обеспечивать выработку 22% электричества. Более того, по сценарию TECH Plus для производства водорода посредством серно-йодного термохимического цикла используется эквивалент приблизительно 665 млрд киловатт-час атомной генерации. В итоге по TECH Plus мощность АЭС к 2050 г. будет примерно в 3 раза больше, чем в 2003 г.

Гидроэнергетика и биомасса

Согласно Базовому сценарию производство электроэнергии на гидростанциях увеличивается с 2 645 млрд киловатт-час в 2003 г. до 4 420 млрд киловатт-час в 2050 г. Несмотря на оптимистические прогнозы развития гидроэнергетики, ее доля в общей выработке электроэнергии в Базовом сценарии снижается с 16% в 2003 г. до 9% в 2050 г. При сценариях АСТ, за исключением сценария «Низкая доля возобновляемых источников», производство электроэнергии на ГЭС в 2050 г. приблизительно на 10% выше, чем при Базовом сценарии. Это небольшое увеличение связано с ограниченным количеством мест для строительства крупных новых гидроэлектростанций. С другой стороны, снижение потребления электричества в сценариях АСТ означает, что доля гидроэнергии в общей выработке возрастет за 2003–2050 гг. с 13% до 16%. При сценарии TESH Plus объем выработки электроэнергии на ГЭС в 2050 г. приблизительно на 14% выше, чем при Базовом сценарии.

Производство электричества из биомассы и других горючих возобновляемых энергоресурсов будет значительно увеличено относительно сегодняшнего уровня как при Базовом сценарии, так и при сценариях АСТ. К 2050 г. доля биомассы в топливном балансе глобальной электроэнергетики будет составлять 2% в Базовом сценарии, 3% в сценарии «Низкая доля возобновляемых источников» и около 4,5% при всех остальных сценариях АСТ. При сценарии TESH Plus доля биомассы в 2050 г. достигает 5,1%.

Другие возобновляемые источники энергии

Доля других возобновляемых источников энергии, к которым относятся ветер, солнечная энергия, геотермальные источники, энергия приливов и волн, показывает наибольший рост, правда, с минимальных стартовых значений. Согласно Базовому сценарию производство электроэнергии с их использованием со 1 13 млрд киловатт-час в 2003 г. вырастет до 1 800 млрд киловатт-час в 2050 г. При сценарии Мар выработка на этих источниках в 2050 г. в 2 раза превосходит Базовый сценарий и оказывается выше всех остальных сценариев АСТ. Особняком стоит сценарий «Низкая доля возобновляемых источников», при котором более пессимистичные прогнозы о снижении стоимости возобновляемых источников энергии к 2050 г. приводят к тому, что рост других возобновляемых источников относительно Базового сценария составляет только 10%. Важнейшим возобновляемым энергоресурсом остается ветер. При сценарии Мар на него приходится примерно две трети от общего объема производства электроэнергии на данной категории возобновляемых источников, который в целом оценивается в 3 620 млрд киловатт-час. Оставшуюся часть поровну делят между собой солнечная и геотермальная энергия, небольшая доля приходится на энергию приливов и волн.

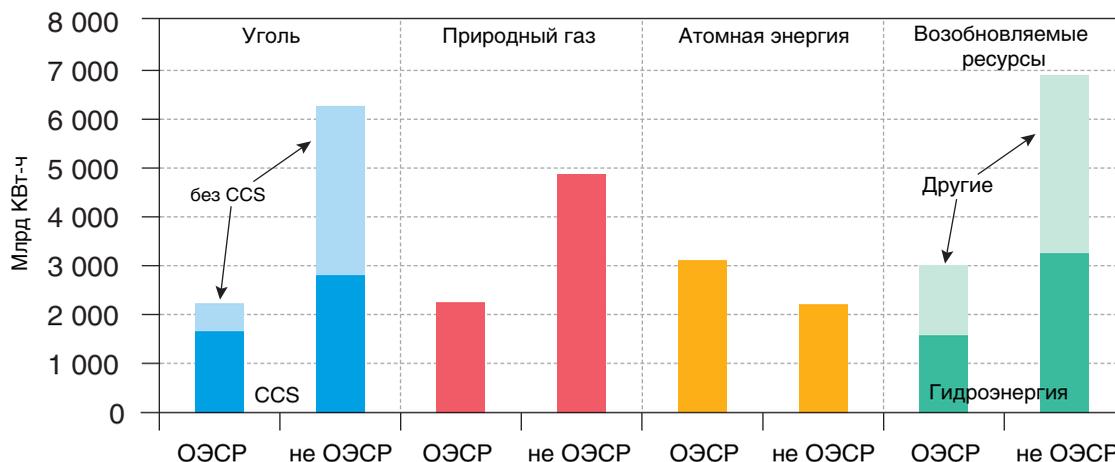
В сценарии TESH Plus более оптимистичные предположения об уменьшении затрат, в частности на ветровую и солнечную генерацию, приводят к росту производства электроэнергии из этих источников в среднем на 8% в год с

2003 по 2050 г., до 4 869 млрд киловатт-час в 2050 г., или до 15% от общего объема производства электроэнергии.

Производство электроэнергии по регионам

При сценарии Мар на страны, не относящиеся к ОЭСР, приходится до 90% от увеличения производства электроэнергии в 2003–2050 гг., общий объем выработки к 2050 г. достигает 20 752 млрд. киловатт-час, что в 2 раза больше соответствующего показателя стран – членов ОЭСР. Приблизительно треть выработки электроэнергии в странах, не входящих в ОЭСР, будет на угле, 45% из этой трети – на станциях с CCS (Рисунок 2.25). Еще треть обеспечивается возобновляемыми энергоресурсами, из которых половину составляет гидроэнергия. Оставшаяся часть электроэнергии вырабатывается на газовых (24%) и атомных (11%) электростанциях. В странах ОЭСР объем угольной генерации в сценарии Мар в 2003–2050 гг. снижается на 1 580 млрд киловатт-час, на угольные электростанции в 2050 г. приходится лишь 21% от общего производства электроэнергии, при этом три четверти угольной генерации приходится на станции с CCS. Общий объем газовой генерации в странах ОЭСР по сравнению с 2003 г. увеличивается на 560 млрд. киловатт-час и фактически к 2050 г. сравнивается с угольной генерацией. На долю атомных станций приходится около 28% общей генерации электроэнергии стран ОЭСР, гидроэнергии – 15%, возобновляемых источников, не связанных с гидроэнергией, – 13%.

Рисунок 2.25 ► Производство электроэнергии по видам топлива при сценарии Мар в странах – членах ОЭСР и не членах ОЭСР, 2050 г.



Важный вывод:

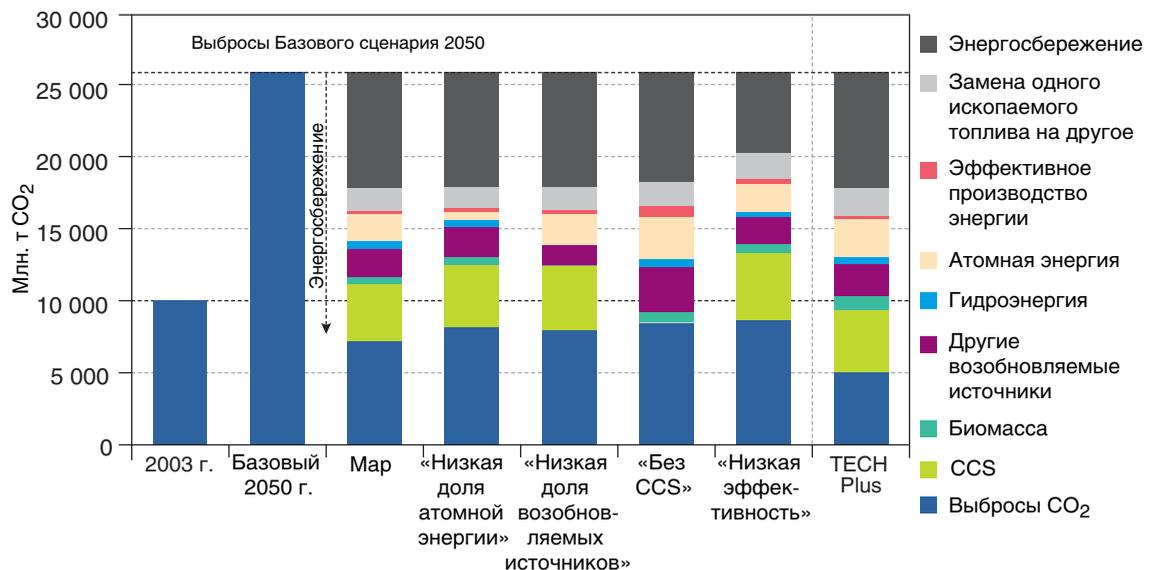
В 2050 г. почти три четверти общих мощностей угольной генерации будет приходиться на страны, не входящие в ОЭСР.

Выбросы углекислого газа при производстве электроэнергии

В сценарии Мар в 2050 г. улавливание выбросов CO_2 на электростанциях составит 3,7 млрд тонн CO_2 , 20% из которых – CCS на угольных станциях непосредственно с обычным, кислородным режимом сжигания. Около 2,2 млрд тонн CO_2 достигается на угольных установках комбинированного цикла с газификацией угля (IGCC) и паровым циклом с улавливанием после сжигания. В 2050 г. половина электростанций, работающих на угле, будет оснащена CCS, в том числе примерно три четверти всех электростанций в странах, входящих в ОЭСР, около половины электростанций в странах с переходной экономикой и 45% электростанций в развивающихся странах. Помимо 3,7 млрд тонн CO_2 , поглощаемых на станциях на ископаемом топливе, около 0,3 млрд тонн CO_2 поглощается на электростанциях, работающих на биомассе, в частности, газоэнергетическими установками черного потока отходов в целлюлозно-бумажной промышленности. На газовых электростанциях не отмечается сколько-нибудь значительного поглощения углекислого газа. Это связано с тем, что CCS оказываются неэффективными по затратам для данных станций при предполагаемом уровне цены снижения выброса CO_2 в 25 долларов США за тонну.

Изменения в топливном балансе электроэнергетики при сценариях АСТ оказывают значимое воздействие на динамику выбросов CO_2 от выработки электроэнергии. В то время как выбросы от производства электроэнергии при Базовом сценарии увеличиваются на 164% в 2003–2050 гг., во всех

Рисунок 2.26 ▶ Выбросы CO_2 при производстве электроэнергии и источники их снижения, 2003–2050 гг.



Важный вывод:

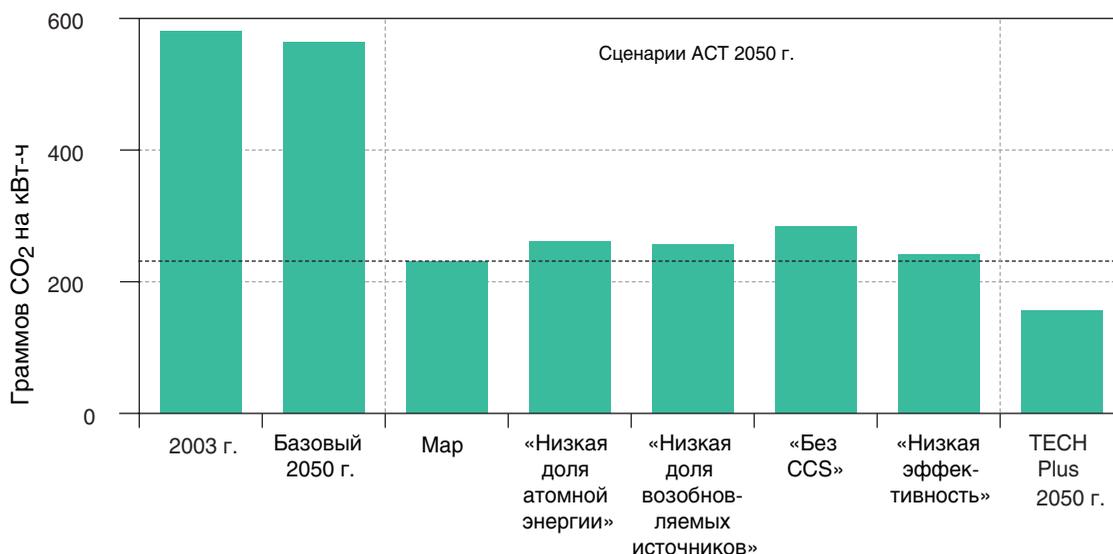
Выбросы CO_2 при производстве электроэнергии во всех сценариях АСТ оказываются ниже уровня 2003 г.

сценариях АСТ в 2050 г. выбросы оказываются ниже уровня 2003 г. (Рисунок 2.26). Среди сценариев АСТ самый низкий уровень выбросов в сценарии Мар – на 26% ниже уровня 2003 г. В данном сценарии потребление электроэнергии в 2005 г. оказывается на 32% ниже, чем при Базовом сценарии, и ответственно за 43% уменьшения выбросов CO_2 в электроэнергетике. На долю CCS приходится еще 21% снижения выбросов. Увеличение выработки электроэнергии на АЭС, на возобновляемых источниках энергии и переход с угля на газ дают в каждом из этих случаев еще по 10% уменьшения выбросов. Остаток приходится на рост эффективности генерации, увеличение производства электроэнергии на ГЭС и на электростанциях, использующих в качестве топлива биомассу.

Роль атомной энергии и возобновляемых источников энергии в снижении выбросов CO_2 увеличивается в сценарии «Без CCS» и тем самым ослабляет отсутствие CCS. Аналогично рост выбросов в сценарии «Низкая эффективность» ослабляется тем, что значительная часть дополнительных генерирующих мощностей, необходимых при данном сценарии, приходится на оборудованные CCS угольные станции, АЭС и возобновляемые источники энергии.

В сценарии TECH Plus рост выработки электроэнергии на АЭС и из возобновляемых источников содействует снижению выбросов в электроэнергетике к 2050 г. на 49% ниже уровня 2003 г. На возобновляемые источники энергии и атомную энергетику приходится до 30% снижения выбросов CO_2 относительно Базового сценария.

Рисунок 2.27 ▶ Удельные выбросы CO_2 при выработке электроэнергии по различным сценариям, 2003 и 2050 гг.



Важный вывод:

В сценариях АСТ глобальные удельные выбросы CO_2 при выработке электроэнергии в 2050 г. в два раза меньше, чем по Базовому сценарию.

Несмотря на увеличение доли газовой и угольной энергетики в Базовом сценарии, удельные выбросы CO_2 при производстве электроэнергии с 2003 по 2050 г. пусть незначительно, но снижаются (Рисунок 2.27). Это является результатом эффективности производства энергии как на угольных, так и на газовых станциях, что, в конечном счете, имеет большее влияние, чем увеличение углеродоемкости топливного баланса. Во всех сценариях АСТ производство электроэнергии менее углеродоемко, и значительно. В сценарии Мар выбросы CO_2 на 1 кВт-ч на 60% ниже, чем в Базовом сценарии. Даже при сценарии «Без CCS» на 1 кВт-ч выбрасывается в 2 раза меньше CO_2 , чем при Базовом сценарии. Согласно сценарию TECH Plus углеродоемкость производства электроэнергии в 2050 г. ниже уровня 2003 г. на 70%.

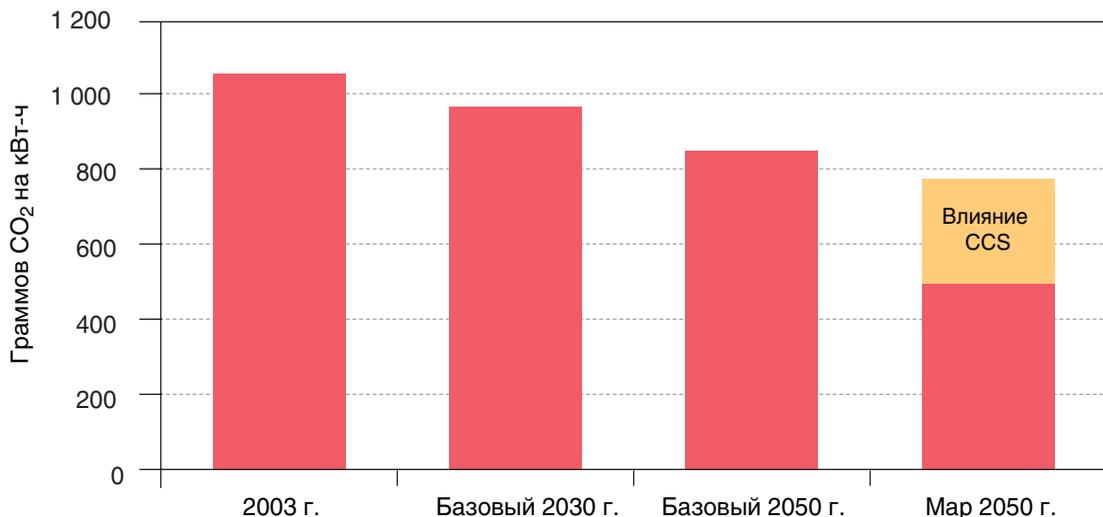
Влияние повышения эффективности выработки энергии на выбросы CO_2 показано на примере Китая на Рисунке 2.28. При Базовом сценарии улучшение эффективности в 2003–2050 гг. снижает выброс CO_2 на единицу произведенной электроэнергии на угольных электростанциях на 20%. Средняя эффективность в Китае в 2003 г. была приблизительно 33%. С ростом количества более эффективных станций (преимущественно парового цикла при сверхкритических температурах) в 2050 г. средняя эффективность увеличивается до 41%. При сценарии Мар средняя эффективность составляет 45% в силу увеличения количества электростанций, работающих на сверхсверхкритических температурах. К 2050 г. около 40% угольных станций оборудованы CCS, что значительно снижает углеродоемкость. Тем не менее, внедрение CCS также приводит к потерям эффективности в среднем на 8%. Средняя эффективность электростанций, не оборудованных такими технологиями, приближается к 48%. В Китае по сценарию Мар нетто-результат роста эффективности выработки энергии на угле и внедрения CCS равен снижению удельных выбросов CO_2 на 42% от Базового сценария.

Транспорт¹⁸

Согласно Базовому сценарию потребление энергии на транспорте между 2003 и 2050 г. возрастает на 136% (Рисунок 2.29). Потребление энергии на транспортные нужды во всем мире в 2050 г. приближается к 4 500 млн т.н.э. На долю нефтепродуктов приходится до 94% этого объема, при этом около четверти нефтепродуктов получается из газа или угля путем синтетических реакций Фишера–Тропша. На долю биотоплива приходится всего 3% общего энергопотребления на транспорте, что эквивалентно 2,6 млн баррелей нефти в сутки. Недостающая часть покрывается газом, в основном используемым для обеспечения энергетических нужд газопроводов, электроэнергией и некоторым количеством угля, потребляемым железнодорожным транспортом.

В сценарии Мар потребление энергии на транспорте в 2050 г. оказывается на 17%, или 767 млн т.н.э. меньше аналогичного показателя Базового сценария. При сценарии TECH Plus экономия топлива к 2050 г. составляет уже

Рисунок 2.28 ► Удельные выбросы CO_2 при выработке электроэнергии на угольных станциях Китая, 2003–2050 гг.



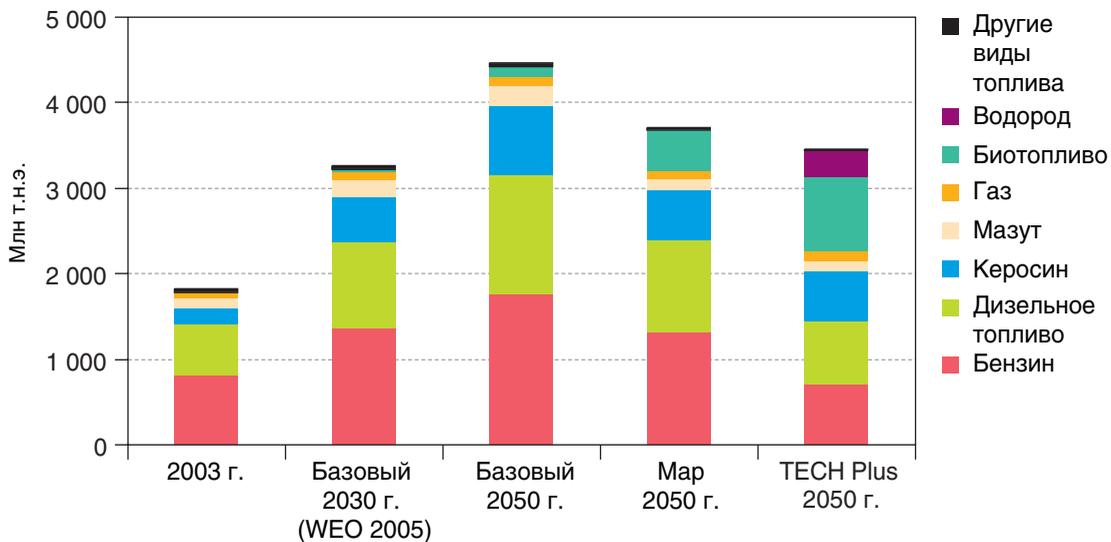
Важный вывод:

Удельные выбросы CO_2 на кВт-ч угольной генерации в сценарии Мар к 2050 г. более чем на 50% ниже, чем в 2003 г. Это результат повышения эффективности генерации и внедрения CCS.

¹⁸ К транспорту относится собственно автомобильный, железнодорожный, авиационный транспорт, а также энергия, потребляемая трубопроводами. При анализе сценариев АСТ и TECH Plus рассматривались только технологические улучшения на автомобильном транспорте. В 2003 г. на автомобили приходилось до 80% потребляемой на транспорте энергии. В этом разделе рассматриваются только сценарии Мар и TECH Plus. По другим сценариям АСТ отмечается незначительное расхождение в объемах потребляемого топлива на транспорте. Единственным исключением может считаться сценарий «Низкая эффективность». Однако в рамках данного исследования не оценивалось влияние более низкой эффективности производства и потребления энергии на развитие технологий и топливный баланс транспортного сектора.

1 011 млн т.н.э., или 23% от уровня Базового сценария. Объем потребления синтетических видов топлива, произведенных из угля и газа, в сценарии Мар к 2050 г. оказывается на 67% ниже соответствующего показателя Базового сценария и на 70% меньше сценария TECH Plus. В обоих этих сценариях доля синтетических видов топлива в общем топливном балансе снижается до менее чем 9%. С другой стороны, в сценарии Мар значительно увеличивается производство биотоплива, к 2050 г. оно достигает 480 млн т.н.э. (Рисунок 2.30). Доля биотоплива в топливном балансе транспорта к 2050 г. в сценарии Мар увеличивается до 13%, в более оптимистичном сценарии TECH Plus – почти до 25%.

Рисунок 2.29 ► Потребление энергии на транспорте по базовому сценарию и сценариям АСТ и TECH Plus, 2003–2050 гг.

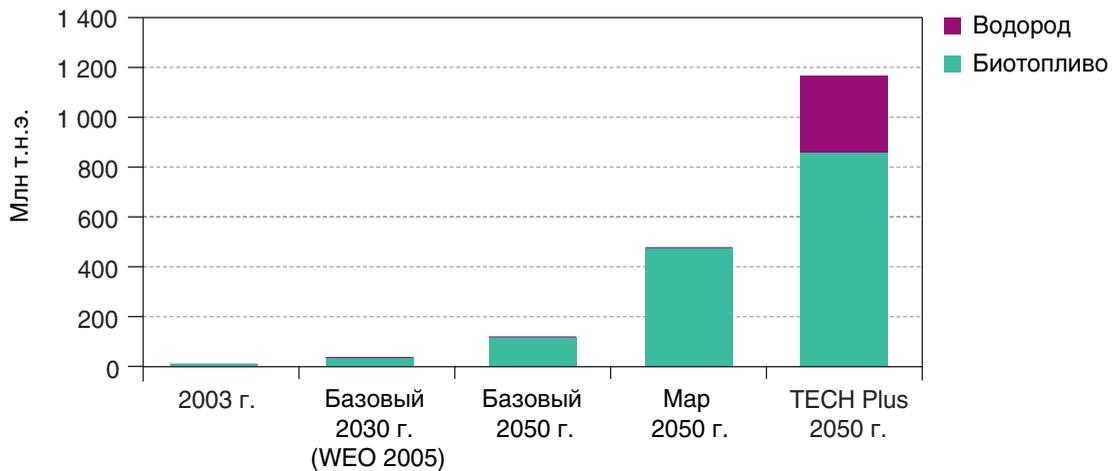


Важный вывод:

Большая топливная эффективность и применение альтернативных видов топлива снижает уровень потребления дизельного топлива и бензина в сценарии Мар на 24%, а в сценарии TECH Plus – на 55% относительно Базового сценария.

Доля водородного топлива на транспорте в сценарии Мар остается незначительной, этот вид топлива сохраняет статус «нишевого». В сценарии TECH Plus снижение стоимости водородных топливных элементов обусловлено прорывными технологическими событиями по целому ряду направлений. Это позволит водородному топливу занять заметную долю на рынке. Согласно данному сценарию потребление водородного топлива на транспорте к 2050 г. составит 308 млн т.н.э., или 9% общего топливного баланса транспорта. При этом данные по объемам потребляемого топлива недостаточно адекватно отображают общую картину, так как к 2050 г. автомобили на водородном топливе по расходу топлива будут в 2 или 3 раза более эффективными, чем автомобили с традиционным двигателем внутреннего сгорания.

Рисунок 2.30 ► Глобальное потребление водорода и биотоплива по различным сценариям, 2003–2050 гг.



Важный вывод:

В сценариях Мар и TECH Plus потребление биотоплива стремительно растет.

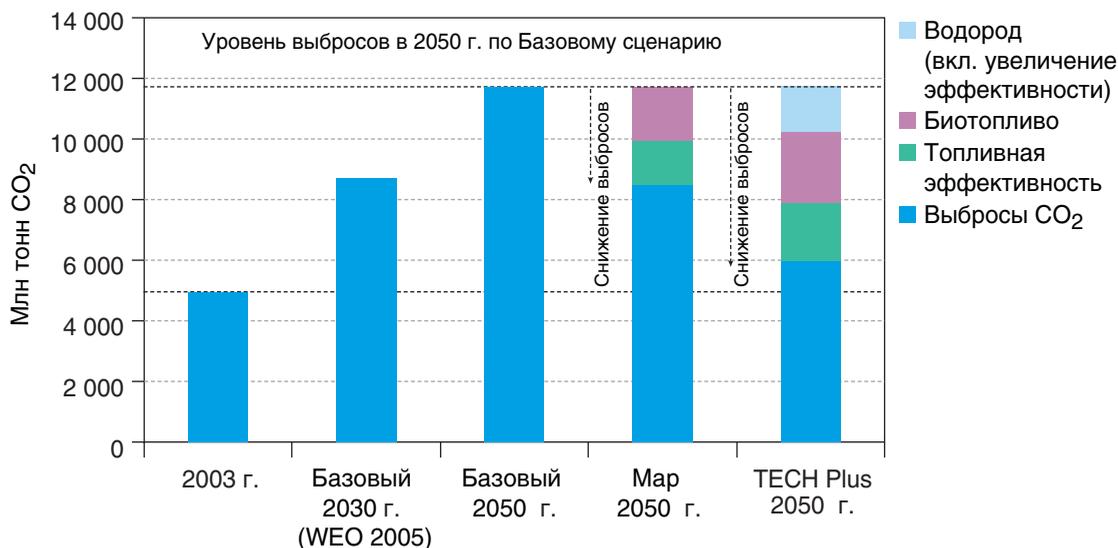
В Базовом сценарии выбросы CO_2 в 2050 г. оцениваются в 11,7 млрд тонн, или в 2,3 раза больше уровня 2003 г. (Рисунок 2.31). Если оценивать выбросы по всей производственной цепочке от скважины до выхлопной трубы, то их объем существенно возрастает из-за большего использования в Базовом сценарии синтетического топлива. Именно этот вид топлива дает очень большой выброс в расчете на всю производственную цепочку. Так, например, синтетическое дизельное топливо, произведенное из угля, при сжигании в стандартном двигателе образца 2003 г. дает в 2,1 раза больше выбросов, чем обыкновенное дизельное топливо, произведенное из нефти (Рисунок 2.32). Таким образом, если учитывать выбросы, получаемые на стадии добычи первичного энергоносителя, выбросы CO_2 на транспорте к 2050 г. достигнут 15,5 млрд тонн.

Рост выбросов CO_2 , как и увеличение энергопотребления, разнится в зависимости от группы стран. В развивающихся странах темпы увеличения выбросов значительно превосходят аналогичные показатели в развитых странах. В Базовом сценарии рост выбросов CO_2 в странах – не членах ОЭСР в 2003–2050 гг. увеличится на 300%. В то же время в странах ОЭСР рост выбросов увеличится только на 50%. Это объясняется как разницей темпов роста автомобилизации населения в этих группах стран, так и более быстрым внедрением чистых и эффективных топливных технологий в странах ОЭСР.

В сценарии Мар объем выбросов CO_2 на 28% (или 3,2 млрд тонн CO_2) меньше аналогичного показателя Базового сценария. Чуть больше двух третей этого снижения обеспечивается повышением топливной эффективности, остальное – ростом потребления биотоплива. Снижение потребления нефтепродуктов в этом сценарии и внедрение поощрительной платы в

25 долларов за тонну CO_2 привело к драматичному снижению производства синтетических видов топлива. Это в свою очередь привело к снижению выбросов CO_2 в секторе переработки топлива еще на 3 млрд тонн (не отмеченных на Рисунке 2.31).

Рисунок 2.31 ► Выбросы CO_2 на транспорте по базовому сценарию и сценариям АСТ и TECH Plus, 2003–2050 гг.¹⁹



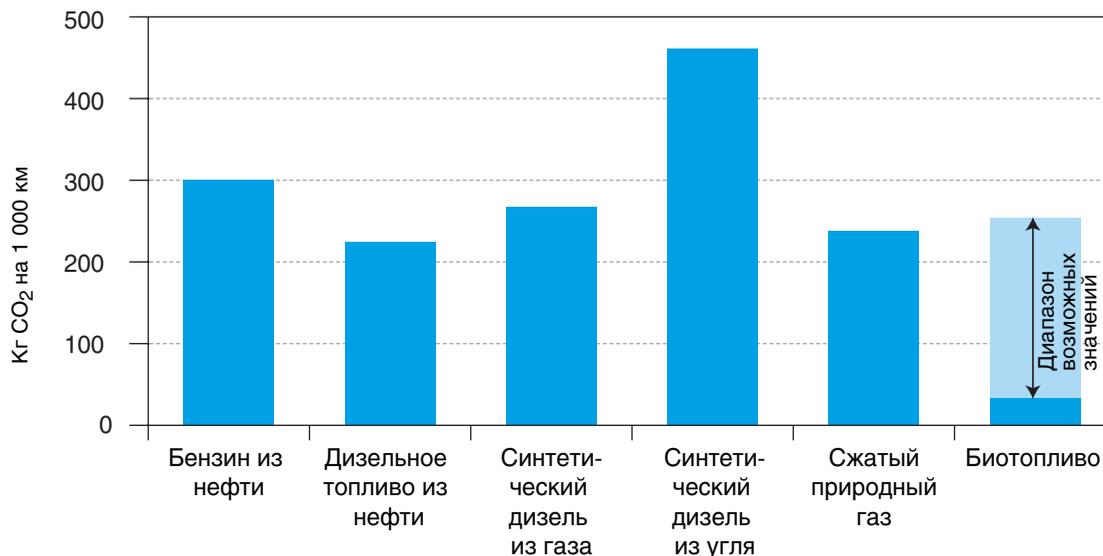
Важный вывод:

В сценарии Мар две трети 28%-го снижения выбросов CO_2 приходится на повышение топливной эффективности, а одна треть – на биотопливо.

Возросшее потребление биотоплива и распространение автомобилей на водородных топливных элементах в сценарии TECH Plus приводят к еще большему сокращению выбросов CO_2 . К 2050 г. их уровень на транспорте составляет только половину от аналогичного уровня Базового сценария, но при этом на 16% превышает уровень 2003 г. В сценарии TECH Plus до четверти снижения выбросов CO_2 на транспорте к 2050 г. относительно Базового сценария обеспечивается использованием энергии водорода в автомобилях, оснащенных двигателями на топливных элементах. В частности, это обеспечивается дополнительным ростом топливной эффективности в парке легких автомобилей из-за относительно меньшей топливной интенсивности водородных двигателей. Остальное улучшение достигается совершенствованием двигателей внутреннего сгорания, включая совершенствование гибридных двигателей, а также ростом потребления биотоплива.

¹⁹ Данные цифры не учитывают снижение выбросов CO_2 в переработке топлива.

Рисунок 2.32 ► Выбросы CO_2 по производственной цепочке «от скважины до выхлопной трубы» по видам топлива на транспорте, 2003 г.²⁰



Важный вывод:

При рассмотрении всей цепочки «от скважины до трубы» некоторые виды биотоплива дают значительное сокращение выбросов CO_2 , но сейчас здесь имеется большой диапазон неопределенности.

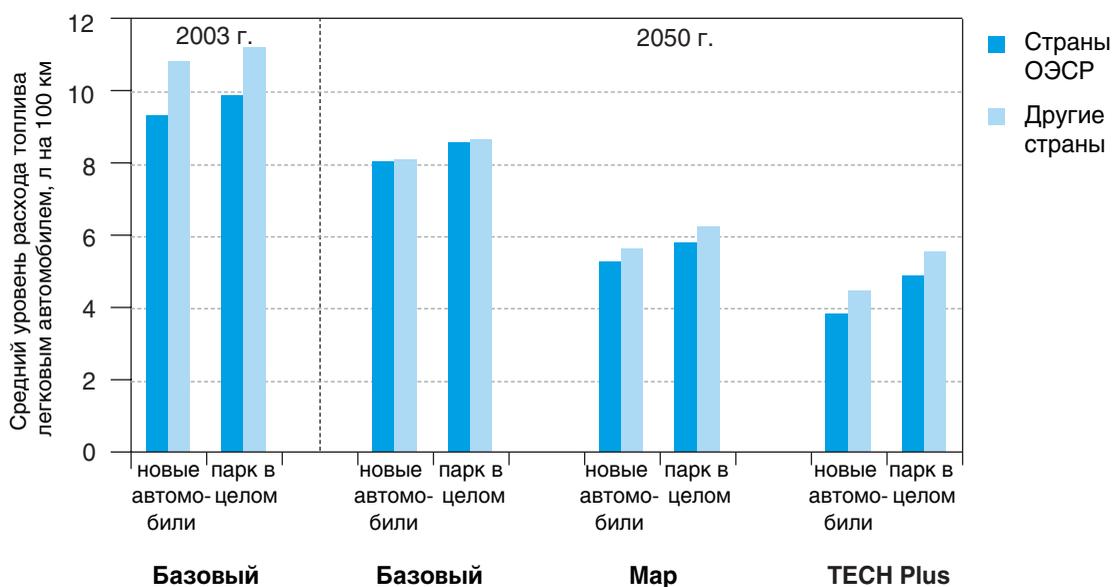
В Базовом сценарии отмечается значимое снижение удельного расхода топлива легковыми автомобилями. В странах ОЭСР средний расход автомобилей в 2050 г. оказывается на 13% меньше, чем в 2003 г. А в странах, не входящих в ОЭСР, – на 23% (Рисунок 2.33). Эти улучшения происходят даже несмотря на наметившуюся тенденцию перехода на более крупные автомобили и применение в них все большего количества дополнительного оборудования.

Наиболее важную роль в уменьшении выбросов CO_2 в сценарии Мар по сравнению с Базовым сценарием играет повышение топливной экономичности легковых автомобилей. В этом сценарии в 2050 г. удельный расход топлива всего парка легковых автомобилей на 40% ниже уровня 2003 г. В 2003–2050 гг. улучшение экономичности легковых автомобилей приводит к тому, что их общее энергопотребление возрастает только на 50%, при том что пробег в километрах увеличивается на 149%.

²⁰ Расчеты произведены на основе стандартов моторной эффективности, действующих в 2003 г. Производство биотоплива при современном уровне развития технологий связано с различными выбросами по всей технологической цепочке. Они зависят от вида сырья, урожайности, применения агротехнических методов ведения хозяйства и технологии переработки. При подсчете по полной производственной цепочке биоэтанол из сахарного тростника в расчете на километр пробега автомобиля дает всего одну десятую выброса CO_2 при сжигании обыкновенного бензина из нефти. При этом природоохранный выигрыш от использования биоэтанола из зерна оказывается значительно меньше.

В сценарии TECH Plus удельный расход топлива легкового автотранспорта в 2050 г. оказывается на 50% меньше уровня 2003 г. Дополнительный выигрыш по сравнению со сценарием Мар обеспечивается внедрением двигателей на водородных топливных элементах – на их долю в TECH Plus приходится до 30% всех производимых двигателей. Понятно, что такой тип двигателей гораздо экономичнее, чем традиционные бензиновые двигатели. Однако их преимущество перед полногибридными двигателями невелико, что объясняет относительно небольшое снижение удельного расхода по сравнению со сценарием Мар.

Рисунок 2.33 ▶ Удельный расход топлива новых легковых автомобилей и их парка в целом²¹



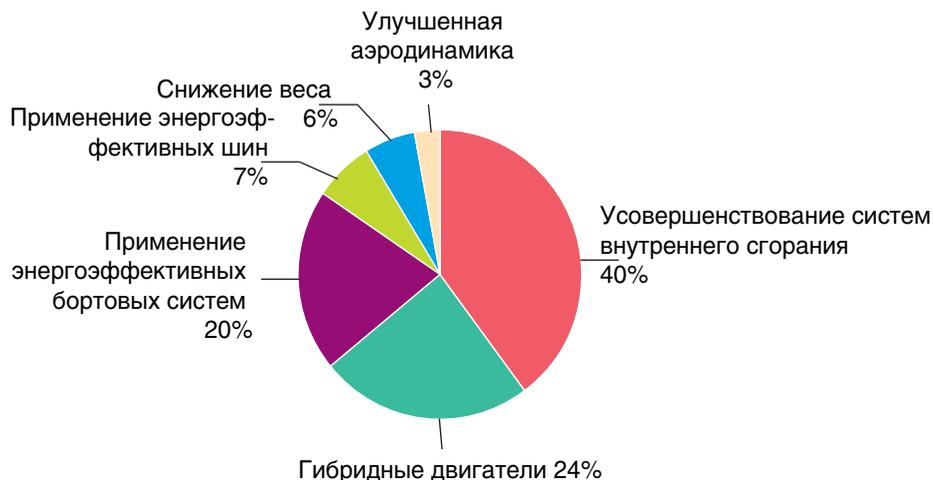
Важный вывод:

Удельный расход топлива всего парка легковых автомобилей в 2003–2050 гг. в сценарии Мар снизится на 40%, а в сценарии TECH Plus – на 50%.

В сценарии Мар удельный расход топлива снижается в основном за счет модернизации технологии сжигания топлива и внедрения систем контроля в двигатели внутреннего сгорания (Рисунок 2.34). Двигатели с новыми системами впрыска и зажигания дают ту же мощность при меньшем потреблении топлива благодаря уменьшению объема двигателя, применению турбокомпрессоров, регулируемому контролю работы клапанов и улучшенных технологий сжигания топлива. Такие двигатели будут работать на обедненных топливных смесях, использовать систему рециркуляции выхлопных газов и потребуют меньше топлива, нежели нынешние стехиометрические двигатели, даже если при этом необходимо будет устанавливать системы нейтрализации NO_x . Также расход снижается при применении высокооктанового

²¹ Под легковыми автомобилями понимаются входящие в категорию LDV (Light Duty Vehicle).

Рисунок 2.34 ► Роль различных факторов в улучшении энергетической эффективности легкового автотранспорта в сценарии Мар



Важный вывод:

Принципиально важным для снижения расхода топлива легкового автотранспорта является модернизация традиционных систем сжигания топлива.

этаноло. Повышение эффективности улучшенных бензиновых двигателей в сценарии Мар позволит к 2050 г. сэкономить порядка 210 млн т.н.э.

В настоящее время уже разработаны турбокомпрессорные дизельные двигатели с топливной системой высокого давления, которые позволяют экономить до 20% топлива по сравнению с обыкновенными бензиновыми двигателями. Усовершенствованные технологии, такие как система регулируемого контроля за работой клапанов или многорежимная система прямого впрыска, позволят улучшить эффективность компрессорных двигателей до приемлемых уровней, даже в случае активного внедрения систем контроля выбросов (фильтры для задержания частиц примесей и нейтрализаторы для NO_x). Такие системы контроля могут внедряться в связи с возможным ужесточением нормативных правил по загрязняющим выбросам. В сценарии Мар улучшение эффективности дизельных двигателей позволяет к 2050 г. сэкономить на транспорте дополнительные 50 млн т.н.э.

Экономия топлива за счет улучшения аэродинамики, применения снижающих вес технологий, энергоэффективных шин и более эффективных бортовых устройств в сценарии Мар к 2050 г. позволяет сэкономить до 240 млн т.н.э. Ожидается, что степень проникновения на рынок по крайней мере некоторых из этих технических решений (энергоэффективных шин и улучшенных систем кондиционирования воздуха) окажется довольно высокой – порядка 80%.

Значительный эффект экономии топлива также ожидается от внедрения гибридных электробензиновых двигателей. Полностью гибридные двигатели (если одновременно с ними будут внедрены трансмиссионные технологии и другие новшества, позволяющие разгрузить двигатель) к 2050 г. будут пот-

реблять вдвое меньше топлива по сравнению с сегодняшними бензиновыми двигателями. Правда, ввиду сравнительной дороговизны некоторых гибридных видов двигателей, степень их распространенности будет варьироваться. Полностью гибридная трансмиссия будет ставиться на крупные и дорогие автомобили. Но еще раньше на более компактных моделях автомобилей начнут устанавливать облегченные гибридные двигатели, у которых гибридный принцип работы будет применяться только к стартеру и генератору переменного тока.

В Базовом сценарии на полные и облегченные гибридные двигатели придется по 10% рынка двигателей в 2050 г. В сценарии Мар в 2050 г. из всего действующего парка легких автомобилей 20% оснащены полногибридными, еще 20% – среднегибридными и 45% – облегченными гибридными системами трансмиссии. Также в этом сценарии гибридными двигателями будет оснащено чуть более трети (35%) среднетоннажных грузовиков и порядка 75% автобусов. Повышение эффективности в результате внедрения гибридных систем (рекуперативное торможение, уменьшение объема двигателя, повышение времени работы двигателя внутреннего сгорания в оптимальном режиме) позволит сэкономить 265 млн т.н.э.

Здания ²²

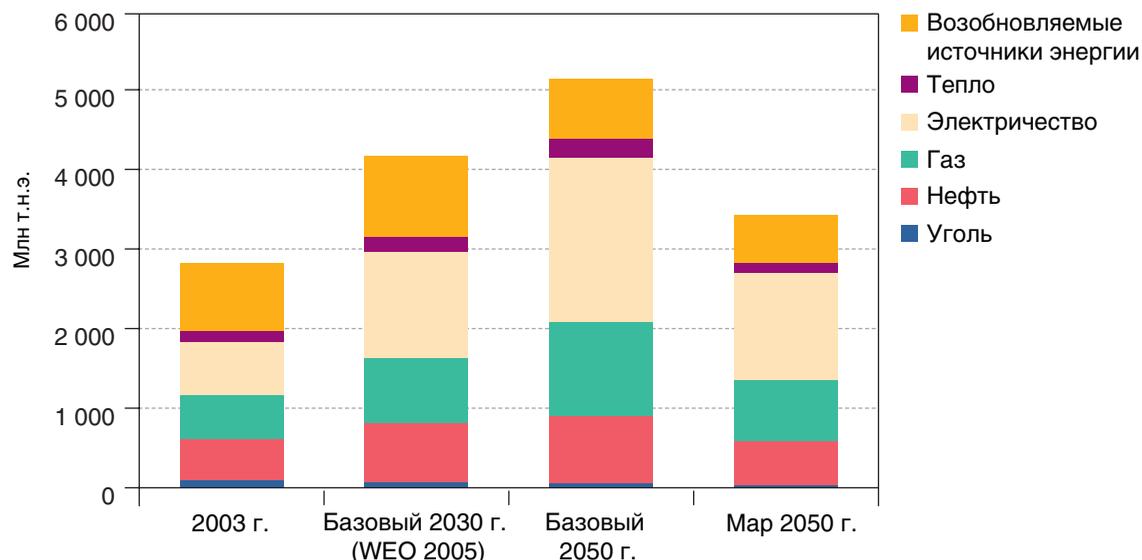
Энергопотребление зданий и сооружений²³ в 2003 г. составило 2 571 млн т.н.э., или 35,3% от конечного потребления энергии, сельского хозяйства – 162 млн т.н.э. (Рисунок 2.35). Важно, что жилищно-коммунальный сектор потребляет около половины всей электроэнергии. В 2003 г. 32% мировых энергетических потребностей жилищно-коммунального сектора было покрыто энергией, выработанной с использованием возобновляемых источников. Главным образом применялось использование биомассы и прочих традиционных возобновляемых источников энергии в развивающихся странах. Доля электричества составила 23%, природного газа – 22% и нефти – 14%. В странах ОЭСР на долю электричества приходится 37%, природного газа – 35%, нефти – 18% и возобновляемых источников энергии – 5%. В целом потребление энергии в жилищном хозяйстве почти в 3,5 раза выше, чем в секторе услуг и хозяйствах (коммерческом секторе). В странах ОЭСР разница не столь заметна, сфера услуг и коммерческой недвижимо-

²² Единственный сценарий, рассматриваемый в настоящем разделе – АТС Мар. В данном секторе отличия от других сценариев незначительны. Некоторым исключением является «Низкая эффективность», однако в данной работе не рассматривалось влияние соответствующего более медленного обновления технологий и видов топлива в секторе зданий и сооружений.

²³ Здания и сооружения – жилищно-коммунальный сектор включает в себя жилищное хозяйство, в том числе использование энергии для бытовых целей, и сферу услуг – коммерческую недвижимость. Термин «жилищно-коммунальное хозяйство» используется в работе для обозначения обоих секторов экономики, хотя, строго говоря, не вся энергия в коммерческом секторе и жилищном хозяйстве используется в жилищно-коммунальном хозяйстве. Например, во многих развивающихся странах значительное количество энергии для приготовления пищи и подогрева воды сюда не входит. Следует обратить внимание, что показатель общего потребления на Рисунке 2.35 включает данные по сельскохозяйственному сектору, но по этому сектору никаких мер не рассматривалось.

ти потребляют около 435 млн т.н.э. (37%), тогда как жилищное хозяйство потребляет 725 млн т.н.э. (63%).

Рисунок 2.35 ► Мировое потребление энергии в жилищно-коммунальном секторе по Базовому сценарию и сценарию Мар



Важный вывод:

Потребление энергии в зданиях в 2050 г. по сценарию Мар будет на 35% ниже, чем в Базовом сценарии.

Таблица 2.11 ► Мировое потребление энергии в зданиях по Базовому сценарию

	2003 г., млн. т.н.э.	2030 г., млн. т.н.э.	2050 г., млн. т.н.э.
Жилищное хозяйство			
Уголь	74	49	40
Нефть	243	370	382
Газ	408	589	843
Электричество	337	714	1105
Тепло	114	145	146
Возобновляемые источники	819	943	710
Всего	1 994	2 809	3 224
Сфера услуг и коммерческая недвижимость			
Уголь	15	12	10
Нефть	116	227	287
Газ	151	228	340
Электричество	267	552	850
Тепло	20	35	88
Возобновляемые источники	7	41	44
Всего	577	1 094	1 620

Мировое потребление энергии в жилищном секторе увеличивается в среднем на 1% в год в Базовом сценарии (Таблица 2.11). Это отражает умеренный рост численности населения до 2050 г. и насыщение спроса на тепло и

горячую воду в большинстве стран ОЭСР и странах с переходной экономикой. Насыщение в приобретении основных видов электроприборов также внесло свой вклад в большой общий рост в этих двух группах стран. Но спрос на кондиционеры воздуха увеличится, как увеличится использование ряда других электроприборов. Потребление энергии внежилищным сектором (сфера услуг и коммерческая недвижимость) увеличивается более быстрыми темпами, на 2,2% в год. Такое увеличение обусловлено устойчивым ростом площади нежилых помещений, в частности в развивающихся странах. Потребление электроэнергии в этом секторе увеличится до 850 млн т.н.э. в 2050 г. и составит 52% от общего объема. Внежилищный сектор демонстрирует устойчивый рост использования тепла и возобновляемых источников энергии, хотя изначально этот рост начался с более низкого уровня.

В Базовом сценарии потребление энергии в жилищно-коммунальном секторе увеличится на 88% с 2003 до 2050 г., или на 1,4% в год. Продолжающийся экономический подъем ведет к расширению нежилых площадей, при этом продолжает увеличиваться и число домашних хозяйств. Потребление электроэнергии растет на 2,5% в год, увеличивая свою долю в жилищно-коммунальном секторе с 24% в 2003 г. до 40% в 2050 г., главным образом за счет возобновляемых источников энергии. Это отражает увеличивающуюся долю потребления энергии в результате использования электробытовых приборов и прочего использования электроэнергии. К 2050 г. году 59% от общего объема потребления электроэнергии будет приходиться на жилищно-коммунальный сектор. Использование возобновляемых источников энергии в жилищно-коммунальном секторе снижается ежегодно на 0,2% в результате использования в развивающихся странах промышленных видов топлива (вместо биомассы). Доля возобновляемых источников энергии в объеме потребляемой энергии снижается с 32 до 16%. Использование угля как источника энергии в жилищно-коммунальном секторе продолжает снижаться, но темпы снижения замедляются приблизительно после 2030 г.

В сценарии Мар потребление энергии в жилищно-коммунальном секторе в 2050 г. на 1 715 млн т.н.э. ниже, чем в Базовом сценарии (Таблица 2.12). На жилищное хозяйство приходится 66% от общего объема снижения. По сравнению с Базовым сценарием, в сценарии Мар потребление энергии на централизованное теплоснабжение ниже на 49%, что свидетельствует о больших возможностях энергосбережения в секторе жилищно-коммунального хозяйства с централизованным теплоснабжением в странах с переходной экономикой. Потребление электроэнергии на 35% ниже, чем в Базовом сценарии, и доля экономии потребления электроэнергии составляет 42% (713 млн т.н.э.) в общем объеме уменьшения энергопотребления в жилищно-коммунальном секторе. В 2050 г. использование возобновляемых источников энергии будет на 20%, или на 154 млн т.н.э. ниже, чем по Базовому сценарию. Уменьшение потребления биомассы – результат модернизации архаичного ведения домашнего хозяйства в развивающихся странах (приготовление пищи), а также усовершенствований в зданиях и сооружениях по всему миру. Кроме того, частично снижение использования биомассы в развивающихся странах достигается в результате использования солнечной

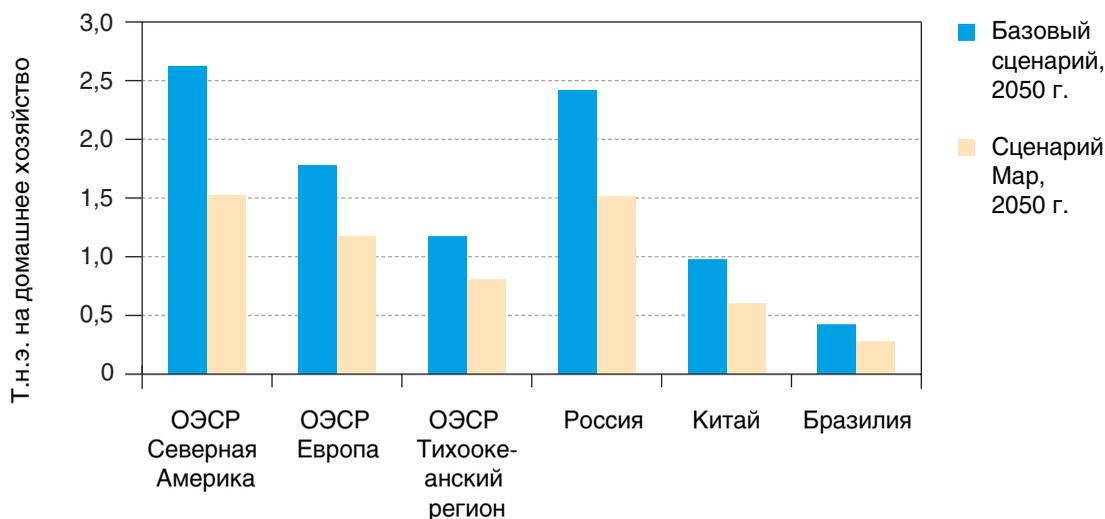
энергии для подогрева воды. В Таблице 2.12 показаны нетто-показатели изменений от увеличения использования солнечной энергии для обогрева и от снижения использования биомассы.

Таблица 2.12 ► Снижение мирового потребления энергии в зданиях в сценарии Мар (снижение относительно Базового сценария)

	Сценарий Мар 2050 г., млн т.н.э.	2050 г., %
Уголь	-24	-39
Нефть	-284	-34
Газ	-424	-36
Электричество	-713	-35
Тепло	-116	-49
Возобновляемые источники	-154	-20
Всего	-1715	-33

В Базовом сценарии в странах ОЭСР рост потребления энергии на одно домашнее хозяйство невелик. Относительно стабильные объемы энергопотребления на семью являются результатом насыщения приобретения основных видов электроприборов в развитых странах и существующего высокого уровня комфорта в отоплении помещений. Повышение эффективности энергопотребления для этих целей компенсирует рост энергопотребления при использовании новых бытовых приборов. В развивающихся странах уменьшение доли архаичного использования биомассы (с очень низкой эффективностью) в определенной степени компенсирует рост потребления электроэнергии. Абсолютный уровень энергопотребления на одну семью зависит не только от эффективности энергопотребления, но также значи-

Рисунок 2.36 ► Энергопотребление на одно домашнее хозяйство в Базовом сценарии и сценарии Мар, 2050 г.



Важный вывод:

По сценарию Мар достигается существенное снижение энергопотребления на одно домашнее хозяйство.

тельно варьируется по типам стран и в зависимости от климата. Страны с холодным климатом имеют гораздо более высокие потребности в энергопотреблении, чем страны с теплым климатом (Рисунок 2.36).

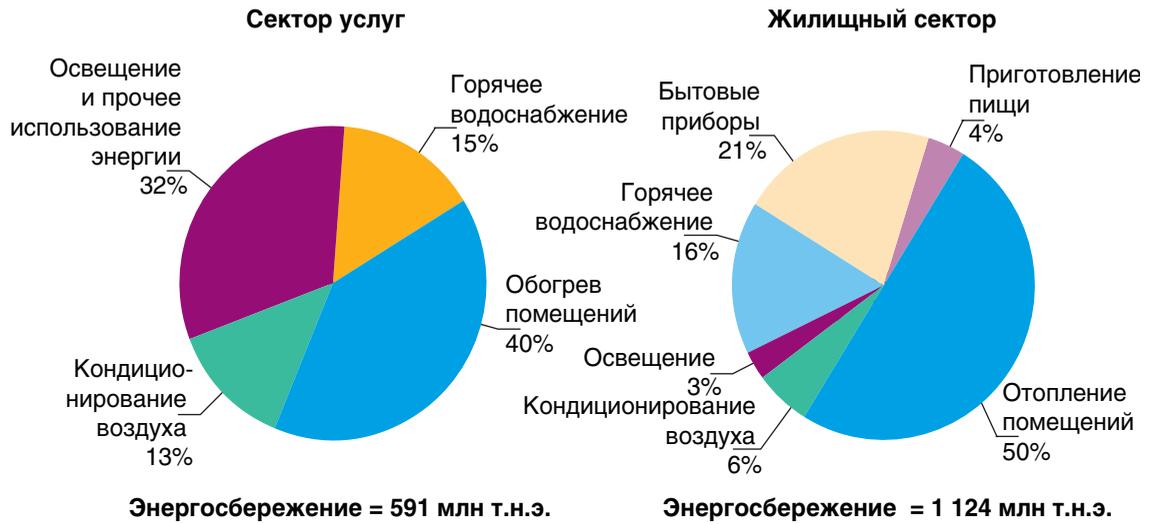
В сценарии Мар внедрение более эффективных технологий приводит к снижению энергопотребления на одну семью в среднем ежегодно на 0,5–1,9% с 2003 по 2050 г. в зависимости от категории стран. Это означает снижение энергопотребления ниже уровня Базового сценария в 2050 г. на 26–42%, опять-таки в зависимости от страны.

К 2050 г. на жилищное хозяйство приходится около 1 124 млн т.н.э. снижения энергопотребления относительно Базового сценария. Экономия потребляемой энергии здесь почти в 2 раза больше, чем в сфере услуг и коммерческой недвижимости, где снижение равно 591 млн т.н.э. (Рисунок 2.36). Однако в процентном соотношении энергопотребление там снижается на 36%, тогда как в жилищном секторе – на 35%.

Половина всей экономии энергосбережения в жилищном секторе приходится на экономию при отоплении помещений (Рисунок 2.37). Это результат введения стандартов эффективного использования энергии для новых зданий и переоборудования существующих, а также усовершенствования систем отопления и их эксплуатации. На долю бытовых приборов приходится около одной пятой снижения энергопотребления. Существенная экономия достигается при работе приборов в спящем режиме (standby или «утечки электроэнергии») и снижении потребления электроэнергии бесчисленным количеством малых бытовых приборов. Снижение энергопотребления при водяном отоплении составляет около 16% от общего объема снижения энергопотребления в сценарии Мар. В системах освещения и кондиционирования воздуха наблюдается существенное снижение энергопотребления ниже уровня Базового сценария (37% для систем освещения). Совместно на их долю приходится 9% общего снижения энергопотребления на домашнее хозяйство. Более энергоэффективное приготовление пищи рассматривалось только в странах – не членах ОЭСР. Экономия энергопотребления здесь составила 4% от общего мирового снижения объема потребляемой энергии в жилищном секторе.

Энергосбережение в секторе услуг несколько отличается от ситуации в жилищном секторе. Энергосбережение при отоплении помещений по-прежнему составляет большую часть (40%), но снижение объема потребляемой энергии при освещении и другом использовании электроэнергии имеет более важное значение, чем в жилищном секторе. Освещение и использование потребителями электроэнергии для других целей дает снижение энергопотребления на 32%. Из этих 32% на долю систем вентиляции, офисного оборудования, моторов и прочего обслуживания зданий приходится две трети общего объема снижения потребления энергии, тогда как на долю осветительных систем приходится около одной трети.

Рисунок 2.37 ► Энергосбережение зданий в сценарии Мар, 2050 г. (снижение ниже уровня Базового сценария)

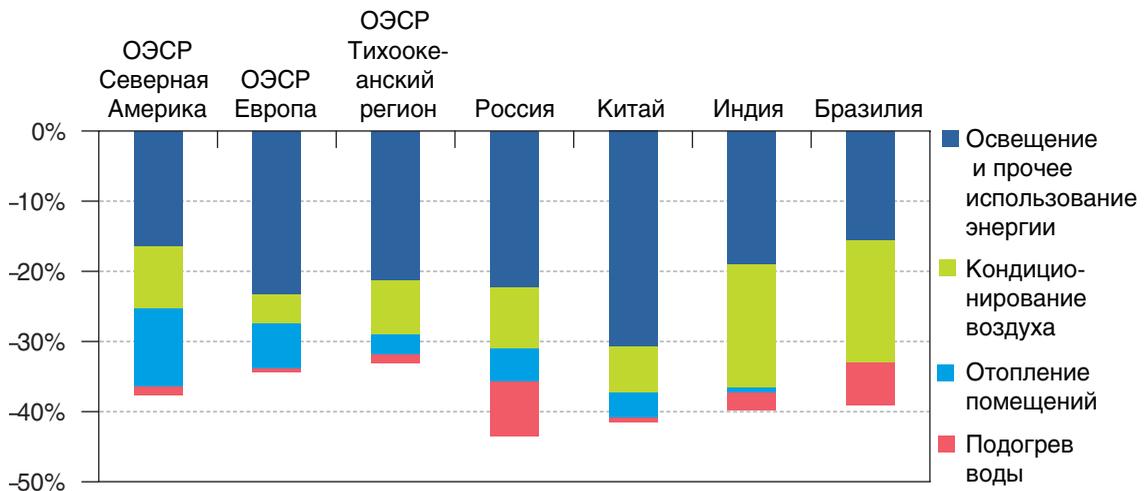


Важный вывод:

Снижение энергопотребления в жилищном секторе почти в 2 раза больше, чем в секторе услуг.

Снижение потребления электроэнергии на 35% ниже уровня Базового сценария в 2050 г. составляет 42% всего энергосбережения зданий и сооружений. Жилищный сектор дает снижение энергопотребления, равное 62%, из которых более половины приходится на долю развивающихся стран.

Рисунок 2.38 ► Снижение потребления электроэнергии в сфере услуг по сценарию Мар с разбивкой по группам стран, 2050 г. (снижение ниже уровня Базового сценария)

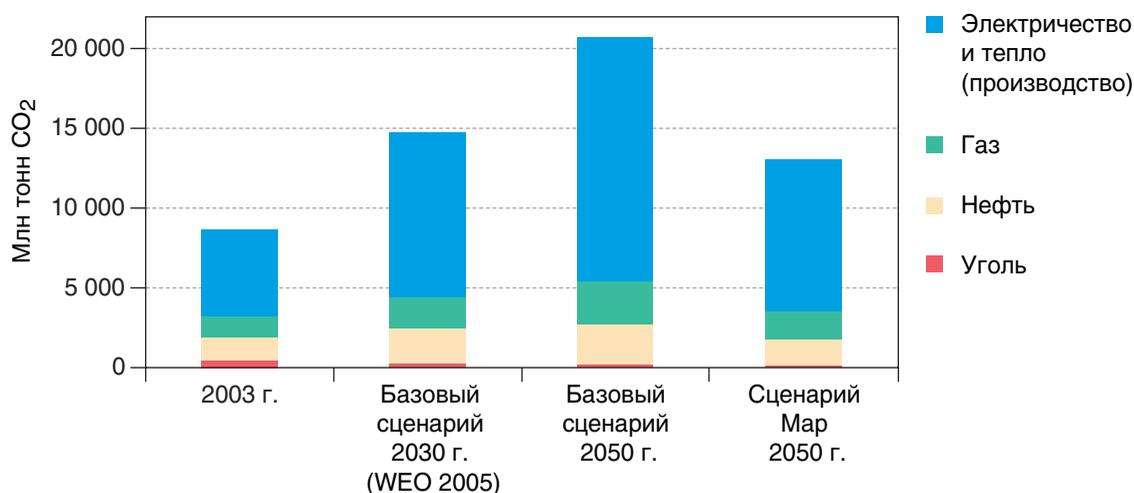


Важный вывод:

Вклад различных факторов в общее энергосбережение сильно зависит от климата.

В секторе услуг (включая коммерческую недвижимость) по сценарию Мар в 2050 г. потребление электроэнергии на 32% ниже Базового сценария. Освещение и прочее использование электроэнергии дает 58% энергосбережения в этом секторе. На долю систем кондиционирования воздуха приходится 21%, отопления помещений – 17% и горячего водоснабжения – 4% объема снижения энергопотребления. Важность роли систем охлаждения и отопления помещений существенно варьируется от страны к стране в зависимости от того, в каком климате она расположена – в жарком или холодном (Рисунок 2.38).

Рисунок 2.39 ► Выбросы CO_2 в зданиях с разбивкой по источникам и сценариям, 2003–2050 гг.²⁴



Важный вывод:

Основное снижение выбросов CO_2 в жилищно-коммунальном секторе происходит за счет снижения потребления электроэнергии.

Потребление угля, нефти и природного газа привело к 38% всех прямых и косвенных выбросов CO_2 в жилищно-коммунальном секторе в 2003 г. Выбросы CO_2 в результате производства электроэнергии и тепла для этого сектора составили 62% (Рисунок 2.39). Показатели выбросов CO_2 при производстве электроэнергии в 2030 и 2050 гг. рассчитывались на основании удельных выбросов CO_2 в энергетике в 2003 г. В связи с этим изменение объемов выбросов CO_2 при использовании электроэнергии зависит только от изменений эффективности ее использования конечными потребителями – энергосбережения. В Базовом сценарии выбросы CO_2 , приходящиеся на жилищно-коммунальный сектор экономики, увеличиваются на 139% между 2003 и 2050 г. В сценарии Мар выбросы CO_2 при потреблении угля, нефти и природного газа в жилищно-ком-

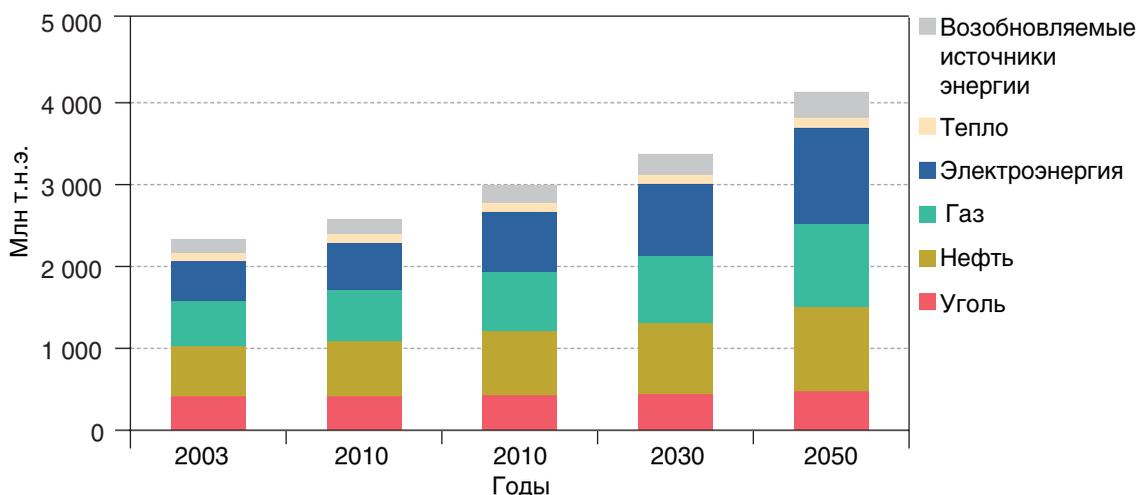
²⁴ Параметры выбросов CO_2 от производства электроэнергии рассчитаны на основании удельных выбросов CO_2 при производстве электроэнергии в 2003 г. Поэтому изменение выбросов CO_2 от использования электроэнергии на этом рисунке отражает только энергосбережение, а не усовершенствование технологий производства электроэнергии.

мунальном секторе в 2050 г. ниже уровня Базового сценария на 35%. При этом выбросы угля – снижены на 40%, газа – на 35% и от угля на 34%. Показатели выбросов CO₂, относящихся к потреблению тепла и электроэнергии в сценарии Мар в 2050 г. ниже уровня Базового сценария на 38%. Снижение происходит несмотря на переход к использованию электроэнергии в качестве топлива, что дает свой вклад в эффективное использование энергии, например для обогрева некоторых категорий домашних хозяйств. Общий объем выбросов CO₂ от жилищно-коммунального сектора, включая выбросы от использования электроэнергии и тепла, на 37% ниже уровня Базового сценария в 2050 г. При этом общий объем снижения выбросов составляет около 7,8 млрд тонн CO₂.

Промышленность²⁵

В Базовом сценарии энергопотребление в промышленности растет с 2 326 млн т.н.э. в 2003 г. до 4 138 млн т.н.э. в 2050 г. (Рисунок 2.40). Данные на этом и последующих рисунках не учитывают работу доменных и коксовых печей, которые учитываются в категории «преобразования энергии». В 2003 г. на эту категорию пришлось примерно 200 млн т.н.э., почти полностью в виде угля. В Базовом сценарии до 2050 г. доля газа в промышленном энергопотреблении остается высокой в странах с переходной экономикой.

Рисунок 2.40 ► Энергопотребление в промышленности по Базовому сценарию²⁶



Важный вывод:

В 2003–2050 гг. в Базовом сценарии энергопотребление в промышленности увеличивается на 78%.

²⁵ В данном разделе рассматривается только один АСТ сценарий – Мар. Для промышленности его отличия от других сценариев невелики. Исключение составляет сценарий «Низкая Эффективность». Однако оценка влияния более низкой эффективности на выбор технологии и видов топлива не проводилась.

²⁶ Эти цифры не включают процессы трансформации топлива в промышленности, оцениваемые на 2003 г. как 200 млн т.н.э.

В 2003–2050 г. по сценарию Мар структура энергопотребления промышленности существенно меняется, при этом использование угля и нефти снижается при одновременном увеличении долей газа и биомассы. Тем не менее, даже с учетом всех усилий, предполагаемых по сценарию Мар, потребление энергии для нужд промышленности в 2050 г. составляет 3 339 млн т.н.э., что на 44% выше, чем объем потребления энергии в 2003 г.

В сценарии Мар в 2050 г. мировой объем промышленного потребления энергии (включая коксовые и доменные печи) на 20%, или на 894 млн т.н.э. ниже, чем в Базовом сценарии (Таблица 2.13). На снижение потребления электроэнергии приходится 335 млн т.н.э. экономии энергии, нефти – 382 млн т.н.э., и угля – 276 млн т.н.э. Потребление газа и возобновляемых источников энергии увеличивается на 7%. Почти половина снижения потребления энергии приходится на развивающиеся страны, и две пятых от общего объема снижения – на страны – члены ОЭСР.

Таблица 2.13 ► Потребление энергии и энергосбережение в промышленности по сценарию Мар в 2050 г.

	ОЭСР, млн т.н.э.	Страны с переход- ной экономикой, млн т.н.э.	Развивающиеся страны, млн т.н.э.	В мире, млн т.н.э.
Уголь	55	16	213	286
Нефть	260	41	345	646
Газ	434	144	492	1 071
Электричество	302	70	464	836
Тепловая энергия	20	40	55	115
Энергия биомассы	199	9	179	387
Всего	1 271	320	1 748	3 339
Использование угля в коксовых и доменных печах	150	75	320	555
Изменения по сравнению с Базовым сценарием (с учетом коксовых и доменных печей), %				
Уголь	-31%	-36%	-28%	-29%
Нефть	-38%	-39%	-36%	-37%
Газ	-1%	-5%	13%	-4%
Электричество	-34%	-30%	-25%	-29%
Тепловая энергия	-8%	-16%	15%	-2%
Энергия биомассы	-16%	358%	15%	-18%
Всего	-21%	-23%	-18%	-20%

Самый высокий процент снижения потребления приходится на нефть (37%), затем идут уголь (29%) и электроэнергия (29%). Увеличивается объем переработки пластиковых отходов, больше газа используется в качестве замены нефти как исходного сырья. Снижение потребления угля может быть объяснено заменой его другим источником энергии и повышением эффективности производства чугуна и стали, а также улучшением характеристик генерации и потребления пара. В целом можно заключить, что переход к использованию других источников энергии идет от угля к газу и возобновляемым источникам энергии.

Снижение потребления электроэнергии во многом может быть объяснено повышением эффективности двигательных систем. Кроме того, по сравнению с Базовым сценарием в результате внедрения новых технологий повышается энергоэффективность выплавки алюминия, производства хлора и электродуговых печей.

Доля энергосбережения более высока в странах с переходной экономикой, затем идут страны ОЭСР и развивающиеся страны. Значительные объемы энергосбережения в странах с переходной экономикой могут быть объяснены низким уровнем энергоэффективности промышленности этих стран в настоящее время.

Общий объем потребления угля для производства стали снижается с 700 млн т.н.э. в Базовом сценарии в 2050 г., до 550 млн т.н.э. в сценарии Мар. Существующие в настоящее время меры по энергоэффективности, такие как технологии регенерации остаточного тепла в доменных и коксовых печах, конвертерных печах, агломерационных установках и воздухонагревателях, находят более широкое применение. Использование больших по размеру печей, предварительное восстановление железной руды во время агломерации, использование более активного кокса и переработка доменного газа снижает потребление угля и кокса. Увеличивается применение технологии впрыска пластиковых отходов и их использование в коксовых печах. Будет увеличиваться производство железа прямого восстановления в местах с дешевыми запасами газа, что приведет к снижению крупного производства доменного чугуна с помощью угля. Новые технологии, такие как комплексная выплавка металлов с помощью угля и производство железа прямого восстановления, снизят потребление угля и кокса в пересчете на тонну произведенного чугуна и стали.

Оставшаяся доля снижения потребления угля в значительной степени объясняется снижением использования угля в паровых котлах, особенно в Китае и Индии. Более эффективные паровые котлы, улучшение качества угля в результате обогащения и более эффективная эксплуатация паровых котлов играют важную роль в этом процессе. Все большие объемы газа используются вместо угля, особенно в небольших котельных установках в городских условиях. Все эти изменения являются результатом борьбы с загрязнением воздуха на местном уровне.

На долю химической промышленности приходится наибольший объем снижения потребления ископаемых видов топлива. Затем идут такие сектора, как производство чугуна, стали, цемента, а также целлюлозно-бумажная промышленность. На все другие отрасли промышленности приходится половина объема снижения промышленного энергопотребления.

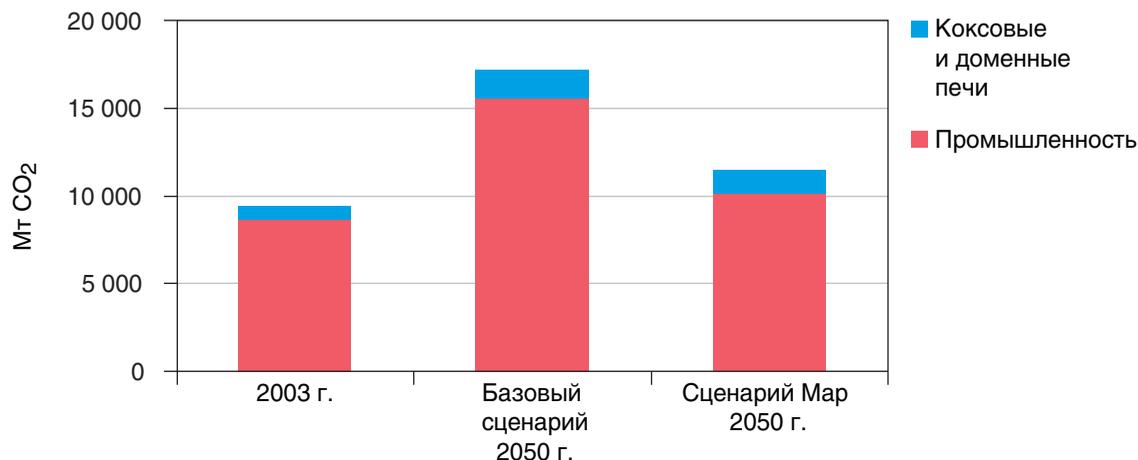
Повышение эффективности чугуно- и сталелитейной промышленности в России, Китае и Бразилии приблизительно дает столько же, как в странах ОЭСР. В Индии для производства одной тонны стали потребуется на 25% меньше энергии, чем при Базовом сценарии. В Китае эффективность про-

изводства нерудных ископаемых, в особенности цемента, значительно повышается. На долю этой отрасли приходится более трети всего снижения энергопотребления промышленности Китая.

Повышение эффективности промышленного энергопотребления в развивающихся странах будет зависеть от наличия капитала и передачи технологий из стран ОЭСР. Заводы и фабрики развивающихся стран редко достигают уровня энергопотребления, существующего в странах ОЭСР. Часто это объясняется отсутствием достаточного масштаба производства, технологий и/или капитала.

Помимо мер повышения эффективности энергопотребления на базе существующих технологий в сценариях АСТ рассматривается большое количество потенциальных возможностей снижения выбросов CO_2 . Среди них – использование других источников энергии и сырья, повышение эффективности использования сырья и материалов, CCS , инновационные процессы производства, повышение эффективности продукции, включая ее вторичную переработку, использование когенерации – комбинированного производства тепла и электроэнергии.

Рисунок 2.41 ▶ Промышленные выбросы CO_2 в Базовом сценарии и сценарии Мар в 2003 и 2050 г.²⁷



Важный вывод:

Выбросы в промышленности по сценарию Мар по сравнению с Базовым сценарием к 2050 г. снизились на 5,4 млрд тонн CO_2 .

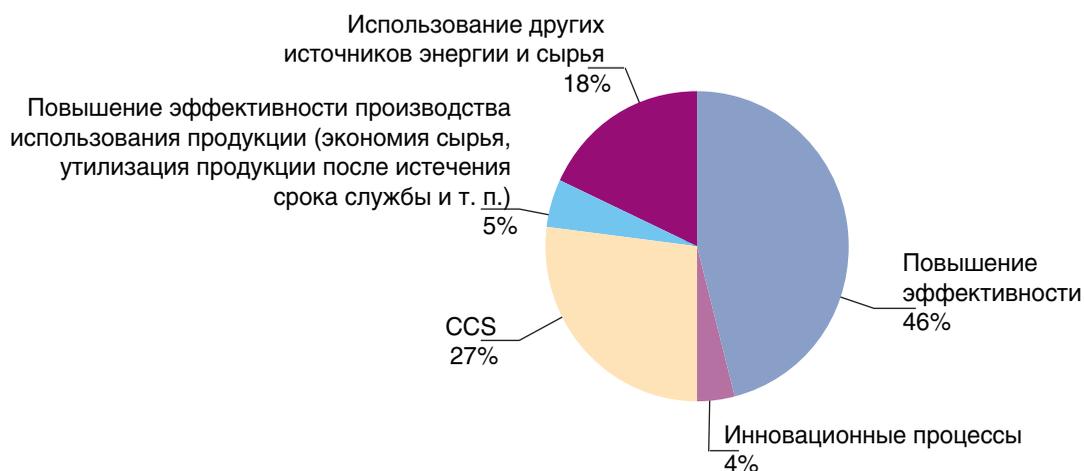
²⁷ Эта цифра включает предотвращенные выбросы при «производстве» сэкономленной электроэнергии. При расчетах использовались удельные выбросы CO_2 в 2003 г. при генерации электроэнергии, а не прогнозируемые на будущее более низкие удельные выбросы. Таким образом, рисунок отражает только повышение энергоэффективности промышленности, но не снижение удельных выбросов CO_2 в энергетике. Использование угля в коксовых и доменных печах представлено отдельно, так как эти данные были учтены в разделе преобразования топлива.

В Базовом сценарии промышленные выбросы CO_2 , включая выбросы при производстве тепла и электроэнергии и использование угля в коксовых и доменных печах, с 2003 г. по 2050 год увеличиваются на 82%, достигая 17,2 млрд тонн CO_2 (Рисунок 2.41). В сценарии Мар объем выбросов снижается до 11,5 млрд тонн CO_2 , что на 33% ниже, чем в Базовом сценарии. Тем не менее, такой уровень выбросов все равно представляет увеличение их общего объема на 21% по сравнению с 2003 г.

Общее снижение выбросов CO_2 в промышленности по сценарию Мар составляет около 5,4 млрд тонн CO_2 , при этом снижение еще на 0,3 млрд тонн CO_2 приходится на уменьшение использования топлива в коксовых и доменных печах, которое учитывается в категории «трансформации топлива». Эти цифры не учитывают возможное увеличение выбросов CO_2 при развитии комбинированного производства тепла и электроэнергии и побочного влияния других отраслей экономики, которое в ряде случаев также может увеличить выбросы.

По сравнению с Базовым сценарием (Рисунок 2.42), из суммарного снижения выбросов CO_2 на 5,7 млрд тонн, на долю энергосбережения на основе существующих технологий и инновационных процессов в сценарии Мар приходится 46%. Технология CCS к 2050 г. дает 27%.

Рисунок 2.42 ► Снижение промышленных выбросов CO_2 в сценарии Мар к 2050 г. по сравнению с Базовым сценарием²⁸



Важный вывод:

На долю повышения эффективности в сценарии Мар приходится половина от общего снижения выбросов CO_2 .

²⁸ Представленные цифры включают рост эффективности коксовых и доменных печей и паровых установок крекинга. Сюда также вошло снижение выбросов CO_2 в энергетике, достигнутое в результате снижения потребления электроэнергии в промышленности.

Врезка 2.6 «Утечка» углерода

Политика правительства, которая привела к повышению цен на энергоносители, может привести к перемещению промышленности в страны с более низкими ценами на энергоносители. Если такое произойдет, то снижение выбросов CO_2 в одной стране может привести к их увеличению в другой стране. Это может произойти, когда промышленность переносится из страны ОЭСР в развивающуюся страну, где эффективность ниже в результате низких цен на энергоносители. Потенциально это влечет за собой значительные экономические и экологические затраты, так как реальный или предполагаемый риск перемещения промышленности может иметь негативное влияние на инвестиции.

Модельный анализ дает различные оценки серьезности влияния, оказываемого таким перемещением. Тем не менее, ясно то, что определенные энергоемкие отрасли промышленности крайне чувствительны к ценам на энергоносители и действительно были перемещены в ответ на повышение цен на энергоносители. За последние пять лет 16 заводов по производству аммиака в США были закрыты, главным образом, из-за повышения цен на газ. Еще 5 заводов в настоящее время простаивают. Результатом этого явилось снижение объемов производства аммиака в Соединенных Штатах только за последние пять лет более чем на 6 млн тонн, или на 34%.

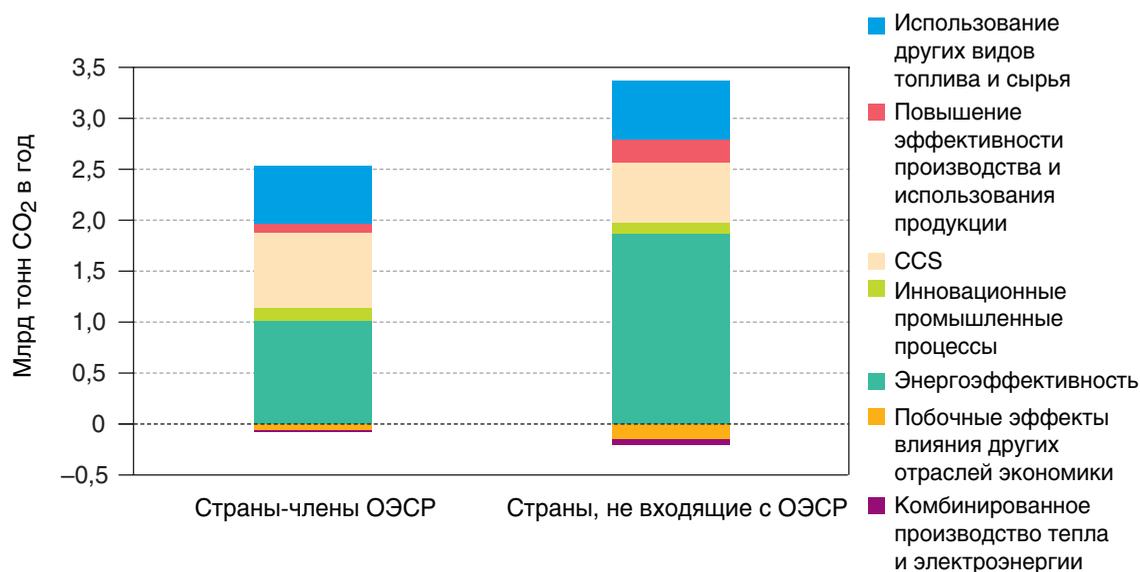
Производство удобрений в США, когда-то обеспечивало 85% собственных потребностей. В настоящее время импортируют Штаты почти 45% азотного сырья. К такому результату привело повышение цен на газ почти на 4 доллара за ГДж. Такое увеличение цены эквивалентно увеличению цены на газ до уровня, при котором затраты на предотвращение выброса тонны CO_2 составляют 70 долларов. Ввиду отсутствия соответствующего опыта в области политики снижения выбросов CO_2 , отдельные меры должны рассматриваться с осторожностью. Продолжающийся процесс либерализации мировых рынков уже увеличил риск утечки углерода, и это обстоятельство необходимо учесть в дальнейшем. Перемещение производства только по причине повышения цен на энергоносители будет относиться только к энергоемким отраслям промышленности и не затронет менее энергоемкие отрасли.

Около 20% улавливания CO_2 (CCS) осуществляется на аммиачных производствах, 30% – на чугуно- и сталелитейных производствах, 25% – в цементнообжигательных печах, а остальная доля приходится на прочие процессы, такие как плавильные печи. CCS также возможен при газификации черного щелока в целлюлозном производстве (около 0,3 млрд тонн в год в 2050 г.), но эта возможность учитывается в другом разделе работы – в энергетике. На долю изменений в структуре энергетике промышленности и использования других видов сырья приходится 18% общего снижения выбросов CO_2 , включая переход на использование менее углеродоемких видов энергии и сырья. 5% дает более эффективное использование продукции и сырья, в частности снижение потребности в производстве сырья. Сюда также относится использование новых материалов повышенной прочности (например, более качественной стали), позволяющее снижать удельный вес продукции.

На долю инновационных процессов в промышленности приходится 4% от объема предотвращенных выбросов CO_2 .

Совместное производство тепла и электроэнергии на территории промышленных предприятий (когда тепло используется для отопления окружающих населенных пунктов) и увеличение потребления аммиака для производства удобрений (для получения биотоплива) фактически увеличивают объем выбросов CO_2 в промышленности, но они вносят существенный вклад в снижение выбросов в других секторах. Теоретически существует потенциал дальнейшего снижения выбросов CO_2 в результате более широкого применения CCS (например в цементообжигательных печах), а также благодаря большему использованию электроэнергии и водорода. Но затраты, связанные с осуществлением этих вариантов, как правило, превышают 50 долларов на тонну предотвращенных выбросов CO_2 . Амбициозная политика, направленная на стимулирование снижения промышленных выбросов CO_2 на данном уровне затрат, может быть выполнима только в случае решения вопроса, связанного с утечкой углерода в результате перемещения промышленности (см. Врезку 2.6).

Рисунок 2.43 ► Снижение выбросов CO_2 в сценарии Мар в странах ОЭСР и остальных странах мира в 2050 г.²⁹



Важный вывод:

Общий объем предотвращенных выбросов CO_2 в развивающихся странах и странах с переходной экономикой к 2050 г. превышает этот показатель в странах ОЭСР.

²⁹ Эти цифры включают снижение выбросов в электроэнергетике, вызванное снижением потребления электроэнергии в промышленности, а также снижение выбросов CO_2 в коксовых и доменных печах и в паровых установках крекинга, учитываемое в категории «трансформация топлива». Снижение выбросов CO_2 отсчитывается от уровня Базового сценария на 2050 г.

На Рисунке 2.43 показана разбивка снижения выбросов CO₂ по странам ОЭСР и остальным странам мира с указанием источника снижения.

К 2050 г. более половины объема общего снижения выбросов CO₂ приходится на страны, не входящие в ОЭСР, так как потенциал повышения эффективности энергопотребления гораздо выше в развивающихся странах и странах с переходной экономикой.

Использование других источников энергии и сырья приводит к тому, что общий объем предотвращенных выбросов в мире оказывается ниже уровня Базового сценария в 2050 г. на 1,2 млрд тонн CO₂. При этом на долю повышения эффективности производства и использования продукции (экономика сырья, утилизация продукции после истечения срока службы и т. п.) приходится 0,3 млрд тонн предотвращенных выбросов CO₂. Повышение энергоэффективности дает 2,9 млрд тонн, а CCS – 1,5 млрд тонн. В результате инновационных процессов выбросы CO₂ снижаются еще на 0,2 млрд т. Это с запасом компенсирует увеличение выбросов CO₂ в промышленности на 0,3 млрд т, вызванное более широким совместным производством тепла и электроэнергии (на станциях, принадлежащих промышленным предприятиям и поставляющих тепло и/или энергию внешним потребителям), и увеличение энергопотребления при производстве аммиака для удобрений, применяемых для выращивания биотоплива для транспорта. Оба указанных фактора роста выбросов в промышленности значительно снижают выбросы CO₂ в энергетике и на транспорте.

Глава 3 **СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО**

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- Сценарии ускоренного развития технологий (АСТ) показывают, что существующие на сегодняшний день или находящиеся на стадии разработки технологии способны направить мир к устойчивой энергетике будущего. Многие (возможно, все) энергетические технологии встречают на своем пути различного рода препятствия, без преодоления которых невозможна их полная реализация.
- Четко спланированные программы научных исследований и разработок играют важнейшую роль в преодолении технических барьеров и снижении себестоимости. Это принципиально важно для развития многих новых энергетических технологий. Существует насущная необходимость стабилизировать снижающееся финансирование энергетических научных исследований и разработок, на практике начать расширять поддержку. Увеличение объема научных исследований и разработок в частном секторе также принципиально важно.
- Ряд перспективных технологий требуют правительственной поддержки, чтобы их использование преодолело «долину смерти» на пути новых технологий к полной коммерциализации. Программы по внедрению новых технологий могут быть весьма эффективны для снижения затрат благодаря эффекту «обучения в процессе внедрения». Подобные программы могут активизировать научные исследования и разработки частного сектора промышленности благодаря созданию перспектив развития в будущем крупных рынков. Тем не менее, стадия внедрения может потребовать значительно больших ресурсов, чем стадия научных исследований и разработок. В некоторых случаях увеличение затрат на проведение научных разработок может быть экономически эффективно для снижения затрат на внедрение новой технологии.
- Новые энергетические технологии могут быть более дорогостоящими, даже с учетом преимуществ от эффекта «обучения в процессе внедрения», чем те, которые призваны заменить. Например, технологии по улавливанию и захоронению CO₂ (CCS) не будут внедрены до тех пор, пока не будет введено долгосрочное экономическое стимулирование снижения выбросов CO₂. Правительствам необходимо выработать стабильную и прогнозируемую правовую, нормативную и политическую среду, создающую стимулы для низкоуглеродных технологий.
- На сегодняшний день существует много технологий в области энергетики, особенно со стороны потребления, которые экономически целесообразны и

окупают себя за счет более низких затрат энергии. Однако их внедрение требует дополнительных усилий, поскольку многие потребители не учитывают энергопотребление при покупке бытовых приборов, домов и автомобилей. В такой же мере производители холодильников, телевизоров, автомобилей и т. д. не всегда используют преимущества существующих технологий для того, чтобы сделать свою продукцию более энергоэффективной. Для преодоления этих барьеров существует большой выбор инструментов, включая проведение информационных кампаний, принятие стандартов, классификаций, добровольных соглашений, привлечение общественности через регулирование и материальную заинтересованность.

- Подобного рода политика позволит воспользоваться значительным потенциалом низкой стоимости широкого спектра существующих эффективных технологий в таких отраслях, как строительство, промышленность и транспорт. Эти отрасли имеют серьезные возможности разработки и применения новых передовых технологий. Ожидается, что многие из них начнут вносить значительный вклад в течение следующего десятилетия или двух, тогда как другие, такие как создание автомобилей на водородном топливе, должны еще пройти существенные технические усовершенствования, прежде чем будут готовы к массовому применению.
- Уровень использования ископаемого топлива при производстве электроэнергии к 2050 г. может быть существенно снижен путем перевода генерирующих мощностей на возобновляемые источники энергии, ядерное топливо, природный газ и современные угольные технологии с CCS. Но все эти технологии сталкиваются с проблемой расширения своей доли рынка. Варианты использования возобновляемых источников энергии варьируются от отработанных технологий, таких как использование гидроэлектроэнергии и энергии биомассы, до технологий, быстрорастущих на отдельных рынках. Но эти технологии по-прежнему требуют дальнейшей работы по снижению стоимости, прежде чем они могут достичь максимума своего потенциала (например использование энергии ветра). Другие технологии нуждаются в дальнейших научных исследованиях (например использование солнечной и геотермальной энергии). Эксплуатация ядерных электростанций связана с тремя ключевыми проблемами: высокими капитальными затратами; озабоченностью населения вопросами, связанными с радиоактивностью отходов и авариями ядерных реакторов, и распространение ядерного оружия. Выбросы углекислого газа при использовании природного газа вместо угля в 2 раза ниже, но здесь важны изменения цен на газ. Технологии CCS требуют дальнейших исследований и доработок и прежде всего нуждаются в широкомасштабном демонстрационном своих возможностей для того, чтобы снизить затраты и доказать их надежность и отсутствие утечек углекислого газа.

Введение

Достижение результатов по сценариям АСТ, представленным в Разделе 2, потребует значительных и скоординированных международных усилий. Поддержка государственного и частного секторов будет иметь ключевое значение. Потребуется взаимодействие между развитыми и развивающимися странами и между промышленностью и правительством. Вопрос это срочный, и он должен быть решен прежде, чем будет создано новое поколение материально-технической базы для производства неэффективной и высокоуглеродной энергии. Для выполнения задачи потребуются десятилетия и значительные инвестиции. Правда, преимущества будут огромны, причем не только для окружающей среды. Более низкое потребление энергии, уменьшение загрязнения окружающей среды и выбросов в атмосферу углекислого газа позволили бы добиться устойчивого энергообеспечения и решить проблему изменения климата, что очень важно для экономического роста.

Внедрение сценариев АСТ потребует трансформации производства электроэнергии; того, каким образом строятся и эксплуатируются дома, офисы и заводы; а также внедрения новых технологий на транспорте. В конечном счете, именно частный сектор должен сделать необходимые перемены. Но сам по себе рынок не всегда достигает желаемых результатов. Правительствам принадлежит главная роль в поддержке новейших научных исследований и разработок и оказании помощи новым технологиям в преодолении ряда серьезных препятствий на пути их внедрения.

В данной главе описываются стратегии достижения устойчивой энергетики будущего по сценариям АСТ. Затем рассмотрены основные возможности и затраты для каждой технологии, препятствия, мешающие дальнейшему развитию, а также способы их преодоления.

Препятствия для развития технологий

Многие энергетические технологии встречают на своем пути различного рода препятствия, без преодоления которых невозможна их полная реализация. Препятствия могут быть разделены по трем основным группам: технические трудности, ценовые препятствия и прочие препятствия, не связанные непосредственно с техническими трудностями и вопросами стоимости.

Технические барьеры

Некоторые энергетические технологии еще не готовы для выхода на рынок. Для разрешения существующих проблем, возможно, потребуются дальнейшие научные исследования и разработки. Как правило, на ранних стадиях разработки технологии жизненно важной является финансовая поддержка со стороны правительства. Участие в разработках промышленного сектора

Вставка 3.1 Обучение в процессе внедрения технологии

Процесс обучения при внедрении может снизить себестоимость новых технологий (Boston Consulting Group 1968, OECD/IEA, 2000). При этом снижаются производственные расходы и в результате увеличения мощности повышаются технические характеристики. Перспектива разработки и продажи на рынок определенной технологии может стимулировать научные исследования и разработки частного сектора промышленности («обучение при проведении исследований») и усовершенствования процесса производства («обучение в процессе работы»). Ответная реакция рынка может предложить пути усовершенствования технологии, снижения себестоимости или подгонки некоторых характеристик под нужды потребителей («обучение в процессе использования»). Эти преимущества могут быть получены при использовании технологии рынком. Поэтому скорость совершенствования технологии обычно зависит от скорости внедрения. Преимущества обучения в процессе внедрения обычно применяются в глобальном масштабе. Это подчеркивает необходимость международного сотрудничества в разработке и внедрении новых технологий.

увеличивается по мере приближения к выходу на рынок. После технического испытания технологии может потребоваться реализация проектов для демонстрации ее работы в промышленном масштабе и при определенных условиях эксплуатации.

Ценовые барьеры

Большинство новых энергетических технологий первоначально являются более затратными, чем нынешние технологии. Затраты могут быть снижены в результате проведения дальнейших научных исследований и разработок. Как правило, затраты снижаются, иногда значительно, в результате эффекта «обучения знаний в процессе внедрения» (см. Врезку 3.1). Для снижения расходов может потребоваться осуществление программ внедрения. Несмотря на то, что стоимость технологий будет снижаться за счет научных исследований и разработок и получения новых знаний, некоторые технологии, в частности CCS, смогут быть конкурентоспособны, если будет введена определенная цена выбросов CO₂.

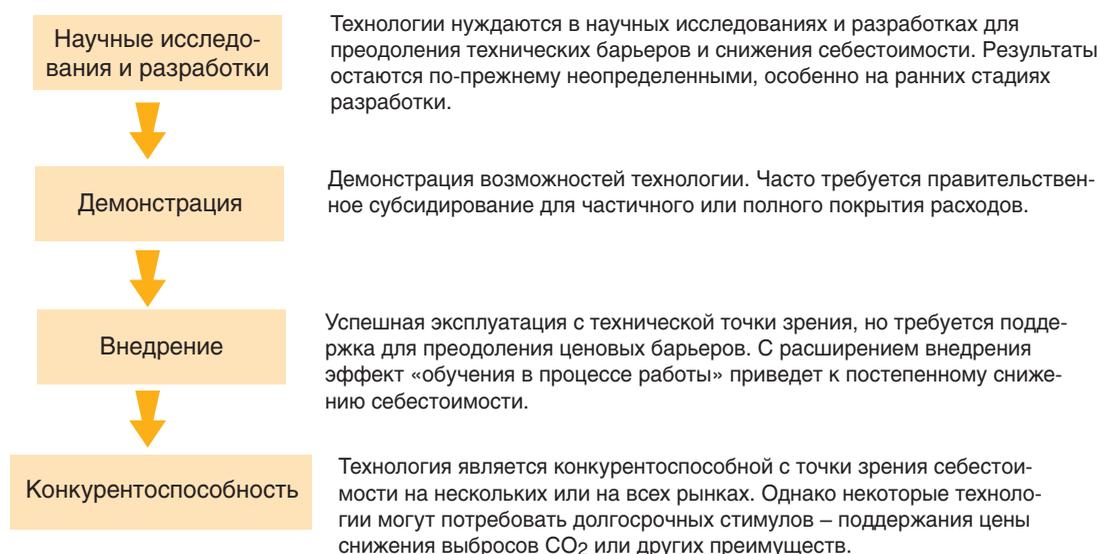
Другой группой технологий со стороны потребления являются те, которые, по сравнению с менее эффективными нынешними технологиями, имеют более высокие капитальные затраты. Однако в расчете на полный срок эксплуатации оборудования затраты значительно ниже из-за меньшего потребления энергии. Такие технологии сталкиваются с препятствием «первоначальной стоимости» при выходе на рынок. Это в определенной мере связано с отсутствием информации и знания преимуществ этих технологий в расчете на полный срок эксплуатации. Энергетические параметры технологий, как правило, имеют второстепенное значение при принятии решения о покупке. Это снижает вероятность того, что рынок склонится к низкоуглеродному варианту с наименьшими долгосрочными затратами. Шансы новых технологий на рынке также снижаются из-за попыток минимизировать начальные затраты. Например, большая часть зданий и потребляющего энергию производственного оборудования часто приобретаются теми, кто не будет оплачивать счета за электроэнергию. По этой причине приоритет имеет мини-

мизирование первоначально инвестируемых средств, а не энергетических затрат или общей стоимости в течение полного срока эксплуатации.

Новые энергетические технологии, как правило, проходят несколько стадий преодоления технических и ценовых барьеров, прежде чем станут конкурентоспособными (Рисунок 3.1). Даже если технология технически отработана на стадии исследований и разработок и стадии демонстрации, ее стоимость может быть по-прежнему слишком высокой для рынка. Такое явление часто называют «долиной смерти», с которой новые технологии сталкиваются на пути к полной коммерциализации. Программы, предназначенные для проведения технологии через «долину смерти» могут потребовать значительно больших ресурсов, чем научные исследования и разработки. В некоторых случаях продление стадии исследований и разработок для того, чтобы снизить себестоимость технологии на момент выхода на рынок, может привести к сокращению общих затрат. При этом увеличение расходов на научные исследования может быть меньше, чем уменьшение последующих затрат на внедрение технологии.

Тогда как правительства играют важную роль в стимулировании внедрения технологий, затраты на осуществление программ внедрения часто несет частный сектор. Например, правительства могут принимать законы или устанавливать минимальные стандарты, требующие от рынка инвестиций в определенные технологии, часто с более высокой начальной стоимостью. Но эти действия в результате приведут к снижению себестоимости технологии по мере их внедрения. Рыночное развитие технологий, стимулируемое программами внедрения, также может активизировать дополнительные научные исследования и разработки, проводимые частным сектором. Когда технология уже «в рынке», промышленность обычно наращивает усилия, определяет приоритетные направления исследований и находит пути снижения затрат.

Рисунок 3.1 ► Стадии разработки технологии



Прочие барьеры

Существует целый ряд других барьеров, которые задерживают или препятствуют рыночному развертыванию технологий. Сюда входят такие разнородные факторы, как общественное признание, планирование и лицензирование, финансирование, отсутствие информации, инфраструктуры и стимулирование.

Общественное признание

Несмотря на то, что большинство опросов общественного мнения показывает, что общественность поддерживает снижение выбросов парниковых газов и противодействие изменению климата, это не означает безусловную готовность населения к принятию более чистых технологий. На индивидуальном уровне нежелание принять новые технологии может быть обусловлено более высокой «авансовой» стоимостью наиболее эффективных вариантов (например автомобилей с гибридным двигателем) или неготовностью менять поведенческие модели (например работа бытовых приборов в спящем режиме – standby). Но некоторые технологии сталкиваются с противодействием со стороны широкой общественности. Поля ветряных двигателей, сжигание отходов как источник энергии, атомные станции и новые гидростанции вызывают возражения на местном или национальном уровне. Такие препятствия могут быть уменьшены благодаря предоставлению более полной информации, просвещению общественности и получению большего опыта использования технологий. Однако всегда найдутся те, кто считает, что выгоды от снижения выбросов парниковых газов не оправдывают локальных экологических последствий, причиненных полем ветряных двигателей, каскадом гидростанций или атомной станцией.

Планирование и лицензирование

Получение необходимых разрешений может стать проблемой, особенно для технологий в области производства электроэнергии. Процесс может быть трудным и затянутым, если существует серьезная озабоченность населения в отношении внедрения новой технологии. Этот процесс может оказаться особенно трудным для новых участников рынка с небольшим опытом. Многие процедуры разрабатывались для традиционных технологий, и могут быть непригодными для новых форм производства энергии. Электроэнергетические системы разрабатываются по модели, имеющей крупные центральные станции, передающие электроэнергию по распределительной сети с постепенным понижением напряжения на пути к конечному потребителю. Такой подход может быть барьером для внедрения технологий распределенной генерации, приближенной к потребителю.

Финансирование

Финансирование часто является проблемой для новых энергетических технологий, потому что банки и инвесторы очень осторожно относятся к вложению денег в технологии, которые еще не зарекомендовали себя. Этот риск может сильно затруднить и удорожить процесс получения финансирования, а для новых технологий, которые уже ведут борьбу с нынешними технологиями за свою конкурентоспособность, может стать серьезным препятствием.

Многие проекты по возобновляемым источникам энергии относительно невелики, особенно по сравнению с традиционной тепловой электростанцией. Поэтому операционные финансовые издержки для них относительно выше и все больше увеличивают затраты.

Отсутствие информации и образования

Многие технологии не использовали своего потенциала просто потому, что предлагавшиеся ими преимущества не были по достоинству оценены. В особенности это относится к ряду энергосберегающих технологий, которые рассматриваются в разделах настоящей книги, посвященных зданиям и бытовым приборам. Многие из этих технологий предполагают значительную экономию на затратах полного срока эксплуатации, но остаются мало использованными из-за непонимания предлагаемых выгод. Другие технологии не использовали своего потенциала из-за отсутствия инфраструктуры поддержки, например для монтажа и обслуживания, даже если сами были полностью конкурентоспособны. Разработка новых технологий должна сопровождаться программами по обучению, просвещению и внедрению, чтобы они могли конкурировать на рынке наравне с существующими технологиями. Минимальные стандарты и правила могут вытолкнуть из рынка технологии с наихудшими параметрами, для того чтобы потребители имели возможность выбирать только между наиболее эффективными вариантами.

3

Инфраструктура и стимулирование

Необходимо провести различие между факторами, влияющими на признание централизованных систем энергоснабжения, и теми, которые относятся к децентрализованным технологиям энергопотребления. Станции планируют свои портфели поставок для минимизации затрат и в целом обладают необходимыми знаниями и навыками для принятия оптимального решения. Технологии энергопотребления более многочисленны, более разбросаны и в гораздо большей степени зависят от знания, осведомленности и финансовых препятствий.

Раздельное стимулирование для минимизации затрат энергии применяется в промышленности, транспорте и строительстве. Большинство двигателей не продается непосредственно промышленным конечным потребителям. Они вмонтированы в оборудование, производимое изготовителями, которые хотят минимизировать себестоимость продукции за счет своей финальной эффективности. В строительстве здание может быть заказано застройщиком, спроектировано архитектором, построено подрядчиком и затем укомплектовано электрическим сервисным оборудованием самими различными подрядчиками. Каждый из указанных участников обычно стремится минимизировать свои финансовые и временные затраты. Это может отрицательно повлиять на общие затраты на энергопотребление по зданию в целом. В промышленности обычной практикой является управление капиталовложениями отдельно от сметы текущих расходов. Менеджер по капиталовложениям должен быть правильно мотивирован для минимизации затрат в течение полного срока эксплуатации оборудования. В противном случае увеличение стоимости электроэнергии может легко превысить экономию на капиталовложениях.

Другим распространенным примером отдельного мотивирования может быть ситуация, когда здания и сооружения жилищного и коммерческого назначения сдаются внаем. В зависимости от страны речь может идти о весьма высокой доле зданий и сооружений. В таких случаях владелец (арендодатель) имеет стимул к минимизации капитальных затрат, даже если в результате это приведет к увеличению операционных затрат для арендатора. Даже в зданиях и сооружениях, которые не сдаются внаем, период времени, когда какой-либо владелец имеет в своем распоряжении «основное средство», использующее электроэнергию (будь это здание, электрооборудование или промышленное предприятие), часто короче, чем срок службы этого «основного средства». Поэтому у него мало стимулов вкладывать средства в энергосбережение для того, чтобы минимизировать затраты полного срока эксплуатации. Такое происходит во многих ситуациях, когда вся цепочка владельцев заранее не известна. Другая сложность заключается в том, что многие потребители, в особенности с низкими доходами, могут быть ограничены в средствах и не иметь возможности приобретать вариант с наименьшими затратами в расчете на полный срок эксплуатации. Учитывая указанные факторы, нет ничего удивительного в том, что, как правило, инвестиции капитала со стороны потребления энергии не столь хорошо оптимизированы с точки зрения затрат, как инвестиции со стороны производителей энергии. Принятие минимальных стандартов и правил может способствовать разрешению ситуации с разделением мотивации благодаря исключению из рынка технологий, дающих самые плохие результаты.

В Таблице 3.1 показаны основные препятствия, с которыми сегодня сталкиваются новые технологии (для каждой группы технологий, приведенных в сценариях ускоренного технологического развития (ACT) и TECH Plus), и инструменты экономической политики, которые в настоящее время являются наиболее важными в стимулировании принятия рынком этих технологий. Необходимо отметить, что таблица показывает наиболее важные препятствия и инструменты экономической политики, и не дает их полный список. Многие технологии, для которых научно-исследовательские работы не приведены в качестве ключевого препятствия, все равно могут получить преимущества от проведения дальнейших исследований. Таким же образом технологии, для которых себестоимость не приводится в качестве основного препятствия, могут также в дальнейшем снижать уровень расходов. В таблице представлены широкие категории технологий, для которых проблема высокой себестоимости стоит на различных рынках. Как правило, препятствия и соответствующая важность варьируются в зависимости от конкретных условий рынка. Они также различны для разных технологий внутри одной категории (например, экономичные системы освещения лампами дневного света апробированы и представлены на рынке, тогда как передовым системам освещения на светодиодах не помешали бы дальнейшие научно-исследовательские работы). Колонка, где указаны экономически целесообразные технологии, которые сталкиваются с «другими» препятствиями (иными, чем технологические и ценовые), иллюстрирует ситуацию с некоторыми технологиями, представленными сегодня на рынке. Технологии, которые могут стать экономически целесообразными в будущем, если они преодолеют технические и ценовые препятствия, могут по-прежнему сталкиваться с «другими» препятствиями на своем пути к рынку.

Таблица 3.1. ► Основные барьеры, с которыми сталкиваются ключевые технологии в сценариях АСТ и *TECH Plus*, и инструменты стратегии для их преодоления

Барьеры		Технические		Ценовые		Экономически целесообразны, но сталкиваются с «другими» препятствиями
Инструменты стратегии внедрения		Научно-исследовательские разработки	Стадия демонстрации	Стадия внедрения	Стимулирование снижения выбросов CO ₂	
Сектор	Технологии					
Транспортные средства	Усовершенствования топливной экономичности автомобилей				○	○
	Автомобили с гибридным двигателем	○		○	○	
	Автомобили на этаноле (частично или полностью)				○	
	Автомобили на водородных топливных элементах	○	○	○	○	
	Технологии без топливных двигателей				○	○
Транспорт – топливо	Биодизельное топливо (из растительных масел)				○	
	Биодизельное топливо (жидкое топливо из биомассы)				○	○
Промышленность	Этанол (зерно/крахмал)				○	○
	Этанол (сахар)	○	○	○	○	
	Этанол (целлюлоза)	○	○	○	○	
	Водород				○	○
Промышленность	Технологии когенерации					○
	Двигательные системы				○	○
	Паровые системы				○	○
	Энергоэффективность существующих процессов производства основной продукции	○	○	○	○	
	Инновационные процессы производства основной продукции				○	
	Использование других видов топлива в производстве основной продукции	○	○	○		○
	Эффективность использования материалов и продукции	○	○	○	○	
	Использование других видов сырья	○	○	○	○	
Здания и бытовые приборы	Улавливание и захоронение CO ₂ (CCS)	○			○	○
	Технологии отопления и охлаждения				○	○
	Централизованные системы отопления и охлаждения	○	○	○	○	○
	Системы управления энергоресурсами зданий и сооружений	○	○	○	○	○
	Системы освещения			○	○	○
	Электрические приборы		○			○
	Снижение потерь спящего режима работы оборудования	○	○	○	○	○
	Конструкция зданий		○	○	○	○

Производство энергии	Гидроэнергия (малые и крупные станции)				○	○
	Биомасса	○	○	○	○	
	Геотермальная энергия	○	○	○	○	
	Энергия ветра (береговые и морские станции)		○	○	○	○
	Солнечные фотоэлектрические элементы	○	○	○	○	
	Концентрация солнечной энергии (нагрев)	○	○	○	○	
	Энергия океана	○	○	○	○	
	Комбинированный парогазовый цикл (природный газ, NGCC)*				○	
	Усовершенствованный паровой цикл (уголь)*		○	○	○	
	Комбинированный цикл газификации (IGCC), (уголь)*	○	○	○	○	
	Топливные элементы (Fuel Cells)	○	○	○	○	
	CCS + Усовершенствованный паровой цикл с сепарацией отходящих газов (уголь)	○	○		○	
	CCS + Усовершенствованный паровой цикл с кислородной подготовкой топлива (уголь)	○	○		○	
	CCS + IGCC, (уголь)	○	○	○	○	
	CCS + Химическая абсорбция отходящих газов/сепарация (природный газ)	○	○		○	
	Атомная энергия, реакторы II и III поколения	○	○	○	○	○
	Атомная энергия, реакторы IV поколения	○	○	○	○	

* Важность стимулирования снижения выбросов CO₂ отражает ситуацию, когда эти эффективные технологии производства энергии из ископаемого топлива конкурируют с менее эффективными альтернативными технологиями, а не когда они конкурируют с безуглеродными технологиями.

Общее примечание к таблице: «○» обозначает препятствия, которые имеют важное значение сегодня, тогда как «○» обозначает препятствия, которые менее важны, но значительны. Отсутствие символа не обязательно означает, что определенное препятствие не относится к той или иной технологии. Например, технологии почти во всех категориях только выиграли бы от дальнейших НИОКР, однако это в целом является менее важным моментом по сравнению с иными препятствиями, которые приведены в таблице.

Преодоление препятствий

Результаты сценариев АСТ и ТЕСН Plus получены на основании оценок стоимости технологий и их эксплуатационных качеств, а также того, каким образом действует экономическая политика, направленная на преодоление барьеров (Таблица 3.1). Некоторые технологии будут нуждаться в продолжении научно-исследовательских работ на протяжении многих лет, прежде чем они будут готовы для демонстрации и широкомасштабного внедрения на рынке. Другие уже преодолели технические препятствия, но прежде чем они станут конкурентоспособными, нужны программы внедрения, чтобы снизить себестоимость благодаря «обучению в процессе работы». Многие технологии, даже снизив затраты благодаря «обучению в процессе работы», могут нуждаться в экономическом стимулировании для того, чтобы выйти на рынок. Сценарии АСТ предполагают, что вклад многих технологий полностью или частично зависит от долгосрочного экономического стимулирования снижения выбросов CO_2 . В данном исследовании предполагается, что, начиная с 2030 г. и далее, во всех странах будет поддерживаться цена сокращения выбросов на одну тонну CO_2 , равная не менее 25 долларов США.

На Рисунке 3.2 показано, каким образом технологии будут проходить различные стадии на пути к конкурентоспособности в условиях экономической политики и рыночных условий, предполагаемых в сценариях АСТ и ТЕСН Plus. При этом считается, что будут осуществляться необходимые действия по поддержке научно-исследовательских работ, демонстрации и внедрения. На рисунке красные секции представляют стадию научно-исследовательских работ, оранжевые – стадию демонстрации, желтым цветом показана правительственная поддержка стадии внедрения, светло-зеленым – стадия, на которой технология является конкурентоспособной с учетом мер по стимулированию снижения выбросов CO_2 , а темно-зеленым – когда технология является конкурентоспособной даже при отсутствии стимулирования снижения выбросов CO_2 . На рисунке также для различных технологий показан потенциал снижения выбросов CO_2 к 2050 г. по сценарию Мар.

На рисунке показана упрощенная картина разработки технологии или группы технологий в рамках каждой категории источников выбросов. Конкретные варианты разработки технологии могут требовать несколько типов поддержки одновременно, и поэтому могут находиться на различных стадиях в одно и то же время. Подобным же образом различия в рыночных условиях и прочие факторы могут означать, что технология, являющаяся конкурентоспособной на одном рынке, на другом может потребовать поддержки на стадии внедрения.

Все технологии, показанные на Рисунке 3.2 вносят свой вклад в снижение выбросов CO_2 в одном или нескольких сценариях АСТ или ТЕСН Plus. Некоторые из них дают сокращение даже более 1 млрд тонн CO_2 в год. Тем не менее, было бы неверно концентрировать внимание исключительно на технологиях, имеющих наивысший потенциал снижения выбросов CO_2 .

Рисунок 3.2 ► Переход от стадии разработки технологии к полной конкурентоспособности в сценариях АСТ

Технологии		2010 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.	Снижение выбросов в 2050 г. Млрд. т CO ₂ в год
Транспортные средства	Усовершенствования топливной экономичности автомобилей						2,2
	Автомобили с гибридным двигателем						1,4
	Автомобили на этаноле (частично или полностью)						0 (ВОЗМОЖНО)
	Автомобили на водородных топливных элементах						0,8
	Технологии без топливных двигателей						1,8
Транспорт – топливо	Биодизельное топливо (растительные масла)						0,2
	Биодизельное топливо (жидкое топливо из биомассы)						0,6
	Этанол (зерно/крахмал)						0,2
	Этанол (сахар)						0,7
	Этанол (целлюлоза)						0,7
	Водород						0,7
Промышленность	Технологии когенерации						0,3
	Двигательные системы						1,5
	Паровые системы						0,3
	Энергоэффективность существующих процессов производства основной продукции						0,4
	Инновационные процессы производства основной продукции						0,2
	Использование других видов топлива в производстве основной продукции						0,5
	Эффективность использования материалов и продукции						0,3
	Использование других видов сырья						0,4
Здания и бытовые приборы	Улавливание и захоронение CO ₂ (CCS)						1,5
	Технологии отопления и охлаждения						1,1
	Централизованные системы отопления и охлаждения						0,5
	Системы управления энергоресурсами зданий и сооружений						0,2
	Системы освещения						1,0
	Электрические приборы						2,1
	Снижение потерь спящего режима работы оборудования						0,3
	Конструкция зданий						1,6
	Отопление и охлаждение с использованием солнечной энергии						0,6
	Производство энергии	Гидроэнергия (малые и крупные станции)					
Биомасса							0,5
Геотермальная энергия							0,3
Энергия ветра (береговые и морские станции)							1,3
Солнечные фотоэлектрические элементы							0,3
Концентрация солнечной энергии (нагрев)							0,2
Энергия океана							0,1
Комбинированный парогазовый цикл (природный газ, NGCC)							1,6
Усовершенствованный паровой цикл (уголь)							0,2
Комбинированный цикл газификации (IGCC), (уголь)							0,2
Топливные элементы (Fuel Cells)							0,2
CCS + Усовершенствованный паровой цикл с сепарацией отходящих газов (уголь)							1,3
CCS + Усовершенствованный паровой цикл с кислородной подготовкой топлива (уголь)							1,3
CCS + IGCC (уголь)							1,3
CCS + Химическая абсорбция отходящих газов/сепарация (природный газ)							0
Атомная энергия, реакторы II и III поколения							1,8
Атомная энергия, реакторы IV поколения						1,9	

Стадия, когда технология является конкурентоспособной без стимулирования снижения выбросов CO ₂
Стадия, когда технология является конкурентоспособной при условии стимулирования снижения выбросов CO ₂
Правительственная поддержка внедрения
Стадия демонстрации
Стадия научно-исследовательских работ

Примечание: Эффект снижения выбросов CO₂, указанный для каждой технологии, подразумевает только непосредственные результаты использования этих технологий; при этом не учитывается тот факт, что некоторые технологии позволяют снизить объем выбросов CO₂ при использовании других технологий. Например, усовершенствованные высокоэффективные угольные станции имеют огромное значение для широкого распространения CCS. Общий потенциал снижения объема выбросов CO₂ может не соответствовать показателям в Таблице 2.2 из-за погрешностей округления. Снижение выбросов в результате использования атомных электростанций IV поколения, водородного топлива и топливных элементов относится к сценарию TECH Plus, во всех других категориях снижение выбросов относится к технологиям сценария Map.

Именно эти технологии могут сталкиваться с наибольшими трудностями при переходе к полному внедрению. Чтобы достичь максимального эффекта, потребуется использовать комплексный подход: использовать технологии, внедрить которые достаточно просто, но при этом работать и с технологиями, которые сталкиваются с серьезными проблемами, но обещают значительные результаты в будущем.

В следующих разделах более подробно, сектор за сектором, описываются возможности каждой технологии по вкладу в снижение выбросов в соответствующих сценариях¹. В этих разделах также рассматриваются барьеры, которые затрудняют достижение результатов, и описываются возможные пути их преодоления.

При рассмотрении каждой категории технологий повторяется соответствующая часть Рисунка 3.2, дается иллюстрация того, каким образом технологии будут идти к конкурентоспособности, проходя соответствующие стадии. Это предполагает проведение мер по оказанию поддержки научно-исследовательским работам, демонстрации и внедрению по сценариям АСТ и TECH Plus.

Для каждой категории технологий приводится также таблица с данными о потенциале снижения выбросов CO₂ к 2015, 2030 и 2050 гг. (для Базового сценария и сценария Мар). Снижение выбросов иллюстрируется числом звездочек * (< 0,1 млрд тонн CO₂ в год), ** (0,1–0,3 млрд тонн), *** (0,3–1 млрд тонн), **** (> 1 млрд тонн).

Генерация энергии из ископаемого топлива

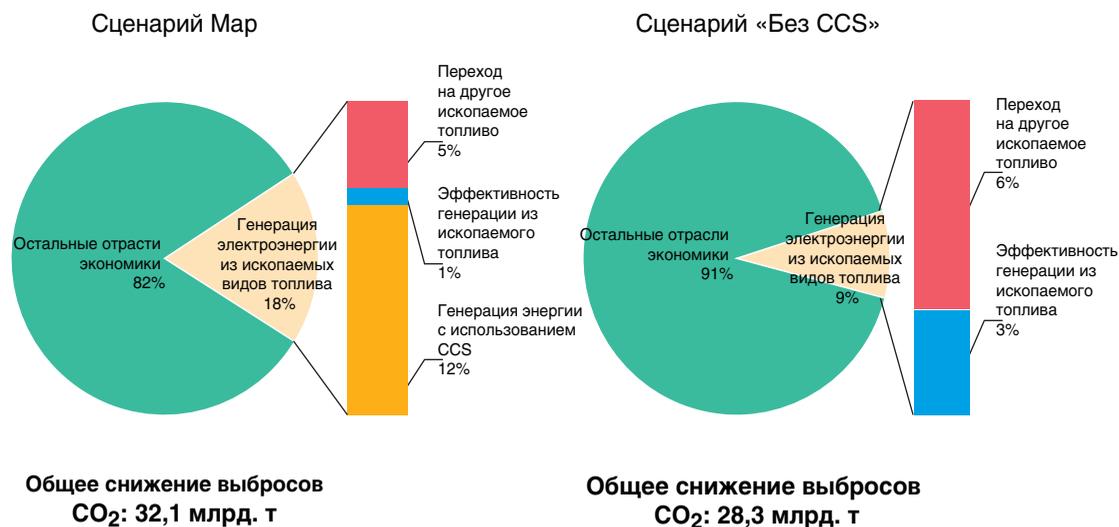
В настоящее время две трети электроэнергии в мире производится из ископаемого топлива. В Базовом сценарии предполагается значительное увеличение производства энергии на угольных станциях, особенно в развивающихся странах. Сценарии АСТ предполагают, что уголь и газ смогут продолжить играть важную роль даже при условии снижения глобальных выбросов CO₂. Повышение эффективности использования ископаемого топлива является одним из путей снижения удельного выброса на единицу производимого электричества. Это будет иметь огромное значения для технологии CCS. Переход с угля на газ может сократить выбросы CO₂ на один кВт-час на 50–70 %, так как природный газ менее углеродоемкое топливо, а газовые станции комбинированного цикла (NGCC) более эффективны, чем угольные станции.

Технология CCS может предотвратить выброс CO₂ в атмосферу. Потенциально благодаря этой технологии выбросы CO₂ от станций на ископаемом топливе могут быть уменьшены на 85–95%. Это возможно для станций, ра-

¹ В первой части обсуждаются технологии генерации энергии, разделенные на три группы: ископаемое топливо, возобновляемые источники энергии и атомная энергия.

ботающих на угле и природном газе. CCS в комбинации с использованием биомассы может дать еще больше и фактически убирать CO₂ из атмосферы, а не просто снижать выбросы при использовании ископаемого топлива.

Рисунок 3.3 ► Вклад технологий генерирования энергии из ископаемого топлива в глобальное уменьшение выбросов CO₂ в 2050 г. (сравнение сценариев Мар и «Без CCS» с Базовым сценарием)



В результате увеличения генерации на газе, повышения эффективности станций в целом, а также применения CCS достигается снижение выбросов CO₂ примерно на 18% по сценарию Мар, и на 9% по сценарию «Без CCS» (Рисунок 3.3). В сценарии Мар на долю CCS приходится 12% общего снижения выбросов CO₂ в 2050 г. (от уровня Базового сценария). В Таблице 3.2 представлено снижение выбросов CO₂ в зависимости от технологии и стадии внедрения. На сегодняшний день существуют газовые станции парогазового цикла (NGCC), которые могут сыграть важную роль в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Переход от угольной к газовой генерации может дать существенное снижение выбросов углекислого газа. Такой вариант привлекателен, если цены на газ делают его выгодным по сравнению с угольной генерацией. При этом в затраты на генерацию могут быть включены затраты на CCS или плата за выбросы. Высокоэффективные станции на угле сегодня также существуют, и здесь тоже возможно дальнейшее повышение эффективности их работы. Технологии усовершенствованного парового цикла уже внедрены, тогда как технологии комбинированного парогазового цикла (IGCC) еще требуют доработки. Тем не менее, использование обеих технологий к 2050 г. будет иметь равное значение. Топливные элементы отличаются тем, что они могут быть основой децентрализованной газовой генерации, более подходящей для комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Ценовые параметры таких технологий должны снижаться и дальше. Однако они не имеют «гарантиро-

ванного» рынка, несмотря на свою эффективность, так как уже разрабатываются другие конкурентоспособные технологии комбинированной генерации тепла и электроэнергии.

В Таблице 3.2 показано, что технологии CCS, возможно, будут применяться уже к 2030 г., но необходимо осуществить разработку и демонстрацию более эффективных и дешевых технологий CCS. CCS будут экономически более обоснованы на более эффективных станциях. Судьба CCS будет зависеть от инвестиционных моделей, и ее внедрение будет представлять собой медленный процесс, который займет десятилетия. CCS на газовых станциях имеет смысл там, где низки цены на газ или где эти станции являются единственным источником CO₂, необходимого для более полной добычи нефти (это наиболее ценное использование CO₂). По этой причине использование CCS на газовых станциях, скорее всего, будет ограничено возможностями стимулирования цены сокращения выбросов CO₂ на уровне 25 долларов США за тонну.

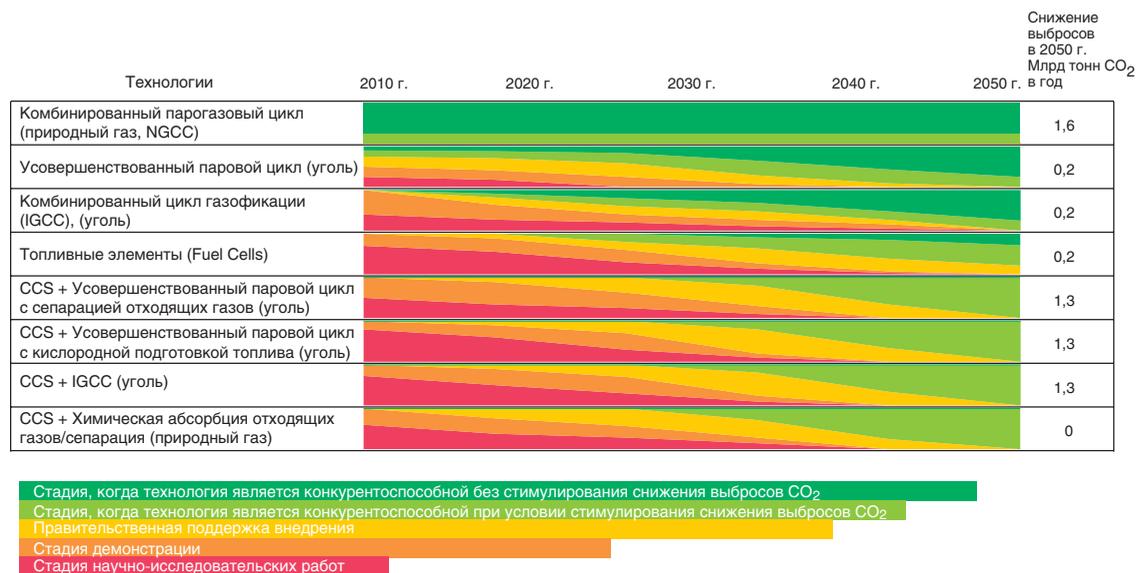
Большинство развивающихся технологий, рассматриваемых в настоящем исследовании, достигнут стадии конкурентоспособности между 2015 и 2030 гг., по крайней мере, на некоторых рынках (Рисунок 3.1). Это очень важно для последующего значительного расширения использования таких технологий к 2050 г. Для некоторых технологий, в частности для CCS, важное значение будут иметь долгосрочные меры по стимулированию сокращения выбросов CO₂.

Таблица 3.2 ▶ Доля технологий генерации энергии с использованием ископаемых видов топлива в снижении выбросов CO₂ по сценариям АСТ (по сравнению с базовым сценарием)

Технологии	2015 г.	2030 г.	2050 г.	Млрд тонн CO ₂ в год
Комбинированный парогазовый цикл (природный газ, NGCC)	**	***	****	1,6
Усовершенствованный паровой цикл (уголь)	*	**	**	0,2
Комбинированный цикл газификации (IGCC), (уголь)		*	**	0,2
Топливные элементы (Fuel Cells)		*	**	0,2
CCS + Усовершенствованный паровой цикл с сепарацией отходящих газов (уголь)		**	****	1,3
CCS + Усовершенствованный паровой цикл с кислородной подготовкой топлива (уголь)		**	****	1,3
CCS + IGCC (уголь)		**	****	1,3
CCS + Химическая абсорбция отходящих газов/ сепарация (природный газ)				0,1

Примечание: Снижение выбросов иллюстрируется числом звездочек * (< 0,1 млрд тонн CO₂ в год), ** (0,1 – 0,3 млрд. т), *** (0,3–1 млрд.т), **** (> 1 млрд. т). Оценки снижения выбросов CO₂ в последней колонке относятся к сценарию Мар.

Рисунок 3.4 ► Достижение ценовой конкурентоспособности технологиями генерации энергии из ископаемых видов топлива



Комбинированный парогазовый цикл (NGCC)

Потенциал

В сценариях АСТ увеличение доли природного газа в топливном балансе благодаря комбинированному парогазовому циклу (NGCC или ПГУ-ПТУ) будет к 2050 г. обеспечивать от 5 до 7% общего снижения выбросов CO₂. Базовый сценарий предполагает значительное увеличение масштабов газовой генерации. В сценариях АСТ объем газовой генерации ниже, чем в Базовом сценарии, но угольная генерация снижается еще больше, поэтому доля газа в общей генерации увеличивается. Рост применения NGCC может иметь большое значение в краткосрочной перспективе (так как эта технология уже представлена на рынке), а также в среднесрочной перспективе до 2030 г.

NGCC является хорошо отлаженной технологией. Газовые турбины класса F комбинированного цикла (порядка 200 МВт) были впервые внедрены в 90-х гг., при этом многие вещи были заимствованы из технологии создания реактивных двигателей. С того времени технология была усовершенствована с использованием новых систем охлаждения и материалов, включая применение монокристаллических турбинных лопаток, более высоких степеней сжатия и более высоких температур горения. В результате сейчас эффективность достигает 60% (по низшей теплотворной способности, LHV). Для сравнения: средняя по миру эффективность работы газовых станций в 2003 г. составляла лишь 42%. Замена существующих газовых станций на более современные может дать существенное снижение выбросов CO₂. С другой стороны, маловероятно, чтобы средняя по миру эффективность достигла уровня NGCC, поскольку всегда будут использоваться и менее эффективные турбины, необходимые для работы во время пиковых нагрузок.

Затраты

Была достигнута 60%-ная эффективность (по LHV) и значительное снижение капитальных затрат (до 450–600 долларов США на 1 кВт) по сравнению с обычной угольной станцией (1 000–1 200 долларов США на 1 кВт).

Удельные выбросы CO₂ на 1 кВт при NGCC в 2 раза ниже, чем на обычной угольной станции. Таким образом, смена вида топлива ведет к существенному снижению выбросов. Тем не менее, общие затраты NGCC гораздо больше зависят от цен на топливо, чем другие технологии. В итоге сокращение затрат на снижение объема выбросов путем перехода от угля к газу также сильно зависит от цен на газ.

Препятствия

Принципиальным препятствием к дальнейшему распространению NGCC является неопределенность цен на газ. В технологии NGCC стоимость топлива составляет от 60 до 85% общих затрат на генерацию. Это значительно выше, чем у других технологий выработки энергии. Увеличение цен на топливо будет иметь гораздо более серьезные последствия для NGCC, чем для других технологий. Широкомасштабный переход на газовую генерацию по всему миру, мотивированный более низкими капитальными затратами и снижением объема выбросов, почти наверняка приведет к повышению цен на газ и может нивелировать экономические преимущества NGCC². Даже если удастся распространить NGCC без негативного влияния на газовые цены, чрезмерная зависимость от природного газа вызовет озабоченность многих стран в энергетической безопасности, желание диверсифицировать энергетику.

Преодоление препятствий

Ожидается, что продолжение научно-исследовательских работ в промышленном секторе в период до 2050 г. может привести к еще большей эффективности с соответствующим снижением выбросов CO₂ и затрат. Сочетание NGCC и CCS может привести к резкому снижению выбросов CO₂, но это может быть относительно дорогостоящий вариант минимизации выбросов. Из всех технологий, описанных в данной работе, NGCC в наименьшей степени нуждается в поддержке правительства для преодоления препятствий. Тем не менее, меры, направленные на увеличение объемов добычи газа с помощью более совершенных технологий, могли бы снизить негативное для NGCC повышение газовых цен и опасения, связанные с энергетической безопасностью и диверсификацией.

² Ограниченные поставки газа, особенно в Северной Америке и в Европе, уже оказывают определенное давление на региональные цены.

Надкритический (SCSC) и сверхнадкритический (USCSC) паровой цикл

Потенциал

Две трети всех угольных станций были введены в строй более 20 лет назад. Они имеют среднюю эффективность 29% и выбрасывают в атмосферу 3,9 млрд тонн CO₂ в год. Если их заменить на станции с эффективностью 45%, то новые станции выбрасывали бы на 36%, или на 1,4 млрд тонн CO₂ в год меньше. Замена старых производственных мощностей может быть произведена до 2030 г.

Технологии усовершенствованного парового цикла уже широко представлены в Базовом сценарии. Поэтому их вклад в дополнительное снижение объемов выбросов в сценариях АСТ незначителен. Они представляют собой основу для применения технологии CCS на угольных электростанциях.

Затраты

Технология надкритического парового цикла (SCSC) является коммерческой, а существующие проекты финансируются частным сектором. В Европе и Японии при строительстве новых угольных станций выбирают эту технологию, а в Китае по SCSC строится половина всех новых станций (в 2003 г. более 40 ГВт).

Станции с сверхнадкритическим паровым циклом (USCSC), работающие на температурах около 700 °С, требуют дальнейших исследовательских работ. Ожидается, что затраты станций с USCSC будут на 12–15% выше, чем станций с докритическим паровым циклом. С другой стороны, снижение затрат на подготовку угля и операции с отходящими газами могут привести к тому, что общие затраты станции будут на 13–16% ниже, чем при надкритическом паровом цикле. Учитывая, что USCSC еще находятся на относительно ранней стадии разработки, неопределенность стоимости производства, затрат на строительство и новые материалы говорит о возможности изменения приведенных выше цифр.

Препятствия

Лучшие на сегодняшний день угольные станции имеют эффективность 45–47%. Цель технологий усовершенствованного цикла – повысить эффективность до 50–55% (то есть на 20% выше средней эффективности, равной сейчас 35%) благодаря более высокой рабочей температуре, чем у обычных паровых станций. Такие усовершенствования могут иметь важнейшее значение для снижения выбросов CO₂. Тем не менее, использование более высоких рабочих температур требует разработки материалов, которые могли бы выдерживать экстремальные условия. На сегодняшний день производства таких материалов с приемлемым уровнем затрат не существует. Имеющиеся легированные стали могут использоваться при температуре до 600 °С. Другие материалы, такие как ферритовая (ferritic, до 650 °С) и аустенитная (austenitic, до 700 °С) сталь, на которых были сконцентрированы исследования в 90-х годах, не дали удовлетворительного результата.

Никелевые сплавы, первоначально предназначавшиеся для газовых турбин, могут выдерживать температуры до 750 °С, но стоимость их производства значительно превышает стоимость ферритовой и аустенитной стали.

Преодоление трудностей

Необходимо предпринять серьезные научно-исследовательские работы, особенно по новым материалам, необходимым для работы станций при экстремальных температурах. Наряду с поиском новых материалов, научно-исследовательские работы нужны для снижения затрат. Дополнительные затраты на дорогостоящие материалы могут быть скомпенсированы, по крайней мере частично, удешевлением конструкции. Например, могут быть снижены размеры зоны высоких температур, что уменьшит расход специальных материалов. Новаторские проекты станций, такие как двухпроходные конструкции, инверсные двухбашенные блоки и горизонтальные котлы, могут снизить капитальные затраты.

Научно-исследовательские работы в материаловедении и проектировании станций не должны быть целиком отданы на усмотрение промышленного сектора. Потенциальное снижение затрат на генерирование энергии в результате увеличения производительности, вероятно, будет недостаточно для мотивации частных инвестиций (без экономических стимулов за снижения выбросов CO₂). Кроме того, большинство необходимых исследований, особенно по материалам, представляют собой теоретические исследования, которые обычно относились к сфере поддержки государства.

Комбинированный цикл газификации (IGCC)

Потенциал

Системы IGCC являются одними из наиболее чистых и эффективных технологий угольной генерации энергии. Преимуществом таких технологий является возможность переработки всех видов углеродосодержащего сырья, включая уголь, нефтяной кокс, топочный мазут, биомассу и твердые бытовые отходы. Потенциально IGCC может быть более эффективна, чем технологии паровых циклов, и могла бы стать базовой технологией для CCS. При IGCC расходы на улавливание CO₂ ниже, чем на станциях с паровым циклом. Но пока неясно, будут ли ниже при использовании этой технологии общие затраты на генерацию электроэнергии.

Затраты

Сегодня капитальные затраты станций IGCC приблизительно на 20% выше, чем у обычных станций. Существующие опытные IGCC-станции имеют эффективность 45%, но ожидается, что к 2020 г. будет достигнут уровень 50%, а в дальнейшем он будет увеличен. Можно предположить, что IGCC-станции II поколения могут иметь такие же затраты на производство энергии, как и технологии сжигания кипящего слоя под давлением и надкритические станции.

Препятствия

Высокие капитальные затраты и ряд технических проблем стоят на пути широкого распространения станций с IGCC. Для того чтобы IGCC-станции вышли на рынок, необходимо проведение масштабных научных исследований. Хотя гибкость в топливе и высокая эффективность делают IGCC-станции очень привлекательными, эти преимущества на сегодняшний день не могут перевесить затраты на привлечение капитала и обеспечение эксплуатационной надежности.

Преодоление препятствий

Проведение дальнейших исследований необходимо для преодоления целого ряда технических проблем. Эти проблемы связаны с размерами зоны газификации и требованиями к техническому обслуживанию (ключевой вопрос для круглогодичной эксплуатации), отводом тепла после газификации, операциями с горячими газами, составом газов и их сжиганием, очисткой сточных вод, объединением всех компонентов в единое целое. Развитию IGCC будет содействовать развитие технологий производства газовых турбин и кислорода.

IGCC не получит широкого распространения до тех пор, пока на демонстрационных проектах не будет показана ее работоспособность при разумном уровне капитальных затрат (по сравнению с обычными станциями парового цикла).

Сжигание в жидком и псевдожидком слое (FBC и PFBC)

Потенциал

Технология сжигания топлива в псевдожидком слое является хорошо известной, и поэтому может внести свой вклад в кратко- и среднесрочной перспективе. Если другие более новые технологии сжигания ископаемого топлива будут достаточно развиты, то она может быть вытеснена после 2020 г. Тем не менее, данная технология может сыграть свою роль для определенных видов низкокачественного топлива.

Затраты

Существует два основных типа псевдожидких технологий – кипящий слой и циркуляционный слой, а также гибридные системы. Псевдожидкие технологии особенно хорошо подходят для сжигания низкокачественного угля. По всему миру работают сотни установок циркуляционного псевдожидкого слоя под атмосферным давлением (atmospheric circulating fluidized bed, CFBC) и большое число средних по величине станций мощностью около 300 МВт электрической энергии. Эффективность CFBC в целом такая же, как у обычных установок, применяющих в качестве топлива угольную пыль, так как в них используются паровые турбины при схожих условиях. Эффективность может быть увеличена благодаря переходу к надкритическим циклам или использованию псевдожидких слоев под давлением (PFBC).

Препятствия

На сегодняшний день технология сжигания топлива в псевдожидком слое находит применение и особенно подходит для низкосортного угля. Для сокращения выбросов CO_2 потребуется увеличение эффективности технологии. Технология сжигания в псевдожидком слое при повышенном давлении (обычно 12 бар), может повысить эффективность до 44% (по LHV).

Переход к надкритическим циклам может повысить эффективность процесса сжигания в псевдожидком слое. В Польше ведется строительство CFBC-станции надкритического цикла мощностью 460 МВт, которое должно быть завершено в 2006 г. Ожидаемая тепловая эффективность – 43% (LHV). Ведется строительство и более крупных CFBC-станций надкритического цикла мощностью 600 МВт электрической энергии. Разрабатывается II поколение установок сжигания топлива в псевдожидком слое под давлением, но они еще не достигли демонстрационной стадии.

Преодоление препятствий

Важным условием развития данной технологии является продолжение научных исследований и, что особенно важно, осуществление демонстрационных проектов для снижения затрат с одновременным увеличением эффективности. Для демонстрационных программ будет принципиально важно показать, что стоимость технологии не будет сильно расти при введении усовершенствований, необходимых для повышения эффективности.

При отсутствии у частного сектора заинтересованности в разработке и продвижении технологии PFBC дальнейшее ее развитие может оказаться под сомнением.

Технологии улавливания и захоронения CO_2 (CCS)

Потенциал

Сценарии АСТ показывают, что в результате использования CCS выбросы CO_2 могут снизиться на 4,8 млрд тонн к 2050 г. (сценарий «Низкая эффективность»). В действительности одним из ключевых выводов настоящего анализа является то, что CCS позволяет такому виду топлива, как уголь, играть значительную роль даже в условиях глобальных ограничений выбросов CO_2 .

Затраты

Если бы установки CCS строились с использованием лучших современных технологий, общие затраты составили бы около 50 долларов США за тонну предотвращенных выбросов CO_2 . Несмотря на наличие хороших перспектив снижения затрат, нужны значительные усилия, так как расходы должны быть снижены более чем наполовину, чтобы CCS играли ту роль, как предполагается в сценариях АСТ.

Препятствия

В течение ближайших лет необходимо преодолеть ряд проблем на стадии исследований и демонстрационных проектов. Тогда можно будет обеспечить своевременное развитие CCS и реализацию ее потенциала. Несмотря на то, что некоторые компоненты CCS представляют собой отработанные технологии, по-прежнему важнейшей задачей является демонстрация способности CCS работать при полномасштабном развертывании. CCS сталкивается также с недостатком определенности об отсутствии утечек из подземных хранилищ и с юридическими аспектами хранения CO₂. По-прежнему проблемой является общественное одобрение технологии CCS. Но самой большой проблемой остается высокая стоимость. Станция, работающая на ископаемом топливе и оборудованная CCS, будет стоить дороже точно такой же станции без CCS. Как следствие CCS требует стимулирования снижения выбросов CO₂ для того, чтобы стать коммерчески привлекательной.

Преодоление препятствий

Для CCS необходимы значительные технологические разработки и усилия по демонстрации технологии, которые должны сопровождаться одновременной, а не последующей разработкой правовых, нормативных основ и аспектов экономической политики, а также проведением мероприятий по ознакомлению и одобрению общественностью этой технологии.

В то же время необходимо создание соответствующих условий, стимулирующих участие частного сектора. Что касается CCS, стимулирующие условия создаются текущей деятельностью нефтегазовых компаний. Сложной проблемой является CCS при широкомасштабном производстве энергии, где прямые затраты на CCS будут достаточно высокие. Сумма первоначальных затрат для CCS на одной станции составляет порядка сотен миллионов долларов. Даже для энергетической компании, владеющей несколькими станциями, подобные дополнительные инвестиции представляют собой чрезвычайно сложную финансовую задачу. Соединение станций и мест хранения подразумевает создание обширной сети трубопроводов для CO₂. Необходимо определить наилучшее расположение хранилищ и оптимальные подходы к хранению CO₂, чтобы обеспечить долгосрочные потребности.

Разработка новых технологий производства энергии часто представляет собой объединенные усилия энергетики, производителей энергетических технологий и правительств. Потребуется партнерство государства и частного бизнеса, так как производители энергии должны точно знать, что снижение выбросов CO₂ будет адекватно стимулироваться в течение всего срока амортизации их капиталовложений, который исчисляется десятилетиями. На правительственном уровне необходимо определить надежные долгосрочные задачи экономического стимулирования для создания базы для инвестиций в CCS.

Быстрое развитие технологий CCS может потенциально открыть широкие возможности минимизировать воздействие CO₂ на окружающую среду при

относительно низких затратах. Производителям энергии нужна надежная технология промышленного масштаба. Если масштабные инвестиции возможны, начиная с 2015–2020 г. и далее, то к этому времени CCS должны быть показаны в действии в промышленных масштабах.

Жесткие временные рамки могут обусловить необходимость объединения к 2015 г. технологий CCS с менее эффективными технологиями вместо того, чтобы ожидать появления более совершенных и менее затратных технологий. Возможно, также к 2015 г. потребуются строительство станций, которые можно будет переоборудовать спустя десятилетие (так называемые станции, «готовые к улавливанию»).

Несмотря на технические проблемы и более высокие затраты (по сравнению с медленным развитием и строительством опытных установок), новые станции могут быть оснащены CCS уже сейчас, если стимулы будут достаточно высоки. Технологии CCS требуют много времени для демонстрации безопасности технологии (отсутствия утечек CO₂ из хранилищ) перед ее широкомасштабным внедрением.

Правительствам необходимо решить проблему крупных демонстрационных проектов для признания новых технологий CCS, увеличения эффективности и снижения затрат. Все это потребует увеличения НИОКР и инвестиций в раннюю коммерциализацию технологий CCS и их применения на станциях. К 2015 г. должны эксплуатироваться не менее 10 крупных станций, оснащенных технологией CCS. Стоимость каждой такой станции составит от 500 млн до 1 млрд долларов США, из которых половина будет представлять собой дополнительные затраты на CCS.

Демонстрация безопасности и надежности хранения CO₂ является решающим фактором для развития технологии. Большое количество данных, полученных в результате осуществления демонстрационных проектов, требуется для установления подходящей правовой и нормативной базы, привлечения финансирования и завоевания доверия общественности. Демонстрационные проекты по хранению CO₂ должны полностью использовать ранние возможности, создаваемые проектами по более полной добыче нефти, где CO₂ уже применяется, а также использовать источники «дешевого» CO₂, образующегося в производственных процессах и при переработке топлива.

Генерация энергии из возобновляемых источников

Возможности гидроэнергии для генерации электричества стали известны более века назад. Возможности использования других возобновляемых источников энергии в значительной мере были реализованы лишь в последние десятилетия. В их развитии ключевую роль играют новые технологии. Исполь-

зование возобновляемых источников энергии для генерации электричества имеет несколько преимуществ – это неисчерпаемый источник энергии, он не дает выбросов CO_2 ³ и позволяет снизить зависимость от импортируемого ископаемого топлива.

Внедрение возобновляемых источников энергии – ключевой элемент любой стратегии, направленной на существенное снижение выбросов CO_2 . Основное препятствие на пути быстрого распространения возобновляемых источников энергии для производства электричества – их стоимость. Некоторые виды возобновляемых источников (энергия воды, ветра, биомасса, геотермальная энергия) уже конкурентоспособны в ряде регионов, где эти ресурсы особенно доступны или дешевы. Другие виды возобновляемых источников энергии в большинстве стран мира пока не могут конкурировать с обычным масштабным производством электроэнергии. Эти технологии находятся на различных стадиях развития и на разном «расстоянии» от достижения экономической рентабельности. Они сталкиваются с различными барьерами переходного периода, которые могут быть разными в разных регионах. Значительная часть потенциальных возможностей использования недорогих вариантов возобновляемой энергетики уже включена в Базовый сценарий.

В сценариях АСТ гидроэнергетика дает снижение выбросов CO_2 почти на 2%. Тем не менее, основной рост использования возобновляемых источников энергии, прогнозируемый в этих сценариях, связан не с гидроэнергией, а с энергией ветра, биомассы, солнца и геотермальной энергией. В сценарии Мар на долю биомассы приходится около 2% общего снижения выбросов CO_2 (относительно Базового сценария). Другие, отличные от гидроэнергии, возобновляемые источники энергии дают снижение выбросов CO_2 на 6% (Рисунок 3.5). В сценарии «Без CCS» отсутствие CCS компенсируется большим использованием биомассы и других, отличных от гидроэнергии, возобновляемых источников энергии.

В Таблице 3.3 показана значимость различных вариантов генерирования энергии из возобновляемых источников с точки зрения выбросов CO_2 в ближайшие десятилетия. Все источники, кроме энергии океана, к 2050 г. играют важную роль. Гидроэнергия уже широко применяется для выработки электричества, и ее использование будет существенно расширяться. Этот вид энергии вносит небольшой вклад в снижение выбросов относительно Базового сценария, так как в Базовый сценарий уже заложен его значительный рост. Поэтому возможности дополнительного использования гидроэнергии в сценариях АСТ ограничены.

³ При сжигании биомассы действительно выделяется CO_2 , но он ранее был поглощен растениями из атмосферы. Поэтому биомасса считается нейтральной с точки зрения выбросов CO_2 при условии возобновления зеленых насаждений в достаточном объеме. С другой стороны, необходимо учитывать эмиссию метана из водохранилищ гидростанций, особенно расположенных в тропиках. Некоторые виды оборудования для производства энергии из возобновляемых источников могут иметь небольшие выбросы CO_2 , связанные с производством этого оборудования. Однако различные исследования показывают, что эти выбросы имеют второстепенное значение.

В последующие десятилетия энергия биомассы и ветра может вносить существенный вклад, так как многие виды соответствующих технологий уже конкурентоспособны на региональных рынках. Ряд технологий использования возобновляемых источников уже адаптирован к местным условиям и готов к более широкому внедрению. Другие технологии требуют дальнейших научно-исследовательских работ. В результате различные стадии, на которых находятся технологии, со временем будут пересекаться (Рисунок 3.6). Например, геотермальные технологии получения энергии от «сухого» подземного источника требуют дальнейших исследований, демонстрации и внедрения, а традиционные геотермальные источники с высокой температурой используются и производят электроэнергию на протяжении десятилетий.

Рисунок 3.5 ▶ Доля возобновляемых источников энергии в глобальное снижение выбросов CO₂ по сценариям Мар и «Без CCS» на 2050 г. (по сравнению с Базовым сценарием)

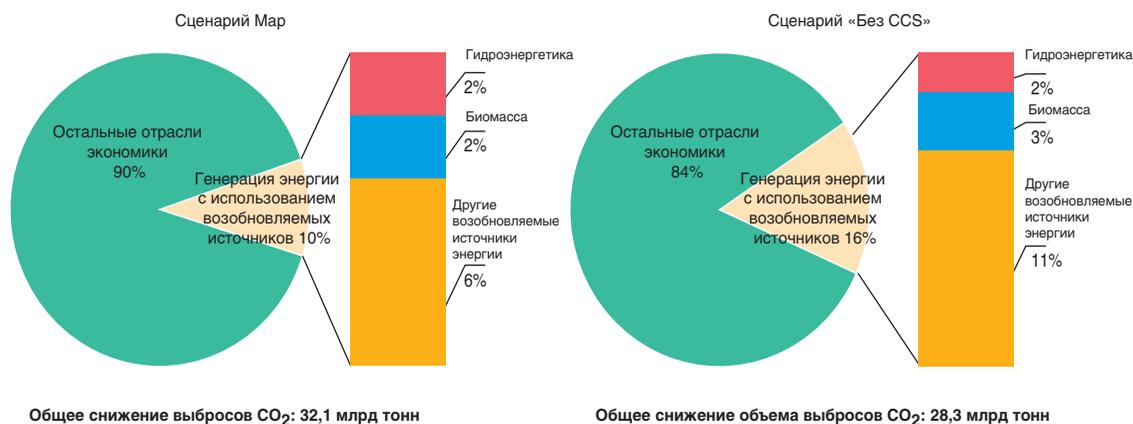
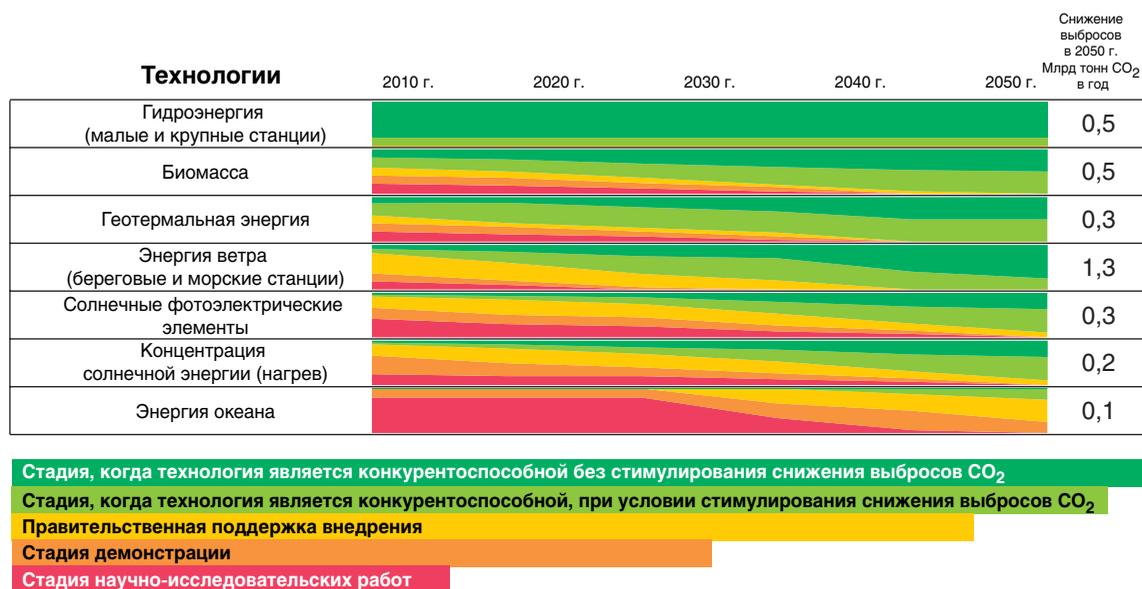


Таблица 3.3 ▶ Снижение выбросов CO₂ в результате использования технологий возобновляемых источников энергии в сценариях АСТ (относительно Базового сценария)

Технологии	2015 г.	2030 г.	2050 г.	Млрд тонн CO ₂ в год
Гидроэнергия (малые и крупные станции)	*	***	***	0,5
Биомасса	**	**	***	0,5
Геотермальная энергия		**	**	0,3
Энергия ветра (береговые и морские станции)	**	***	****	1,3
Солнечные фотоэлектрические элементы		*	**	0,3
Концентрация солнечной энергии (нагрев)		*	**	0,2
Энергия океана			**	0,1

Примечание: Снижение выбросов иллюстрируется числом звездочек * (< 0,1 млрд тонн CO₂ в год), ** (0,1–0,3 млрд тонн), *** (0,3–1 млрд тонн), **** (> 1 млрд тонн). Оценки снижения выбросов CO₂ в последней колонке относятся к сценарию Мар.

Рисунок 3.6 ► Достижение ценовой конкурентоспособности технологиями генерации энергии из возобновляемых источников



Гидроэнергетика

Потенциал

По оценкам МЭА, общий мировой технически осуществимый потенциал гидроэнергетики составляет 14 000 ТВт-ч в год. Из них около 8 000 ТВт-ч в год рассматриваются в настоящее время как экономически обоснованные. На сегодня мощности объемом около 808 ГВт либо эксплуатируются, либо находятся на стадии строительства с предполагаемым ежегодным совокупным объемом генерируемой энергии около 7 080 ТВт-ч. Большая часть оставшегося потенциала гидроэнергетики расположена в Африке, Азии и Латинской Америке. В Базовом сценарии большая часть экономического потенциала гидроэнергетики выбрана к 2030 г., а значит, в сценариях АСТ его дополнительное использование ограничено. Кроме того, 5% мирового потенциала гидроэнергетики используется через малые станции. Технический потенциал малой гидроэнергетики во всем мире оценивается на уровне 150–200 ГВт.

Затраты

Существующие крупные гидроэлектростанции во многих случаях являются самыми низкозатратными источниками электроэнергии на сегодняшнем энергетическом рынке. Причина этого в том, что большинство станций было построено много лет назад и их стоимость полностью амортизирована. Для новых крупных станций затраты на генерацию лежат в пределах 0,03–0,04 долл./кВт-ч. Затраты на генерацию на малых гидроэлектростанциях (то есть < 10 МВт) оцениваются на уровне 0,02–0,10 доллара/кВт-ч, причем минимальные затраты приходятся на регионы с высоким качеством гидроресурсов. После списания высоких первоначальных затрат электростан-

ции могут генерировать энергию с еще меньшими затратами, так как они обычно эксплуатируются без больших затрат на замещение оборудования в течение 50 и более лет.

Препятствия

Большинство дешевых гидроресурсов уже используется, особенно в странахчленах МЭА. Это ограничивает масштабы дальнейшего развития. Озабоченность состоянием окружающей среды и социальные проблемы – основные препятствия на пути использования оставшегося мирового потенциала гидроэнергетики. Увеличение потребности в воде для различных нужд может ограничить расширение использования гидроэнергетики и сократить объем воды, доступной для существующих электростанций. Строительство плотин для крупных проектов гидроэнергетики оказывает огромное влияние на окружающую среду и может повлечь необходимость переселения большого количества людей. Даже осуществление более мелких проектов без создания крупных водохранилищ не обходится без трудностей, например, из-за проблем безопасного прохода рыбы. Удаленность от энергетических сетей также может стать проблемой для гидроэлектростанций, особенно малых. Существуют также технические проблемы, касающиеся необходимости расширения диапазона напорных и расходных показателей, которые должны решаться с разумными затратами.

3

Преодоление препятствий

Гидроэнергетика является хорошо разработанной и коммерчески конкурентоспособной технологией. Тем не менее, существует необходимость проведения научно-исследовательских работ как государством, так и промышленностью. Они должны быть направлены на совершенствование конструктивного исполнения и систем контроля, а также на решение экологических проблем и достижения общественного признания. Возрастет необходимость оптимизации использования водных ресурсов в целом, где гидроэнергия будет составной частью. Для малых гидроэнергетических систем последние конструктивные разработки были направлены на их интеграцию в экосистемы рек для минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Диапазон применения этих разработок может быть расширен на быстро развивающиеся рынки стран, не входящих в ОЭСР.

При этом остаются спорные вопросы, которые невозможно решить на техническом уровне. Строительство плотин и водохранилищ создает социальные проблемы для жизни местного населения, вплоть до самой возможности проживания в данной местности. Большая гидроэнергетика требует наличия стабильной правовой системы и соответствующего разделения бремени и преимуществ гидроэнергетики с местным населением. Понимание ответственности требует прозрачного процесса принятия решений. Долины в верховьях рек часто имеют большое экологическое значение и являются местами обитания редких животных и растений. Здесь необходим тщательный анализ возможной компенсации последствий влияния на окружающую среду.

Геотермальная энергия

Потенциал

Существующие геотермальные станции расположены в районах геологической активности, где есть естественные источники пара или горячей воды. Потенциал таких источников в значительной степени уже использован. Потенциал новых геотермальных технологий, таких как использование сухих горячих подземных пород, огромен, но пока даже не затронут. В основном он сконцентрирован в районах повышенной геологической активности. В сценариях АСТ доля геотермальных источников в мировой структуре энергетики составляет в 2050 г. от 2 до 3%.

Затраты

Стоимость современной геотермальной станции в значительной степени снизилась по сравнению с системами, построенными в 70-х годах прошлого столетия. Стоимость генерации на существующих станциях в США низкая и составляет 0,015–0,025 доллара/кВт. Основываясь на анализе, проведенном в данной работе, оценочная стоимость производства геотермальной энергии в ближайшие десятилетия будет составлять 0,03–0,08 доллара/кВт в зависимости от «качества» энергоносителя. Первоначальные инвестиции в разведку ресурсов и строительство станций будут составлять значительную долю общих затрат. Одни только затраты на бурение могут составить от одной трети до половины общей стоимости геотермальной станции. Затраты на генерацию 1 кВт для систем, использующих в качестве источника сухие горячие породы, в Европе в настоящее время составляют 0,20–0,30 доллара/кВт.

Препятствия

Основными препятствиями использования геотермальной энергии являются долгие сроки разработки проектов, риски и затраты на разведочное и эксплуатационное бурение. Проектные риски высоки из-за неопределенностей в отношении долговечности работы оборудования в условиях тепловой и динамической нагрузки. Минерализованные воды и утечки из водоносных горизонтов могут представлять опасность для окружающей среды.

Преодоление препятствий

Высокие финансовые риски могут быть компенсированы правительственной политикой страхования или разделения рисков как на стадии оценки мощности энергоносителей, так и на стадии бурения. Это уже делается в ряде стран, которые сегодня разрабатывают источники геотермальной энергии.

В краткосрочной перспективе научно-исследовательские работы сконцентрированы на повышении продуктивности геотермальных источников и использовании больших площадей, в частности нагретых пород-резервуаров, которые недостаточно проницаемы для воды. Научно-исследовательские работы по разработке новых подходов, совершенствование существующих методов и производство малых модульных блоков позволят снизить затраты за счет роста объемов производства.

Геотермальные системы с использованием горячих сухих пород находятся на ранних стадиях исследований, там существуют серьезные технические и стоимостные проблемы, которые необходимо решить. Если стремиться к реализации потенциала геотермальной энергии и достижению ее вклада в выработку энергии, предполагаемому в сценариях АСТ, нужны дальнейшие исследования, финансируемые правительством, и тесное сотрудничество с промышленностью. Геотермальная энергетика может выиграть в результате развития технологий в нефтегазовой промышленности – бурение горизонтальных скважин, технологии расширяемых монолитных труб, фрагментации горных пород и усовершенствованных сейсмических технологий.

Биоэнергетика

Потенциал

Использование биомассы (например древесины, отходов древесного производства, навоза, жмыха, черного щелока и т. д.) в абсолютных цифрах увеличивается, но доля биомассы в Базовом сценарии снижается с 9% в настоящее время до 7% в 2050 г. В сценариях АСТ новые биоэнергетические технологии увеличивают долю биоэнергетики в мировой выработке энергии до 15%. Для электроэнергии доля биоэнергетики в 2050 г. составляет 2% в Базовом сценарии и 3,0–6,5% в сценариях АСТ. Этот вклад имеет важное значение, но относительно невелик по сравнению с общим мировым потенциалом использования биомассы.

Производство электроэнергии из биомассы, основанное на обычном паровом цикле, является хорошо разработанной технологией. Биомасса представляет собой топливо, сходное с углем, поэтому для нее могут применяться такие же технологии. Важной опцией является возможность совместного сжигания биомассы и угля на угольных станциях. После незначительных доработок биомасса может составлять до 10% топлива (в пересчете на уголь). Это отработанная технология. Тем не менее, измельчение биомассы и наличие примесей требует особого внимания, так как это может повлиять на работу станции. Новые технологии, такие как комбинированный цикл газификации на биомассе и газе (biomass integrated gasifier/gas turbine, BIG/GT) и IGCC сейчас разрабатываются, но пока являются высокочувствительными, и их внедрение идет медленно. Разрабатывается технология IGCC для черного щелока – побочного продукта производства целлюлозы. Помимо этих крупномасштабных технологий разрабатывается мелкомасштабная когенерация с использованием биомассы, которая также имеет немалый потенциал. Биомасса может использоваться в качестве топлива в системах централизованного теплоснабжения, в местах, где есть достаточные запасы дешевых ресурсов.

Затраты

Дополнительные инвестиции для совместного сжигания биомассы и угля составляют 50–250 долларов/кВт. Затраты на генерирование энергии составляют от 0,02 долларов/кВт-ч, если биомасса бесплатна, до 0,02 дол-

ларов/кВт-ч, если она стоит 3 доллара за 1 ГДж. Сжигание биомассы для получения тепла и когенерации тепла и электроэнергии является коммерческой технологией для централизованных систем теплоснабжения в странах северной Европы. Электроэнергия, полученная в результате когенерации, продается по конкурентным ценам на спотовых рынках электроэнергии, то есть примерно по 0,04 доллара/кВт. Общая стоимость производства зависит от цены на производимое тепло. Стоимость производства электроэнергии для новейших технологий обычно составляет от 0,10 до 0,13 доллара/кВт, если цена биомассы с учетом доставки равна 3 доллара за 1 ГДж. При этом стоимость снижается в зависимости от цены проданного тепла или если имеется более дешевая биомасса. Потенциал снижения себестоимости ограничивается возможностью получения достаточного количества биомассы. Для крупных станций экономия за счет роста производства должна быть больше роста стоимости биомассы при ее сборе в больших масштабах (с учетом доставки).

Препятствия

Обычные технологии использования биомассы в качестве топлива могут быть экономически конкурентоспособны. Однако они могут по-прежнему нуждаться в поддержке на стадии внедрения, чтобы преодолеть известные недостатки и достичь признания общественности. В частности, строительство станции, получающей энергию от сжигания бытовых отходов, может встретить сопротивление общественности из-за опасений вредных выбросов, особенно диоксинов. Есть серьезная озабоченность, что сжигание отходов является неверным «легким решением» проблемы отходов. Это противоречит концепции минимизации и переработки отходов, принятой во многих странах. Главным препятствием увеличения использования биомассы в больших масштабах является себестоимость систем, необходимых для целевого производства сырья, заготовок и транспортировки, а также высокая стоимость технологий конверсии топлива.

Проблемой является наличие достаточного количества недорогого сырья. Системы сбора биомассы, новые виды быстрорастущих растений и биоректификационные установки максимально увеличивают экономическую эффективность биомассы. Эти технологии, а также производство электроэнергии из остатков биомассы, требуют дальнейших разработок.

Преодоление препятствий

Для других возобновляемых источников энергии развитие не сильно зависит от прогресса прямо не связанных с ними технологий. Однако развитие биомассы требует более широкого охвата – технологий производства и транспортировки биомассы и лишь затем генерирования энергии.

Большинство станций, использующих биомассу, зависят от отходов лесопереработки, сельского хозяйства, промышленности и бытовых отходов. Несмотря на то, что эти ресурсы часто остаются неиспользованными, серьезное расширение сырьевой базы потребует выращивания специальных энергетических культур, используемых в качестве топлива. Это может от-

крыть новые экономические возможности для фермеров и владельцев лесных хозяйств. Может образоваться замкнутый круг, когда фермеры не захотят выращивать энергетические культуры при отсутствии сформировавшегося рынка, а инвесторы будут настороженно относиться к финансированию станций, использующих биомассу, без гарантированных поставок топлива. Значительная стоимость транспортировки биомассы подразумевает, что рынок должен быть внутренним. Все это обуславливает потребность в новой структуре бизнеса, отличной от той, которая обычно используется энергетикой.

Системы комбинированного цикла газификации на биомассе и газе (BIG/GT) еще находятся на стадии научных исследований. Есть обнадеживающие разработки по IGCC для угля, черного щелока и измельченных волокон. Это может способствовать снижению себестоимости технологии BIG/GT при использовании специальных энергетических культур. Отсутствие широкомасштабного применения ведет к тому, что эта технология всегда будет более дорогостоящей, чем крупномасштабное использование IGCC. Подходы на основе биоректификации биомассы потенциально могут удовлетворить значительную долю спроса на энергию в будущем и снизить стоимость производства электроэнергии. Научные усилия сейчас сосредоточены на снижении стоимости выращивания специальных культур, поиске путей минимизации воздействия на окружающую среду, разработке установок по биоректификации и созданию интегрированной биоэнергетической промышленности, связывающей воедино биоэнергетические ресурсы и производство различной продукции, включая энергию.

Энергия ветра

Потенциал

Программы различных стран по внедрению ветровой энергетики привели к росту количества электроэнергии, производимой с помощью ветра, в странах – членах МЭА с 2,4 ГВт в 1990 г. до 28,1 ГВт в 2002 г. То есть среднегодовой рост составил около 23%. При этом 600 МВт производится морскими ветровыми установками, все они расположены в Европе. В сценариях АСТ в результате использования энергии ветра производится от 4 до 10% всей электроэнергии в 2050 г. Ветровая энергетика займет второе место среди возобновляемых источников, уступив только гидроэнергии. В Базовом сценарии доля ветровой генерации в общем объеме производимой электроэнергии составляет только 2%, что отражает достаточно высокую себестоимость генерации и необходимость правительственных программ по обучению и внедрению.

Затраты

Средняя стоимость крупной современной ветровой наземной станции составляет около 1 000 долларов/кВт установленной мощности. Стоимость возведения морской станции может быть на 35–100% выше. Все потенциальные затраты на интеграцию с энергосистемами и на создание мощнос-

тей по аккумуляции энергии в эту оценку не включались. Производственные затраты на самых лучших береговых электростанциях снизились до 0,03–0,04 доллара/кВт·ч. Снижение средней скорости ветра увеличивает себестоимость электроэнергии. Различия электростанций, разброс показателей капитальных затрат и средних показателей скорости ветра, приводят к существенным колебаниям себестоимости ветровой энергии в различных странах и регионах – от 0,03 и до 0,20 доллара/кВт·ч. Сегодня ветровая энергия неконкурентоспособна на большинстве рынков, но ситуация смягчается льготными тарифами. Обучение в процессе использования технологии в дальнейшем будет снижать затраты. Но необходимо стимулировать снижение выбросов CO₂ с целью уменьшить разрыв между станциями, использующими ископаемые источники энергии, и ветровыми электростанциями.

Препятствия

Необходимо и далее снижать стоимость электроэнергии, производимой ветровыми станциями, с тем чтобы сделать ветровую энергию конкурентоспособной в большинстве регионов. После того, как затраты снизятся до конкурентного уровня, в силу вступят другие факторы – общественное признание, прерывистость энергоснабжения и влияние на стабильность работы энергосети – которые будут накладывать свои ограничения на дальнейшее проникновение ветровой энергии на рынок.

Преодоление препятствий

Различные варианты стимулирования ветровой энергетики, применявшиеся на протяжении последних трех десятилетий, были очень удачными. Благодаря им значительно снизились затраты, были усовершенствованы турбины (стали больше и надежнее), повысилась осведомленность общественности. Ежегодный темп роста на уровне 23% с 1990 г. является большим достижением. Однако именно более широкое применение энергии ветра привело к возникновению новых проблем. Прерывистость работы и технические характеристики вырабатываемой электроэнергии не являлись серьезными проблемами, пока ветровые станции составляли лишь малую часть всей энергосистемы. Быстрое расширение и технический прогресс привели к росту размеров турбин, их внешний вид стал портить ландшафт и вызывать отрицательную реакцию общественности.

При строительстве морских станций проблем с ухудшением ландшафта не возникает, из-за более постоянного ветра режим работы становится более стабильным. Однако возникают дополнительные затраты, турбины должны противостоять более сильным внешним воздействиям, дороже становится строительство, монтаж и передача энергии в сети электропередач. Развитие морских станций пока ограничено прибрежной зоной с наиболее благоприятным ветровым режимом, например в Северном море.

Частично проблема нарушения ландшафта и стабильности работы может быть решена за счет разработки более совершенных систем управления линиями электропередач, системами управления спросом и хранения энергии, например подземного хранилища сжатого воздуха, то есть не с

помощью самих ветровых турбин. Комплексные системы, включающие гидроэнергетические мощности, также могут помочь в решении некоторых из указанных проблем (например при сильном ветре можно снижать работу гидроэлектростанции).

Солнечная энергия

Солнечные фотоэлементы представляют собой модули, которые могут использоваться как для централизованного, так и децентрализованного производства электроэнергии. Эта технология уже является коммерческой на некоторых «нишевых» рынках, например в удаленных районах, где нет сетей электропередач. Потенциал данной технологии огромен, но без выдающихся достижений в науке и технике ее массовое внедрение до 2030 г. не предполагается.

Технология концентрации солнечных лучей нуждается только в обычном солнечном свете, поэтому наилучшей зоной ее использования является «солнечный пояс» по обеим сторонам экватора. Эта технология частично может быть применима в засушливых районах юга Европы, Ближнего Востока, запада Индии, западной части Австралии, в Андах, на северо-востоке Бразилии, в северной Мексике и на юго-западе Соединенных Штатов. За исключением некоторых нишевых случаев, данная технология находится ближе к стадии массового внедрения, чем солнечные фотоэлементы.

В сценариях АСТ вклад солнечной энергии в общее производство электроэнергии в 2050 г. составляет 1–2%, в сценарии ТЕСН Plus – до 3%.

Затраты

В конце 60-х гг. стоимость фотоэлектрической панели составляла около 100 000 долларов на киловатт пиковой (максимально возможной) мощности (кВт-п). Сегодня стоимость колеблется от 2 000 до 3 000 долларов/кВт-п. При подсоединении панели к энергосети стоимость дополнительного оборудования – арматуры, конвертеров и соединительных схем – такая же, как стоимость самой панели. Стоимость электроэнергии зависит от силы солнечного света. Например, в Средиземноморье стоимость фотоэлектрической электроэнергии может составлять от 0,35 до 0,45 доллара/кВт. При концентрации солнечных лучей стоимость электроэнергии с использованием самой современной технологии в наилучших районах составляет 0,10–0,15 доллара/кВт. Сейчас стоит задача снизить затраты систем концентрации солнечных лучей до 0,05–0,08 доллара/кВт в течение 10 лет, и до уровня менее 0,05 долл./кВт в долгосрочной перспективе. Однако эти цели могут быть достигнуты только при проведении дополнительных научно-исследовательских работ.

Препятствия

Основным препятствием использования солнечных технологий является их стоимость. Для снижения стоимости до конкурентоспособного уровня требуются научно-исследовательские работы. Для солнечных тепловых технологий

(концентрации) нужно крупномасштабное внедрение, чтобы снизить затраты благодаря «обучению в процессе использования». Так как солнечная энергия является непостоянным источником, большого внимания требует ее интеграция со всей системой электроснабжения, особенно если предполагается поставка в систему большого объема солнечной фотоэлектрической энергии. Тепловые солнечные станции могут более стабильно вырабатывать энергию благодаря резервному использованию ископаемых видов топлива или аккумулярованию тепловой энергии при низких дополнительных затратах.

Преодоление препятствий

Новые типы фотоэлектрических панелей в настоящее время находятся в стадии разработки (например технология нанесения тонкопленочного покрытия на стекло). Эти новые технологии могут значительно снизить их стоимость. Целью является снижение стоимости ниже 500 долл./кВт пиковой нагрузки. Стоимость панелей примерно равна стоимости всех других компонентов системы, вместе взятых. Поэтому важно снизить стоимость других компонентов системы, входящих в солнечный модуль. Для массового внедрения на рынке общие капитальные затраты для фотоэлектрических систем, интегрированных с энергосистемами, должна быть снижена до 1 000 долларов/кВт пиковой нагрузки. При нынешнем уровне прогресса и затратах на внедрение, растущих на 15% в год, фотоэлектрические технологии достигнут указанного ценового уровня не раньше 2030 г., или позже. Для достижения цели требуются очень большие инвестиции в обучение – порядка 100 млрд долларов. Это гораздо больше, чем для любой другой технологии использования возобновляемых источников, описанной ранее. Поэтому есть необходимость проведения дальнейших научно-исследовательских работ и согласованных действий со стороны правительств по стимулированию использования данных технологий.

Огромный потенциал массового рыночного внедрения и убедительные доказательства, что разработка фотоэлектрических технологий в конечном счете окупится, стимулируют привлечение столь больших инвестиций. Наличие нишевых рынков, где активно используются фотоэлектрические технологии, означает, что большая часть инвестиций в обучение будет осуществляться самим рынком. При этом сокращается потребность в поддержке со стороны правительства.

Солнечные фотоэлектрические технологии требуют, чтобы правительственное стимулирование внедрения было значительным, стабильным и долгосрочным. Важно также стимулировать нишевые рынки и инвестиции в обучение со стороны промышленного и частного секторов. Долгосрочность и большие инвестиции в обучение делают еще более важным международное сотрудничество. В настоящее время внедрение этих технологий осуществляется в Японии, Германии и США. Маловероятно, что отдельная страна или небольшая группа стран сможет вывести фотоэлектрические системы на стадию массового внедрения в глобальном масштабе. Существуют факты, свидетельствующие о том, что нескоординированные действия по стимулированию внедрения могут привести к перегреву рынка, без необходимости поднимая стоимость и инвестиции в обучение.

Технологии концентрации солнечных лучей готовы к внедрению в двух из существующих трех вариантов: с использованием параболических цилиндров (зеркал) и установок башенного типа. В то же время использование параболических тарелок по-прежнему требует дальнейших научно-исследовательских работ. Затраты все еще остаются слишком высокими, поэтому решающее значение имеет разработка соответствующих программ поддержки внедрения для обеспечения будущего гелиотермальных станций. Испания сделала шаг вперед, введя льготные тарифы для электроэнергии, получаемой с использованием технологий концентрации солнечных лучей. Системы, которые объединяют в себе солнечные концентрационные установки и паровой цикл на ископаемом топливе, на ранних стадиях могут сыграть свою роль. Фотоэлектрические и концентрационные технологии особенно привлекательны в регионах, где из-за использования кондиционеров пик потребления электроэнергии приходится на дневной период летних месяцев.

Энергия океана

Потенциал

Предлагаемые технологии используют различные виды энергии океана: энергию волн, приливов, морских течений, термальной энергии и градиентов солености. Некоторые виды, такие как использование энергии волн, теоретически могут иметь широкое применение и большой потенциал, тогда как другие, например использование энергии приливов, ограничены наличием мест для установки станций. В сценариях АСТ в период до 2050 г. технологии использования энергии океана имеют только второстепенное значение.

Затраты

Некоторые энергосистемы приливных плотин эксплуатируются уже в промышленном режиме в течение десятилетий. Количество мест для таких систем ограничено, а их влияние на окружающую среду неоднозначно. Новые системы, основанные на различных технологических концепциях, все еще находятся на стадии научно-исследовательских разработок, и оценка стоимости производимой ими энергии представляется преждевременной. Затраты будут сильно зависеть от удельной энергоотдачи, а к производственным затратам следует прибавить стоимость подсоединения к энергосетям.

Препятствия

Себестоимость, технологические и финансовые риски представляют собой серьезные препятствия. Риск увеличивает тот факт, что даже пилотные проекты должны быть относительно масштабными для того, чтобы установки могли противостоять тяжелым условиям морского базирования. Хорошие перспективы имеют приливные плотины в определенных местах установки, но они требуют тщательной оценки влияния на окружающую среду в каждом конкретном месте.

Преодоление препятствий

Технологии использования энергии океана по-прежнему проходят научно-исследовательскую стадию. На протяжении последних 20 лет исследования по этим технологиям финансировались относительно мало. Ситуация меняется к лучшему с ростом заинтересованности ряда стран, о чем свидетельствует подписание странами – членами МЭА Соглашения по внедрению систем, использующих энергию океана. Несколько полномасштабных демонстрационных прототипов планируется построить вблизи побережья Великобритании.

Технологиям использования энергии океана необходимо решить две основные проблемы одновременно: доказать возможности конверсии энергии и преодолеть очень высокий технический риск эксплуатации установок в суровых внешних условиях. В настоящее время энергия волн и морских (приливных) течений являются двумя основными разрабатываемыми направлениями, и, возможно, именно на них будут концентрироваться исследования и разработки. Странами – членами МЭА, участвующими в Соглашении о внедрении систем использующих энергию океана, разрабатываются проекты, вступление в строй которых ожидается в 2007 г. Ожидается, что эти проекты потребуют поддержки для снижения затрат по крайней мере до уровня 300 долларов/МВт-ч.

Атомная энергетика

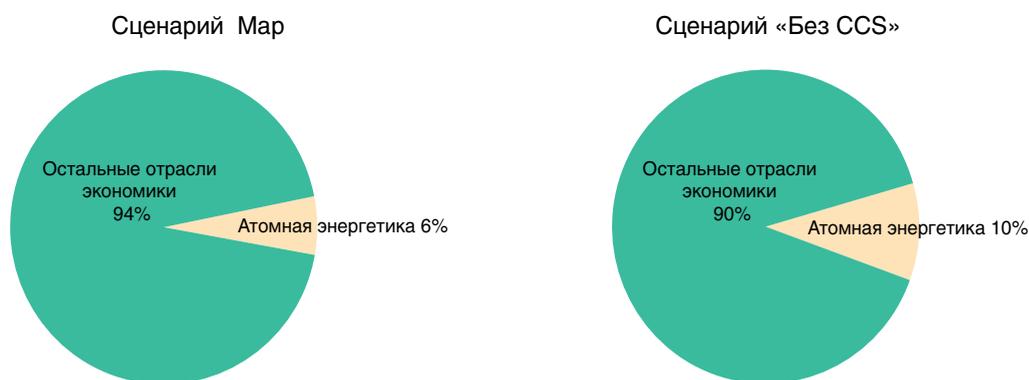
В сценариях АСТ и ТЕСН Plus доля атомной энергетики составляет от 10 до 22% генерируемой электроэнергии в 2050 г. Это означает увеличение существующего уровня генерации на 20–165%. Наименьшая доля атомной энергетики наблюдается в сценарии «Низкая доля атомной энергетики», наибольшая (22%) – в сценарии ТЕСН Plus. Так как конец срока эксплуатации всех существующих сегодня атомных станций наступит раньше 2050 г., эти цифры предполагают масштабные программы реинвестирования.

Атомная энергетика является источником энергии, где отсутствуют прямые выбросы CO_2 , и может внести ощутимый вклад в снижение выбросов, если будут соблюдены требования общественности. В сценарии Мар вклад атомной энергетики в снижение выбросов CO_2 в 2050 г. около 6% (от уровня Базового сценария). Сценарий «Без ССС» предполагает, что эта доля составит 10% (Рисунок 3.7).

В Таблице 3.4 показано, что атомная энергетика играет существенную роль в снижении выбросов CO_2 к 2050 г. Некоторые технологии реакторов II и III поколений уже готовы к массовому внедрению. Другие технологии реакторов III+ и IV поколений должны пройти стадию демонстрации, которая является медленным процессом. Это может означать, что данные технологии не готовы к коммерческому использованию в течение ближайших 2–3 десятилетий. Реакторы IV поколения начнут вносить существенный вклад после

2030 г., тогда как II, III и III+ поколений способны внести свой вклад ранее этого срока (Рисунок 3.8). Всем технологиям необходимы дальнейшие научно-исследовательские работы и стадия демонстрации, особенно в утилизации ядерных отходов, вывода станций из эксплуатации и использовании новых более эффективных топливных циклов. В долгосрочной перспективе могут быть востребованы реакторы на тории и реакторы-«размножители» на быстрых нейтронах, если их развитию будет способствовать истощение запасов урана.

Рисунок 3.7 ▶ Доля атомной энергетики в глобальное снижение выбросов CO₂ по сценариям Мар и «Без CCS», 2050 г. (снижение выбросов в процентах от базового сценария)



Общее снижение выбросов CO₂: 32,1 млрд тонн

Общее снижение выбросов CO₂: 28,31 млрд тонн

Таблица 3.4 ▶ Доля атомной энергетики в снижение выбросов CO₂ в сценариях АСТ и ТЕСН Plus (снижение выбросов в млрд. т CO₂ от базового сценария)

Технологии	2015 г.	2030 г.	2050 г.	Млрд тонн CO ₂ в год
Ядерные реакторы II и III поколений	**	***	****	1,8
Ядерные реакторы IV поколения		**	****	1,9

Примечание: Снижение выбросов иллюстрируется числом звездочек * (< 0,1 млрд тонн CO₂ в год), ** (0,1–0,3 млрд тонн), *** (0,3–1 млрд тонн), **** (> 1 млрд тонн). Оценки снижения выбросов CO₂ в последней колонке относятся к сценарию Мар.

Рисунок 3.8 ▶ Достижение ценовой конкурентоспособности технологиями генерации атомной энергии

Технологии	2010 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	Снижение в 2050 г. Млрд. тонн CO ₂ в год
Ядерные реакторы II и III поколений					1,8
Ядерные реакторы IV поколения					1,9

Стадия, когда технология является конкурентоспособной без стимулирования снижения выбросов CO₂

Стадия, когда технология является конкурентоспособной при условии стимулирования снижения выбросов CO₂

Правительственная поддержка внедрения

Стадия демонстрации

Стадия научно-исследовательских работ

Ядерная энергетика практически не дает прямых выбросов парниковых газов и подходит для крупных электростанций внутри больших сетей электропередач. Однако несмотря на преимущества, в течение многих лет доля электроэнергии, вырабатываемой атомными станциями, остается неизменной на уровне 16%. Во всем мире только 30 стран используют атомную энергию. В последние годы она привлекла к себе повышенное внимание как возможность снижения выбросов CO₂. Однако некоторые страны приняли решения об отказе от развития атомной энергетике.

Технологии, основанные на расщеплении атомного ядра, в целом разделяются на четыре поколения реакторов. Реакторы I поколения были главным образом промышленно-исследовательскими. Срок их эксплуатации уже закончился или подходит к концу, последние реакторы скоро будут выведены из эксплуатации. Реакторы II и III поколений сейчас находятся в коммерческой эксплуатации. Реакторы поколения III+ могут быть запущены к 2010 г. Реакторы IV поколения могут достичь стадии коммерческого использования к 2030 г. Реакторы III и III+ поколений являются основными кандидатами на эксплуатацию в ближайшем будущем.

Ядерная энергия: реакторы поколений III и III+

Потенциал

Реакторы III поколения включают в себя усовершенствованные водяные реакторы (*advanced boiling water reactor, ABWR*) и усовершенствованные водяные реакторы под давлением (*advanced pressured water reactor, APWR*). Такие реакторы уже созданы и находятся в эксплуатации. Французская и финская программы специализируются на европейском типе водяного реактора под давлением (EPR). Поколение III+ включает ядерные реакторы с шаровой засыпкой модульного типа (*pebble bed modular reactor, PBMR*) и реакторы AP1000. Оба типа представляют собой пассивную систему обеспечения безопасности. PBMR имеет газовую систему охлаждения и может быть выполнен как небольшие модульные блоки мощностью 100–200 МВт. Демонстрационный проект запланирован к осуществлению в Южной Африке на 2011 г. (коммерциализация с 2015 г.). AP1000 – реактор III поколения на легкой воде, в настоящее время рассматривается для использования в Китае. Он представляет собой улучшенную версию проверенной конструкции реактора AP600. Скорее всего, в дальнейшем будут сосуществовать несколько конструкций ядерных реакторов.

Затраты

Согласно оценкам, объем требующихся краткосрочных инвестиций (например без учета выплаты процентов в период строительства) в реакторы поколения III+ может снизиться ниже 1 500 долларов /кВт. С учетом ставки дисконтирования в 10% приведенная стоимость энергоресурсов варьируется в пределах 47–62 долларов/МВт-ч при пятилетнем периоде строительства, что на 5–20 долларов США выше, чем для угольных или газовых станций в большинстве регионов мира. Серийное производство может позволить

снизить затраты. Указанные цены уже являются конкурентоспособными в Японии и Корее (из-за более высоких цен на ископаемое топливо в этих странах). В других регионах мира разрыв мог бы быть преодолен за счет стимулирования снижения выбросов CO_2 .

Препятствия

Несмотря на то, что каждое новое поколение реакторов представляет собой усовершенствованную версию предшественника, ядерные технологии по-прежнему сталкиваются с препятствиями:

- протесты общественности в связи с проблемой распространения ядерного оружия, обращением с ядерными отходами и безопасностью;
- большие капитальные затраты при существующих сегодня технологиях (с учетом оборотного капитала в период строительства, расходов на утилизацию ядерных отходов и на вывод станции из эксплуатации);
- новые типы ядерных реакторов с потенциально более низкими затратами на единицу мощности должны пройти апробацию в промышленном масштабе, а это процесс, который занимает десятилетия. Использование более крупных реакторов снижает затраты на единицу мощности, но увеличивает капитальные затраты по проекту. Некоторые новые конструкции реакторов обладают меньшей единичной мощностью;
- быстрый рост (более чем в 2 раза за 50 с лишним лет) будет влиять на запасы урана и, возможно, в долгосрочной перспективе стимулирует использование тория или реакторов-«размножителей» на быстрых нейтронах, что поставит перед этими технологиями новые задачи;

Прогресс в преодолении препятствий, стоящих перед ядерными технологиями, будет определять долю, которая будет приходиться на них в структуре энергетики будущего, а также их вклад в снижение выбросов CO_2 . С другой стороны, правительства ряда стран уже приняли решение о разработке политики постепенного отказа от использования атомной энергии.

Преодоление препятствий

Продолжающиеся разработки ядерных технологий (см. ниже описание реакторов IV поколения) и демонстрационные программы могут способствовать преодолению препятствий, с которыми сталкивается атомная энергетика. Наиболее сложной задачей видится достижение признания общественности. Благотворное влияние на инвестиции в ядерные технологии оказали бы долгосрочные меры по стимулированию снижения выбросов CO_2 .

Ядерная энергия: реакторы IV поколения

Потенциал

Как ожидается, реакторы IV поколения появятся не раньше 2030 г., но могут, как показано в сценарии TESH Plus, к 2050 г. обеспечить снижение выбросов CO₂ на 1,9 млрд тонн.

Затраты

Объем затрат пока неизвестен, но цель реакторов IV поколения – разработка будущих систем генерации атомной энергии, которые будут производить электроэнергию, конкурентоспособную с точки зрения цены и безопасности.

Препятствия

Реакторы IV поколения сталкиваются с такими же препятствиями, что и другие ядерные технологии, а именно затраты, безопасность, утилизация ядерных отходов и распространение ядерного оружия. Это было признано Международным форумом по реакторам IV поколения и его 11 участниками (Аргентиной, Бразилией, Канадой, Европейским сообществом по атомной энергии, Францией, Японией, Кореей, Южной Африкой, Швейцарией, Великобританией и США), которые намерены решить все эти вопросы в своей программе развития ядерных технологий.

Преодоление препятствий

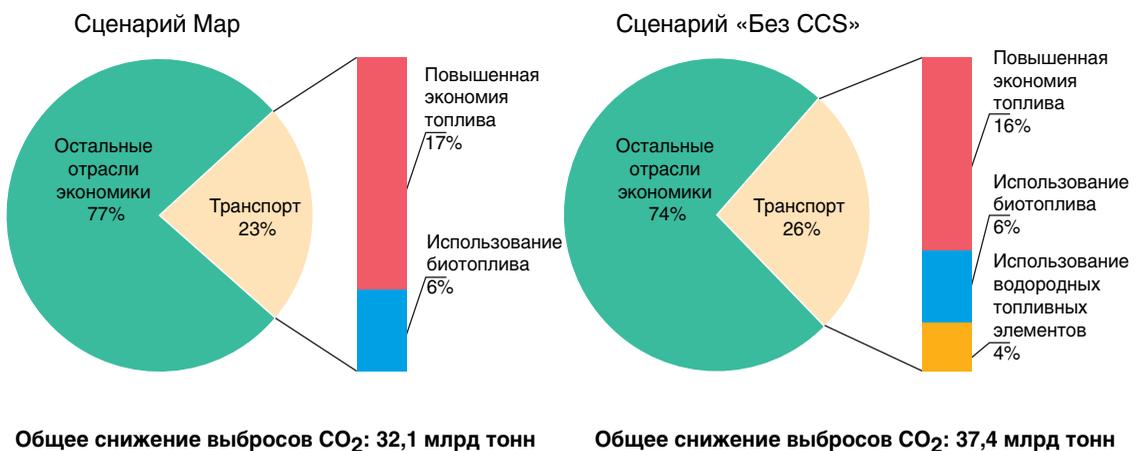
Принятие Международным форумом по реакторам IV поколения решений по преодолению хорошо известных проблем на пути внедрения ядерных технологий дает серьезную надежду на преодоление препятствий или снижение их остроты, а значит, возможность реакторам IV поколения сыграть свою роль в снижении выбросов после 2030 г.

Транспорт

На долю технологий и топлива на транспорте приходится 23% общего снижения выбросов в сценарии Mar, и 26% – в сценарии TESH Plus (Рисунок 3.9). В сценарии Mar на долю экономии топлива от использования гибридных и усовершенствованных двигателей и агрегатов приходится почти две трети общего снижения выбросов на транспорте. Остальная часть приходится на биотопливо, включая биодизельное топливо из зерна и биоэтанола на основе сахара и лигноцеллюлозы. В сценарии TESH Plus общее снижение выбросов в результате использования биотоплива увеличивается за счет более широкого использования лигноцеллюлозного этанола, но в процентах его доля в снижении выбросов CO₂ остается неизменной. В этом сценарии на долю транспортных средств на водородных топливных элементах приходится 4% общего мирового снижения выбросов. В целом снижение выбросов от транспортных средств на водородных элементах достигается как благодаря использованию водорода, который не дает выбросов CO₂,

так и благодаря более высокой эффективности транспорта на топливных элементах по сравнению с другими альтернативными видами транспорта. Автомобили на топливных элементах к 2050 г. будут составлять 30% мирового рынка, что ограничивает дальнейшее повышение экономии топлива для другого транспорта. Этим объясняется чуть меньшая доля дальнейшего увеличения экономии топлива в сценарии TECH Plus по сравнению со сценарием Mar. Эти показатели не учитывают возможных переходов на другие виды топлива, обусловленных мерами по стимулированию снижения выбросов CO₂.

Рисунок 3.9 ▶ Доля автодорожного транспорта в глобальном снижении выбросов CO₂ для сценариев Mar и «Без CCS», 2050 г. (по отношению к базовому уровню)



Вклад каждой технологии в снижение выбросов к 2015, 2030 и 2050 г. показан в Таблице 3.5. К 2015 г. будут преобладать варианты дальнейшего повышения экономии топлива в двигателях внутреннего сгорания (регулируемое газораспределение, прямой впрыск топлива и усовершенствованные технологии сжигания топлива) и меры по снижению использования топлива, не связанные с двигателями (усовершенствованные автомобильные шины, облегченные материалы и более эффективные системы кондиционирования воздуха и освещения). К 2030 г. увеличение использования гибридных двигателей и биотоплива начнет оказывать существенное влияние. В долгосрочной перспективе дальнейшее усовершенствование технологий в этих двух категориях будет играть ключевую роль в снижении объема выбросов.

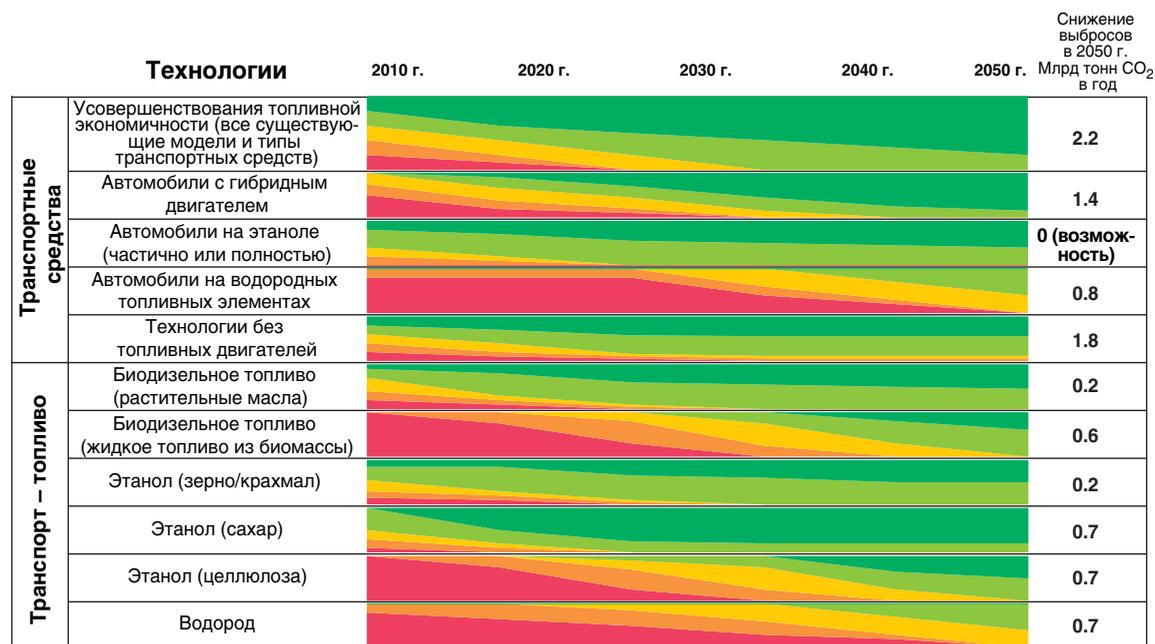
Различия между результатами развития технологий отражают препятствия, с которыми сталкивается каждая из них. Для того, чтобы вклад этих технологий стал значительным, необходимы серьезные научно-исследовательские разработки для повышения производительности и снижения стоимости транспортных средств на топливных элементах, а также производства водорода и лигноцеллюлозного этанола (Рисунок 3.10). С другой стороны, многие варианты повышения топливной экономии доступны уже сегодня, и при правильной политике экономического стимулирования уже в ближайшее

Таблица 3.5 ► Снижение выбросов CO₂ в сценариях Mar и TECH Plus в результате применения транспортных технологий (по сравнению с базовым сценарием)

Технологии		2015 г.	2030 г.	2050 г.	Млрд тонн CO ₂ в год
Транспортные средства	Усовершенствования топливной экономичности транспортных средств (все существующие типы и модели)	**	****	****	2,2
	Автомобили с гибридным двигателем	**	****	****	1,4
	Автомобили на этаноле (частично или полностью)				0 (возможность)
	Автомобили на водородных топливных элементах		*	***	0,8
	Технологии без топливных двигателей	**	****	****	1,8
Транспорт – топливо	Биодизельное топливо (из растительных масел)	*	**	**	0,2
	Биодизельное топливо (жидкое топливо из биомассы)		*	***	0,6
	Этанол (зерно/крахмал)	*	**	**	0,2
	Этанол (сахар)	**	***	***	0,7
	Этанол (целлюлоза)		**	***	0,7
	Водород		*	***	0,7

Примечание: Снижение выбросов иллюстрируется числом звездочек * (< 0,1 млрд тонн CO₂ в год), ** (0,1–0,3 млрд тонн), *** (0,3–1 млрд тонн), **** (> 1 млрд тонн). Оценки снижения выбросов CO₂ в последней колонке относятся к сценарию Mar, для этанола из лигноцеллюлозы, водорода и топливных элементов цифры относятся к сценарию TECH Plus.

Рисунок 3.10 ► Достижение ценовой конкурентоспособности транспортными технологиями



Стадия, когда технология является конкурентоспособной без стимулирования снижения выбросов CO₂

Стадия, когда технология является конкурентоспособной при условии стимулирования снижения выбросов CO₂

Правительственная поддержка внедрения

Стадия демонстрации

Стадия научно-исследовательских работ

время они могут дать хороший результат. В следующих разделах анализируются препятствия, стоящие на пути применения наиболее распространенных технологий и новых видов топлива, и обсуждаются возможности их преодоления.

Усовершенствования топливной экономичности транспортных средств (двигатели и другие возможности)

Потенциал

В данном случае речь идет о категории технологий, а не об отдельной технологии. Кроме собственно экономичности двигателя сюда входит повышение эффективности таких компонентов двигательной системы, как коробка передач и система привода на ведущие колеса; снижение общего веса автомобиля и улучшение его аэродинамических свойств, повышение эффективности вспомогательных систем (например системы кондиционирования воздуха) и шин.

3

Затраты

Затраты на внедрение этих усовершенствований различны, но многие из них уже привели к снижению общих затрат в расчете на срок эксплуатации транспортных средств. Вероятно, что более широкое внедрение усовершенствований приведет к дальнейшему снижению затрат. Это в свою очередь расширит возможности экономии топлива, будет экономически целесообразным без принятия мер стимулирования снижения выбросов CO₂.

Препятствия

Потребители смогут покупать более экономичные автомобили, но при покупке они будут стремиться учесть многие факторы. Топливная экономичность – лишь один из них, причем чаще всего не самый главный. Большинство потребителей уделяет мало внимания возможностям экономии топлива. Часто они учитывают только экономию на протяжении первых 3–4 лет эксплуатации автомобиля.

Несмотря на значительные усилия, предпринятые для экономии топлива, усовершенствования двигателя были в основном сведены на нет после выпуска более крупных и мощных автомобилей и добавления энергоемких функций, таких как системы климат-контроля. Увеличение рыночной доли таких автомобилей как внедорожники, особенно в Северной Америке и все в большем количестве в Европе, укрепляет эту тенденцию. Глобальный характер автомобильной промышленности означает, что скоординированные международные усилия в экономии топлива могут оказаться более эффективными, чем усилия одной страны, но этот процесс может стать сложным и длительным.

Преодоление препятствий

Цель добровольных усилий и законодательных механизмов – повысить топливную экономичность. Добровольные и законодательные действия могут

быть объединены, но достигнутые ими результаты будут различны. Законодательство является более жестким инструментом. Добровольные соглашения обязывают производителей автомобилей поставлять автомобили, соответствующие конкретным стандартам экономичности. Однако в целом производители не сталкиваются с правовыми санкциями в случае неисполнения ими таких соглашений. Законодательные стандарты, с другой стороны, требуют от производителей автомобилей выполнения специальных стандартов экономичности к определенной дате, и производители столкнутся с санкциями в случае их невыполнения. Минимальные производственные показатели, повышающиеся вместе с усовершенствованием технологий, уже действуют в ряде стран. Другим возможным вариантом может стать включение выбросов CO₂ от транспорта в схему торговли разрешениями на выбросы там, где она уже работает. Возможно применение схем, когда цена выбросов «присоединяется» к топливу, или распределение выбросов между производителями всех проданных автомобилей (IEA, 2005).

Затраты энергии на работу вспомогательного оборудования обычно не учитываются во время испытаний автомобилей, и поэтому не входят в декларируемый расход топлива. Учет всех энергетических затрат при тестовых испытаниях мог бы стать стимулом для большего повышения топливной эффективности.

Стимулирующие меры, такие как схемы присвоения кодов, снижение (для экономичных автомобилей) или увеличение (для топлива или неэкономичных автомобилей) налоговой ставки и более полная информация могли бы стимулировать потребителей приобретать более эффективные автомобили с меньшими выбросами и сигнализировать производителям о необходимости их разработки.

Автомобили с гибридным двигателем

Потенциал

Автомобили с полностью гибридным двигателем в настоящее время при езде в городском режиме на 25–30% эффективнее, чем автомобили с обычным бензиновым двигателем. Автомобили с «мягкими» или «облегченными» гибридными двигателями менее эффективны, но они также дают увеличение экономичности на 5–20%. При езде в городском режиме гибридные двигатели дают наибольшую экономию топлива. Ожидается, что к 2050 г. они будут составлять большую долю рынка средних грузовиков и автобусов. Технология гибридных двигателей может использоваться на любом транспортном средстве, от легковых автомобилей до больших грузовиков и автобусов, но для сверхмощных дизельных грузовиков, предназначенных для дальних перевозок, эти преимущества минимальны.

Затраты

Оценочная стоимость автомобиля с бензиновым полногибридным двигателем почти на 3 000 долларов выше, чем обычных легковых автомобилей с

бензиновым двигателем. С течением времени предполагается уменьшение этой разницы, особенно если себестоимость аккумуляторных батарей будет снижена. Стоимость автомобиля с «мягким» гибридным двигателем на 2 000 долларов больше, а стоимость «облегченных» гибридных двигателей – на 500–1000 долларов. Гибридный двигатель может быть скомбинирован с дизельным для достижения еще большей эффективности, а это потребует дополнительных инвестиций. На данной стадии дизельные гибриды не готовы к выходу на рынок в больших масштабах раньше 2015 г., хотя здесь и существует определенный потенциал.

Препятствия

Наиболее серьезным препятствием является высокая стоимость автомобилей с гибридным двигателем. Долгосрочные разработки по снижению стоимости систем с гибридным двигателем имеют неопределенные перспективы и будут зависеть главным образом от развития технологии аккумуляторных батарей.

В настоящее время гибридные автомобили имеются лишь в виде нескольких моделей в сочетании с бензиновыми двигателями. До настоящего времени они пока не достигли уровня полномасштабного внедрения на рынке. Полномасштабное внедрение и достижение «критической массы» количества гибридных автомобилей, после которого их число будет расти лавинообразно, потребует широкого диапазона гибридных схем во всех классах автомобилей.

Преодоление препятствий

Для повышения производительности и снижения затрат по-прежнему требуются научно-исследовательские разработки. При этом основное внимание должно уделяться внедрению для снижения затрат благодаря «обучению в процессе работы» и созданию потребительского спроса. Если автомобили с полностью гибридным двигателем найдут широкое применение, на начальном этапе они потребуют финансовой поддержки для покрытия дополнительных затрат. Затраты на «облегченный» гибридный двигатель (например, где гибридным является лишь мотор стартера) меньше. Даже если облегченные гибриды дают меньшую экономию топлива, они могут быть более пригодными для использования на средних и малолитражных автомобилях.

Минимизация дополнительных затрат гибридных двигателей для обеспечения быстрого внедрения может привести к применению «облегченных» версий там, где в противном случае дополнительные издержки могут стать препятствием. Также это позволило бы снизить уровень стимулирующих субсидий или льготных платежей. В долгосрочной перспективе дополнительная стоимость гибридных автомобилей, как ожидается, будет снижаться в результате эффекта «обучения в процессе использования». Тогда экономические инструменты могут быть направлены на разработку усовершенствованных гибридных технологий, включая гибридные двигатели с прямой зарядкой батарей от электросети.

Необходимо учитывать, что гибридные системы необязательно будут способствовать повышению топливной экономичности автомобилей, если будут использоваться энергоемкие вспомогательные системы или двигатели большей мощности. В настоящее время продвижение гибридных двигателей основано на их топливной экономичности. Современные модели гибридов имеют более высокий уровень комфорта, чем их негибридные эквиваленты, поэтому определенная часть экономии топлива может быть потеряна. Стимулирующие меры по внедрению гибридных двигателей должны тщательно прорабатываться, чтобы стимулирование касалось только тех гибридов, которые имеют наибольшую эффективность использования топлива в своем классе.

Этанол из сахара или зерна

Потенциал

Параметры выбросов CO₂ при производстве этанола существенно зависят от типа используемого сырья и процесса производства. Объем выбросов CO₂ может быть снижен на 90% при производстве этанола из сахарного тростника. Он широко используется в Бразилии. Оценки выбросов CO₂ при производстве этанола из зерновых сильно различаются. Последнее исследование (*Farrel et.al., 2006*) оценивает потенциал снижения выбросов парниковых газов в 13% как «самый лучший показатель» при производстве этанола в США. При этом один литр этанола, полученного из зерновых, заменяет потребление 0,95 литра нефти (эти показатели зависят от местоположения и источников энергии, используемых на заводе по производству этанола).

Затраты

Затраты на производство этанола в разных регионах различны в зависимости от типа сырья и технологии переработки, а также стоимости исходной биомассы, затрат на аренду земли, оплату труда и наличия капитала. Этанол, производимый в Бразилии из сахарного тростника, стоит около 0,30 долларов/литр бензинового эквивалента. Этанол из кукурузы, производимый в США, стоит около 0,60 долл/литр, а производимый из пшеницы европейский этанол стоит около 0,70–0,75 долл/литр бензинового эквивалента. Стоимость производства зависит от стоимости сырья, которая в свою очередь от объемов его производства и потребностей в продовольствии. Широкое распространение этанола, производимого из продовольственных сельскохозяйственных культур, может привести к росту цен на продовольствие во всем мире.

Препятствия

Поставки зерновых или сахарного тростника ограничены имеющимися сельскохозяйственными площадями и конкурентным использованием. Одни регионы хорошо обеспечены биомассой, другие нет. Рынок этанола сегодня характеризуется региональной структурой. Затраты на транспортировку этанола морским путем составляют менее 0,02–0,03 доллара/литр, поэто-

му во многих странах импортные тарифы превышают 0,10 доллара/литр. Развитие международного рынка топливного этанола потребует устранения торговых барьеров. Так, на рынке должны быть созданы возможности для производителей сахарного тростника в развивающихся странах, таких как Бразилия, Индия, Таиланд, и других тропических странах, где они могут стать стимулом для развития индустрии экспорта.

Транспортировка биомассы представляет собой серьезное техническое препятствие, которое может стать труднопреодолимым и создать сложности для работы крупных перерабатывающих заводов. Тем самым будут ограничены возможности снижения затрат в результате роста производства.

Производство биотоплива в больших масштабах может привести к вырубке лесов и высвобождению углерода из почвы, если земли пастбищ или лесных угодий будут использоваться для производства. Эти вопросы должны учитываться при оценке преимуществ производства этанола из сельскохозяйственных культур. При этом необходимо выработать меры для минимизации общих выбросов парниковых газов в течение длительного периода.

Небольшое количество этанола может смешиваться с бензином, но более высокая доля этанола потребует специальной инфраструктуры и широкомасштабного внедрения автомобилей, работающих на нескольких видах топлива.

Преодоление препятствий

Даже небольшая доля биотоплива в топливном балансе, которая имеется в Бразилии и Европе, может способствовать выводу на рынок этанола и других видов биотоплива. Стандарты качества топлива могут сделать обязательным замещение метил-бутилового эфира (*Methyl tertiary butyl ether, MTBE*) этанолом в качестве присадки к бензину или установить минимальный порог использования этанола в топливе. Подобные обязательства могли бы создать рынок для этанолового топлива. Налоговые льготы для повышения спроса на этанол могли бы стать значительным стимулом для производства этого вида топлива.

Этанол из лигноцеллюлозы

Потенциал

Лигноцеллюлозный этанол имеет потенциал снижения выбросов CO₂ более чем на 70% по сравнению с бензином. Производство этанола из целлюлозы также снижает возможную конкуренцию за использование земель между фермерами и производителями энергии.

Затраты

Лигноцеллюлозный этанол, согласно оценкам, стоит чуть меньше 1 доллар/литр бензинового эквивалента. Это почти в 2 раза выше цены бензина при стоимости нефти, равной 60 долларов за баррель. Затраты будут снижаться

при широкомасштабном производстве, достигнув 0,45–0,50 доллара/литр бензинового эквивалента.

Препятствия

Лигноцеллюлозный этанол имеет ряд проблем, связанных с технологией и логистикой. Требуется проведение дополнительных исследований и разработок, в частности по разложению сырья на сахара и ферментации пятиуглеродных сахаров. В настоящее время нет действующих крупных заводов по производству лигноцеллюлозного этанола. Однако существуют восемь демонстрационных заводов производительной мощностью от 1 млн до 40 млн литров в год, которые, как ожидается, выйдут в эксплуатационный режим в 2006–2007 г. Эти пилотные заводы будут использовать только шестиуглеродные фракции сахара; для полной коммерциализации заводов потребуется увеличение масштаба производства на 5–10 порядков.

Крупные заводы будут сталкиваться с проблемами логистики, так как один из недостатков биомассы как сырья – ее дисперсные характеристики. Производство целлюлозного этанола возможно из нескольких видов сырья, например из стеблей кукурузы, жмыха, рисовой соломы, травы и древесины. Проблема заключается в том, как собрать всю биомассу и доставить на завод по производству этанола при разумных затратах. Стебли кукурузы и жмых рассматриваются как первые кандидаты на производство, но по мере расширения производства поставки сырья могут стать проблемой.

Преодоление препятствий

Развитие производства лигноцеллюлозного этанола требует расширения видов сырья и внедрения усовершенствованных технологий переработки (например ферментативный гидролиз лигноцеллюлозного сырья), а также новых дрожжевых культур и микроорганизмов для переработки пятиуглеродного сахара. Необходима оптимизация системы обработки, когда подготовка, гидролиз, ферментация, отделение этанола и утилизация осадков рассматриваются совместно. Концепция совместного производства этанола, электроэнергии и другой продукции на биоперерабатывающем заводе может способствовать повышению экономичности процесса.

При продвижении технологии к массовому внедрению демонстрационные заводы потребуют поддержки на протяжении многих лет. Эффективная экономическая политика позволила бы снизить бремя капитальных затрат на строительство новых заводов по производству этанола благодаря налоговым льготам на инвестиции и производство или кредитным гарантиям. Такое стимулирование внедрения может быть разбито на стадии по мере отработки технологии.

Биодизельное топливо

Потенциал

Традиционные виды биодизельного топлива (из растительного масла и животного жира) могут снизить выбросы CO_2 на 40–60% по сравнению с обычным дизельным топливом. В действительности получение преимуществ зависит от нескольких факторов, например имеющегося объема сельскохозяйственных культур, использования удобрений и эмиссии CO_2 в результате побочного производства. Производство биодизельного топлива из масличных сельскохозяйственных культур (рапс, соя) требует в 3 раза больше земельных площадей на единицу энергии по сравнению с сахарными сельскохозяйственными культурами для производства этанола. Необходимость больших площадей для выращивания таких культур представляет собой серьезное препятствие для широкого распространения биодизельного топлива. Тем не менее, реакция синтеза Фишера-Тропша (FT-биодизель) может использовать в качестве сырья для производства биодизельного топлива древесину и таким образом позволяет избежать сложностей, связанных с использованием земель.

Биодизельное топливо может использоваться в обычных автомобилях без каких-либо серьезных в них изменений. Низкое содержание серы в биодизельном топливе дает ему определенное преимущество по сравнению с дизельными видами топлива на основе нефти.

Затраты

Текущие затраты на производство биодизельного топлива (0,70–1,2 доллара/литр дизельного эквивалента) выше стоимости производства обыкновенного дизельного топлива. Производство биодизельного топлива из отходов масла из ресторанов («желтый жир») почти конкурирует с производством дизельного топлива из нефти, но возможности увеличения его производства ограничены. В настоящее время производство биодизельного топлива через реакцию Фишера-Тропша нерентабельно. Другие технологии, такие как гидротермальное сжижение, разрабатываются, но в настоящий момент находятся на научно-исследовательской стадии.

Препятствия

Высокая стоимость представляет собой основное препятствие для производства традиционных видов биодизельного топлива вместе с необходимостью использования больших сельскохозяйственных площадей. Обычные производственные процессы биодизельного топлива хорошо отработаны. В настоящее время объем производства невелик, при этом две трети производств сосредоточены в странах Европы. Производство биодизельного топлива из соевого и пальмового масла сомнительно с точки зрения воздействия на окружающую среду.

Если 5% дизельного топлива, используемого в США и Европе, заменить биодизельным, для этого пришлось бы использовать 60% всего производства сои в США и более 100% производства масличных семян стран Европейс-

кого союза. Ограничения в сырье настолько серьезны, что использование биодизельного топлива, возможно, будет ограничено смесями обычного дизельного топлива с биодизельным на уровне 5%. Синтез Фишера-Тропша может существенно увеличить потенциал производства биодизельного топлива в результате более высокого выхода сырья с гектара.

Использование биодизельного топлива не требует модифицирования обычных автомобилей, которые будут его применять. Низкое содержание серы благотворно влияет на окружающую среду, где экологически чистые виды топлива имеют серьезную правительственную поддержку. Преимущества смесей биодизельного топлива для получения топлива с низким содержанием серы таковы, что производство биодизельного топлива из растительного масла и животного жира в установках гидрокрекинга на нефтеперерабатывающих заводах в настоящее время достигло демонстрационной стадии.

Преодоление препятствий

Для преодоления ограничений в сырье приоритет должен быть отдан исследованиям и разработкам в области производства биодизельного топлива из лигноцеллюлозного сырья.

Использование топливных смесей может стимулироваться схемами, которые потребуют от поставщиков топлива поставлять смеси, содержащие определенный процент биодизельного топлива. Для стимулирования использования таких смесей могут быть использованы налоговые льготы. Учитывая низкое содержание серы в биодизельном топливе, определенные стандарты в области качества топлива, направленные на снижение выбросов серы, могут помочь проникновению на рынок биодизельного топлива.

Транспортные средства с водородными топливными элементами

Потенциал

Выбросы CO_2 при эксплуатации автомобилей на топливных элементах были бы равны нулю, если бы не выбросы при производстве водорода. Выбросы близки к нулю, если водород получен из ископаемого топлива с полным применением технологии *CCS*, из атомной энергии или возобновляемых источников. Топливные элементы, использующие отличные от водорода вещества в качестве топлива (метанол, этанол или бензин), привлекали к себе большое внимание 10 лет назад, но сейчас это внимание идет на убыль. В настоящее время внимание сконцентрировано на водородных топливных элементах.

Затраты

Существующие в настоящее время топливные элементы стоят гораздо больше, чем их конкуренты как на автомобильном рынке, так и на рынке стационарных бытовых приборов. Среди всех технологий топливные элементы с протонообменной мембраной (*proton exchange membrane*, PEM) практически подходят для использования в качестве источника энергии легковых

автомобилей и автобусов и в настоящее время установлены на демонстрационных автомобилях. Двигательные системы транспортных средств с использованием ПОМ топливных элементов стоят свыше 2 000 долларов/кВт. Согласно оценкам, при массовом производстве автомобилей на топливных элементах (и в результате срабатывания эффекта «обучения в процессе внедрения») стоимость систем топливных элементов могла быть снижена до 100 долларов/кВт. Это предполагает, что стоимость батарей топливных элементов должна упасть ниже 50 долларов/кВт для того, чтобы сделать их конкурентными с двигателями внутреннего сгорания. В настоящее время неясно, достижимы ли эти ценовые цели.

В расчете на единицу энергии водород является более дорогим топливом, чем бензин. Тем не менее, из-за высокой эффективности транспортных средств на топливных элементах их топливные затраты равны или даже ниже, чем бензиновые в расчете на пройденный километр.

Препятствия

Наиболее серьезным препятствием на пути широкого внедрения водородного топлива является стоимость транспортных средств на топливных элементах. Необходимо решить серьезные технологические и экономические затраты, прежде чем автомобили на топливных элементах станут доступны для массового производства.

Производительность автомобилей на топливных элементах будет зависеть от успехов технологии хранения водорода, продолжительности эксплуатации батарей и других факторов. Во всех областях требуются крупные технические открытия и значительное снижение стоимости. Когда будут решены различные технические проблемы, транспортные средства на топливных элементах будут по-прежнему сталкиваться с конкуренцией со стороны других видов топлива, например биотоплива.

Перед началом полномасштабного производства водорода и созданием инфраструктуры необходимо принять международные стандарты качества и безопасности использования водорода в качестве топлива. Необходимо выбрать соответствующие системы хранения топлива на транспортных средствах, так как они будут оказывать сильное влияние на характеристики инфраструктуры заправочных станций.

Преодоление препятствий

Необходимы дальнейшие научно-исследовательские разработки конструкции автомобиля, который будет соответствовать экономическим и техническим критериям. Определенную сложность представляет собой создание топливной батареи с ценовым уровнем 50 долларов/кВт. Преждевременным является развитие обширной инфраструктуры, пока еще неясно, какая технология будет использоваться для хранения водородного топлива на транспортном средстве. На данной стадии правительства могут принять стандарты качества и безопасности для использования водорода как топлива и для систем его хранения на борту транспортных средств.

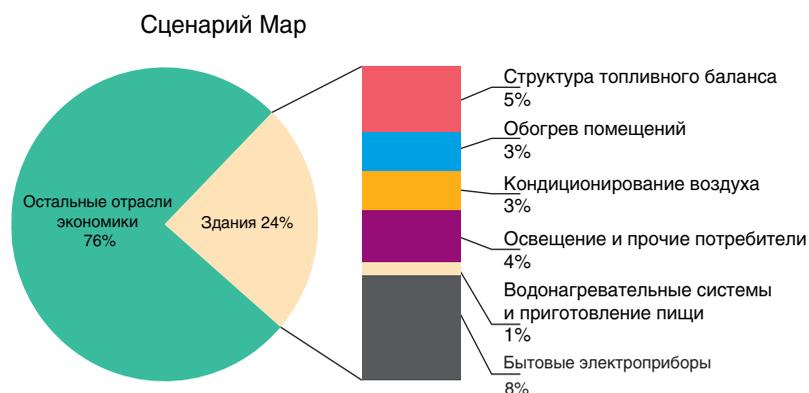
Маловероятно, что только одни рыночные усилия приведут к развитию водородной экономики. Водородные топливные элементы полностью реализуют свой потенциал только совместно с внедрением амбициозной политики безопасности поставок энергии и стимулирования снижения выбросов CO_2 .

Учитывая технические и стоимостные барьеры, с которыми сталкиваются автомобили на водородном топливе, они появятся в парке автотранспорта в ограниченном объеме, начиная с 2020 г. Нишевые рынки могут быть созданы на более ранних стадиях для снижения стоимости. Развитие рынка автомобилей на топливных элементах должно совпасть с одновременным развитием водородной инфраструктуры.

Здания, оборудование и бытовые приборы

В сценарии Мар в 2050 г. на долю зданий, оборудования и бытовых электроприборов приходится около 24% от общего снижения выбросов CO_2 (от уровня Базового сценария). Учитывая высокие удельные выбросы CO_2 при производстве электроэнергии, в снижении выбросов в зданиях доминирует более экономное использование электроэнергии. В 2050 г. доля освещения, бытовых электроприборов и кондиционирования воздуха составляет более половины от общего снижения выбросов CO_2 в жилищно-коммунальном секторе (Рисунок 3.11).

Рисунок 3.11 ► Доля зданий, оборудования и бытовых приборов в глобальное снижение выбросов CO_2 в сценарии Мар, 2050 г. (по сравнению с Базовым сценарием)



Общее снижение выбросов CO_2 : 32,1 млрд тонн

Многие технологии, предлагающие значительную экономию энергопотребления, в настоящее время являются конкурентоспособными и могут дать снижение выбросов CO_2 в коротко- и среднесрочной перспективе (Рисунок 3.12). Несмотря на то, что многие технологии, рассматриваемые в сценариях АСТ, являются коммерчески доступными, скорее всего, научно-иссле-

довательские работы будут продолжены для достижения ряда усовершенствований. При этом развивающиеся технологии, например освещение с использованием светодиодов, потенциально могут иметь большее значение.

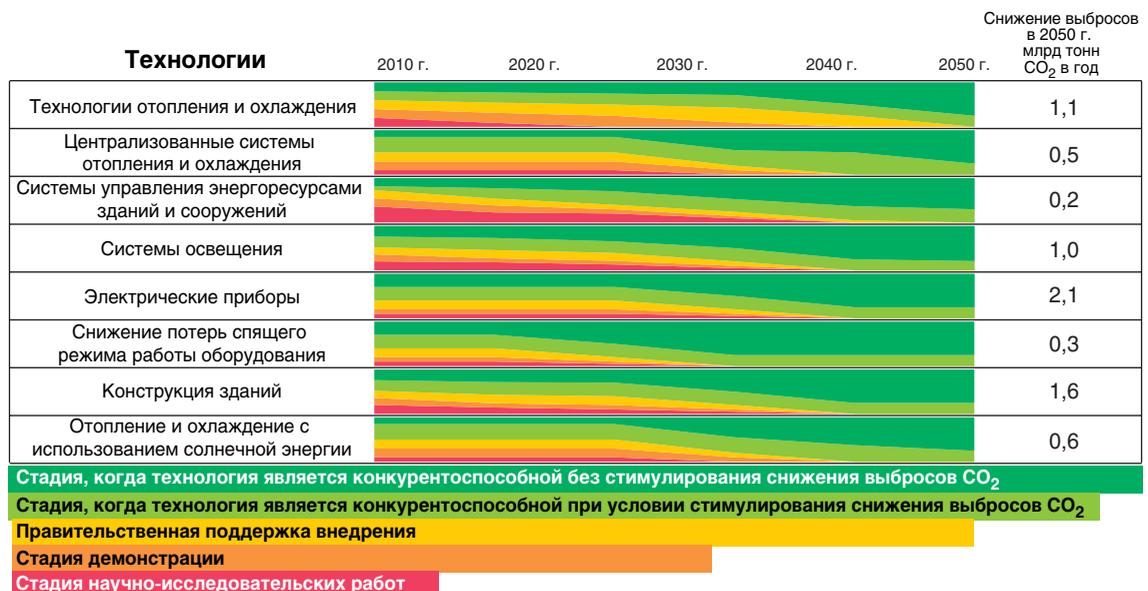
Потенциал снижения выбросов CO₂ в жилищно-коммунальном секторе в кратко- и среднесрочной перспективе по сравнению с другими отраслями весьма велик (Таблица 3.6). Экономия электроэнергии при конечном потреблении (в особенности в освещении и энергопитании бытовых приборов) может быть достигнута на ранних этапах, при низких затратах или даже без затрат. Объем экономии увеличивается к 2050 г., при этом самую большую экономию дают технологии отопления и охлаждения и меры по совершенствованию конструкции зданий и сооружений.

Таблица 3.6 ► Снижение выбросов CO₂ в сценарии Mar в результате применения новых технологий в зданиях, оборудовании и бытовых приборах (по сравнению с базовым сценарием)

Технологии	2015 г.	2030 г.	2050 г.	Млрд тонн CO ₂ в год
Технологии отопления и охлаждения	***	***	****	1,1
Централизованные системы отопления и охлаждения	*	**	***	0,5
Системы управления энергоресурсами зданий и сооружений	*	**	**	0,2
Системы освещения	**	***	****	1,0
Электрические приборы	***	***	****	2,1
Снижение потерь спящего режима работы оборудования	**	**	**	0,3
Конструкция зданий	**	***	****	1,6
Отопление и охлаждение с использованием солнечной энергии	**	**	***	0,6

Примечание: Снижение выбросов иллюстрируется числом звездочек * (<0,1 млрд тонн CO₂ в год), ** (0,1–0,3 млрд тонн), *** (0,3–1 млрд тонн), **** (> 1 млрд тонн).

Рисунок 3.12 ► Здания, оборудование и бытовые приборы: достижение ценовой конкурентоспособности новыми технологиями



Конструкция зданий

Потенциал

Энергетика здания как единого замкнутого объема имеет фундаментальное значение, учитывая очень долгий срок эксплуатации зданий и сооружений. Дизайн конструкции должен учитывать все типы климатических условий в течение года. Ее качество непосредственно влияет на результаты внедрения многих энергосберегающих технологий. Например, преимущества усовершенствованной системы отопления будут потеряны, если тепло не будет сохраняться в здании. Чем более суровы климатические условия, тем большее значение будут иметь крыши, стены, окна, двери и фундамент. Это одинаково справедливо как для жаркого, так и для холодного климата, так как кондиционеры становятся обычным делом в жилых и нежилых помещениях.

Затраты

Существует широкий диапазон мер, которые направлены на совершенствование энергопотребления зданий и сооружений. Затраты на их осуществление различаются в зависимости от вида мер, типа зданий, индивидуальных условий и обстоятельств проведения усовершенствований. В целом гораздо более экономичным является улучшение эффективности зданий на этапе их строительства, а не при их модернизации. При проведении модернизации затраты, как правило, будут ниже, если мероприятия по повышению эффективности проводятся при замене устаревшего оборудования. Период окупаемости усовершенствования зданий может составлять от одного года и менее до 20 лет и более. Из-за продолжительных сроков эксплуатации зданий и их оборудования проведение усовершенствований даже с длительным сроком окупаемости может стать экономически привлекательным.

Во многих случаях затраты на усовершенствования конструкций зданий будут ниже в расчете на экономленный кВт-ч, чем стоимость кВт-ч при использовании традиционных систем отопления или охлаждения. Для собственников зданий такой вид экономии выгоден даже в краткосрочной перспективе. Но, как правило, экономия требует существенных инвестиций на начальном этапе, тогда как эффект будет достигнут в последующие годы. Это ведет к потребности в финансировании. Модернизация многоэтажных жилых зданий с целью повышения энергетической эффективности на стадии переоборудования может привести к значительной экономии энергии при отрицательных затратах (экономия больше затрат). Рентабельность модернизации индивидуальных домов или небольших домов ленточной застройки (стоящих «плечом к плечу») обычно ниже, а затраты на нее могут быть в диапазоне 0,01–0,03 доллара/кВт-ч в зависимости от региона.

Препятствия

Первоначальная стоимость является основной проблемой при установке окон и дверей, так же, как и при проведении некоторых масштабных работ по изоляции, которые требуют более значительных инвестиций. При осуществлении таких работ одновременно с модернизацией зданий стоимость замены старого оборудования или прочих усовершенствований будет ниже, а

вопрос финансирования не будет столь острым. В целом, энергосберегающий потенциал таких компонентов зданий недостаточно понятен населению. Еще меньше люди знают о других преимуществах, таких как звуконепроницаемость и защита от внешнего проникновения. Использование более энергетически эффективных компонентов зданий во время переоборудования благодаря снижению затрат на переоборудование может способствовать преодолению ряда препятствий, например финансовых. Однако переоборудование зданий проводится редко.

Большинство новых зданий и сооружений возводится строителями или застройщиками, которые крайне неохотно выходят за рамки минимальных законодательных требований. Для них установка более качественных окон или усовершенствованных вариантов изоляции не имеет прямых выгод. Большинство собственников и арендаторов новой недвижимости гораздо больше заинтересованы в снижении первоначальных затрат, а не затрат в течение всего срока эксплуатации здания.

Вопрос энергетической эффективности зданий непрост; сюда входят нормы изоляции, окна, отопительные системы, системы охлаждения, освещения, прочие внутренние потребители энергии, а также взаимодействие всех этих систем. Эффективность энергопотребления обычно не является приоритетным вопросом в новых или эксплуатируемых зданиях. Существует необходимость в разработке целостного подхода, но часто он просто не применяется. Раздельное стимулирование скорее работает против этой цели, а скоординировать действия архитекторов, консультантов и строителей очень сложно.

Здания являются объектами с очень долгим сроком эксплуатации, и их использование, необходимый комфорт и условия занятости меняются с течением времени. Не всегда осознается необходимость повышения уровня изоляции в существующих зданиях. Оптимальный уровень изоляции зданий может иметь преимущества как в холодном, так и в жарком климате (в этом случае снижается потребность в охлаждении). Однако переоборудование многих зданий является весьма трудной конструктивной задачей, что увеличивает затраты на дополнительную изоляцию. Также может вызывать трудности поиск качественных специалистов по изоляции помещений. Плохое качество изоляции или установки ее компонентов может вызывать проблемы, связанные с уровнем влажности, а это усложняет оценку полученной экономии из-за изменений уровня комфорта.

Во многих развивающихся странах нет национальных производителей современных изолирующих материалов. Это оказывает влияние на разработку и внедрение строительного кодекса из-за нежелания импортировать такие материалы или использовать их из-за дороговизны. Во многих странах отсутствие требований к принятию строительных кодексов и стандартов оборудования не позволяет достичь хорошего уровня строительных работ.

Преодоление препятствий

Существует много вариантов экономического регулирования, но жесткие технические нормы, возможно, являются самыми эффективными. Строительные кодексы должны требовать обеспечения оптимального уровня изоляции, установки окон и дверей для определенного климата, с учетом затрат в течение всего срока эксплуатации зданий. Работники строительных организаций должны получать адекватное обучение и необходимую информацию. Строительные нормативы должны быть разработаны как для новых, так и для существующих зданий. При этом нормативы должны регулярно редактироваться с учетом новых технологий, стоимости энергоносителей и климатических тенденций. Нормативы с течением времени и совместно с производителями и заинтересованными сторонами могут постепенно повышать требования к снижению энергопотребления.

Необходимо глубокое понимание лучших мировых образцов строительства и эксплуатации. Люди должны знать, как усовершенствованные окна, двери и изоляция помещений могут снизить потребление энергии и затраты, а также принести другие выгоды от того, что здания будут более теплыми и сухими.

В производстве окон уже начато их маркирование с точки зрения теплоизоляции, предполагается распространить результаты применения этой схемы на другие области. Тем не менее, окна двойного и тройного остекления часто покупаются по причинам, далеким от их энергосберегающих качеств, (например для снижения шума). Если связать различные преимущества, будет легче убедить потребителей покупать подобную продукцию.

Программы трансформации рынка для продвижения более энергосберегающих окон оказались успешными. Переоборудование зданий общественного пользования дает населению правильные сигналы. Программы трансформации могут включать обучение консультантов, монтажников или других заинтересованных сторон для обеспечения более целостного подхода и снижения затрат на протяжении всего срока службы зданий вместо снижения первоначальных затрат. Установка изоляции может в дальнейшем стимулироваться финансовыми мерами, а также принятием энергосервисных обязательств со стороны компаний поставщиков энергии.

Некоторые варианты подходят для стран, где мало производственных мощностей, но строится много жилья или коммерческой недвижимости. В странах, которые пользуются помощью иностранных государств, могут рассматриваться варианты инвестирования в заводы для производства энергосберегающих окон и дверей при сотрудничестве с существующими производителями. Отсутствие достаточных производственных мощностей также может быть проблемой в странах ОЭСР. В таких случаях правительства, принимая определенные экономические меры, помогают преодолеть нежелание производителей инвестировать в новые мощности.

Многие из описанных технологий являются апробированными и полностью коммерциализованы, но в ряде областей продолжают развиваться новые технологии. Промышленный сектор проводит большую часть научно-исследовательских работ, но правительства должны пересмотреть промышленную и экономическую политику и приоритеты, чтобы создать благоприятную среду для будущих разработок.

Технологии отопления и охлаждения

Потенциал

Данные технологии охватывают широкий спектр деятельности: от обычного отопления с использованием мазута, газа или электроэнергии до тепловых насосов, тепловых аккумуляторов и систем кондиционирования воздуха. В некоторых случаях замена старого, неэффективного и, возможно, неоправданного по размеру котла может снизить общий объем потребления на 30–35%. Электрические тепловые насосы, как правило, потребляют от четверти до половины электроэнергии, потребляемой обычным (резистивным) электрическим нагревателем. Они могут снизить потребление энергии на 50% по сравнению с котлами, использующими ископаемые виды топлива. Наименее эффективные портативные кондиционеры воздуха могут иметь эффективность менее 1,5 Вт/Вт (мощность охлаждения на единицу потребляемой энергии), тогда как самые эффективные комнатные сплит-системы достигают более 6,5 Вт/Вт. Дальнейшая экономия энергии при использовании комнатных и центральных систем кондиционирования может быть достигнута путем оптимизации эффективности их работы при частичной нагрузке с помощью различных регуляторов работы компрессоров.

Затраты

Серьезные улучшения энергетической эффективности могут быть достигнуты при малых затратах (или даже их отсутствии), если выбрать наиболее эффективный вариант технологии обогрева или охлаждения на весь срок эксплуатации оборудования. Замена старых неэффективных котлов до истечения срока службы может быть рентабельна при определенных обстоятельствах, но это более дорогостоящий вариант. В Европе стоимость установки теплового насоса составляет около 5 000 евро, хотя они могут быть в 2–3 раза эффективнее обычных электрических нагревателей. В холодном климате тепловые насосы могут дать значительную экономию средств на протяжении всего срока эксплуатации. Благодаря использованию более эффективных отопительных технологий можно достигнуть экономии в диапазоне от – 0,025 доллара/кВт-ч (прибыль) для новых зданий в условиях холодного климата до 0,02 доллара/кВт-ч при переоборудовании здания. Наиболее эффективные системы охлаждения имеют потенциал существенной экономии энергии при низких затратах, так как более эффективные системы, несмотря на более высокую первоначальную стоимость, требуют меньше затрат на протяжении срока эксплуатации. Диапазон затрат достаточно велик, начиная с отрицательной стоимости сэкономленной энергии (прибыль на установке новой системы охлаждения) до 0,03 доллара/кВт-ч.

Препятствия

Технологии отопления и охлаждения в целом отработаны, но они постоянно совершенствуются. Для отопительных систем первоначальные затраты на установку более эффективных систем являются основным препятствием. Убедительные сравнительные данные в помощь потребителю часто отсутствуют. Даже если ситуация с информированием будет исправлена, этого может оказаться недостаточно для преодоления барьера «первоначальной стоимости». Установка современных систем при увеличении затрат может стать проблемой. Совершенствование систем контроля является очень важным и имеет немалый потенциал экономии энергии, особенно при использовании более эффективных отопительных приборов, поскольку они будут включаться только по необходимости.

Для тепловых насосов препятствия такие же, а именно высокие первоначальные затраты и отсутствие достоверной информации. Важными являются и вопросы установки. Для тепловых аккумуляторов барьером является отсутствие уверенности потребителей в этой технологии. Здесь также серьезным препятствием является высокая первоначальная стоимость.

На рынке существует большое количество систем кондиционирования воздуха, но очень часто имеется недостаток понимания того, какая технология лучше подходит к определенному виду использования.

Преодоление препятствий

Ужесточение стандартов сохранения тепла для новых зданий и сооружений и при капитальной реконструкции старых может способствовать внедрению более эффективных технологий отопления и охлаждения. Например, новые строительные кодексы должны предусматривать установку более эффективных бойлеров. В случае принятия таких шагов они должны поддерживаться обучением и сертификацией как можно большего количества монтажных организаций, чтобы подобное ужесточение не переросло в проблему. Разработка более совершенных систем контроля отопления наряду с мерами по стимулированию их внедрения может иметь большое значение.

Более совершенная, сопоставимая информация из авторитетных источников имеет большое значение для внедрения технологий. Она должна быть доступна из разных источников – от поставщиков топлива, организаций по установке оборудования и различных групп потребителей. Финансовое стимулирование или финансовые решения могут потребоваться в ситуациях, когда стоимость более эффективного оборудования высока.

Топливные насосы в настоящее время не очень распространены, а сама технология плохо понимается большей частью населения. Здесь могут быть использованы программы по обеспечению качества, предоставление гарантий и консультации. В странах, где тепловые насосы не нашли широкого распространения, очень полезны демонстрационные проекты. Для улучшения технических характеристик тепловых насосов, использующих теплоту грунта, потребуется проведение дальнейших научно-исследовательских работ.

Тепловые аккумуляторы в большинстве стран – развивающаяся технология, и расширение их использования потребует дальнейших научно-исследовательских работ. Демонстрационные проекты, поддержка проведения анализа экономической целесообразности и международное сотрудничество – все эти меры также необходимы.

Для систем кондиционирования воздуха важно предоставлять более полную информацию по соответствующей технологии для конкретных целей. Самые лучшие из существующих технологий до сих пор не имеют широкого распространения на рынке. Более полная информация особенно важна на стадии проектирования общественных и коммерческих зданий. Жесткие энергетические стандарты и маркировка очень важны для массового производства кондиционеров. Нужно тщательно конструировать здания, так как более строгие требования строительного кодекса могут повлечь за собой локальные тепловые нагрузки.

Централизованные системы отопления и охлаждения

Потенциал

Централизованное теплоснабжение имеет большой потенциал снижения выбросов CO_2 . В странах с переходной экономикой есть большие возможности увеличения эффективности существующих систем централизованного теплоснабжения, но снижение выбросов CO_2 в результате расширения таких систем не столь существенно.

Затраты

Существует ряд низкозатратных вариантов повышения эффективности существующих систем централизованного теплоснабжения в странах с переходной экономикой. Многие из этих систем не достигают показателей эффективности, которые демонстрируют подобные системы в странах ОЭСР. Усовершенствование конструкций и работы систем, замена неэффективной или малоэффективной изоляции труб, совершенствование распределительных систем зданий могут привести к значительной экономии энергии. Совершенствование систем теплоснабжения в странах с переходной экономикой может снизить или сделать отрицательными затраты на снижение выбросов CO_2 .

Препятствия

Капитальные затраты при строительстве новой системы централизованного теплоснабжения являются главным препятствием. Станции комбинированного цикла (*combined heat and power*, CHP) могут произвести тепло для централизованного теплоснабжения. Однако продажа произведенной электроэнергии – непростой процесс, несмотря на то, что CHP имеет преимущества в снижении выбросов CO_2 . Экономическая ценность программы в целом может зависеть от продажи выработанной электроэнергии в сеть.

Преодоление препятствий

По большей части все эти технологии являются коммерческими и были внедрены несколько десятилетий назад во многих странах. Тем не менее, централизованное теплоснабжение часто рассматривается как вариант нового городского строительства. Более строгое природоохранное регулирование, более совершенный правовой режим и более полная информация могли бы способствовать этому процессу. Возможно, потребуется обязать застройщиков подтверждать, что они предусмотрели наличие централизованного теплоснабжения, прежде чем дать разрешение. Централизованное теплоснабжение должно предусматриваться в климате, при котором необходимо охлаждение помещений, и тогда системы централизованного теплоснабжения могут приносить выгоду на протяжении всего года.

Решение проблем подсоединения к энергосети, с которыми сталкиваются СНР-станции и другие формы распределенной генерации, также способствовало бы развитию централизованного теплоснабжения. Возможно, потребуется финансовая помощь, особенно на стадии обоснования инвестиций. Включение в бизнес-план цены снижения выбросов CO₂ в результате использования системы централизованного теплоснабжения может улучшить экономические показатели, облегчить привлечение финансирования и ускорить внедрение.

В целом в работе систем, в использовании тепловых аккумуляторов для централизованной поставки холода требуются технические усовершенствования. Нужны дальнейшие исследования по применению централизованного теплоснабжения в зонах с невысокой потребностью в тепле и по оптимизации размера сетей.

Системы управления энергопотреблением зданий

Потенциал

Системы управления энергопотреблением используются уже на протяжении длительного времени, но развитие технологий контроля, совершенствование датчиков, применение компьютеров и телеметрических систем изменили сам подход к управлению зданиями. Стало возможным централизованное управление системами безопасности, кондиционирования воздуха, освещения и вентиляции. По мере совершенствования и удешевления технологий все большее количество бытовых приборов может управляться через различные системы управления энергией. Кроме снижения энергопотребления и выбросов CO₂ такие системы позволяют компаниям управлять поставками энергии в периоды пиковой нагрузки.

Затраты

Дистанционные измерительные и мониторинговые системы зданий становятся все более сложными и одновременно более дешевыми. Более сложные системы потребуют взаимодействия с различными элементами здания, отопительными установками, системами охлаждения и вентиляции, бытовым

оборудованием. Это может быть более труднодостижимым и дорогостоящим процессом в уже эксплуатирующихся зданиях и легче при переоборудовании зданий. Тем не менее, такие интегрированные системы позволили бы достичь больших преимуществ эффективного потребления энергии.

Препятствия

На сегодняшний день мало кому известны преимущества использования интегрированного подхода или то, что подобные технологии уже могут применяться для создания комплексных систем управления зданиями и энергообеспечением. Во многих зданиях, особенно в индивидуальных и многоквартирных домах, системы контроля ограничены комнатными термостатами, а информация о возможностях экономии энергии, которую обеспечивают более совершенные системы, отсутствует. Во многих случаях также отсутствует удобная система продажи и установки, сервисное обслуживание.

Преодоление препятствий

Различные варианты информационных программ (в том числе лучшие мировые примеры) имеют важное значение для выхода на целевую аудиторию, включая частный сектор и коммерческие здания и сооружения. Регулярное обновление строительных кодексов призвано побуждать архитекторов и строителей к использованию всех имеющихся возможностей экономии энергии, а также систем управления энергопотреблением в зданиях. Это приведет к росту использования систем управления и позволит достичь снижения выбросов CO₂ при низких затратах.

Для интеграции различных элементов в единую систему управления потребуется проведение дальнейших научно-исследовательских работ. Также необходимо добиться большего понимания того, как система управления энергопотреблением в зданиях может быть интегрирована с мерами реагирования на пиковый спрос на энергию.

Системы освещения

Потенциал

Различные оценки показывают, что потенциал экономически эффективного снижения выбросов CO₂ варьируется от 30 до 60%. В опубликованном исследовании МЭА «Потери энергии при освещении» (*Light's Labour's Lost*, 2006), которое лежит в основе настоящей работы, дается прогноз, что экономически обоснованный потенциал экономии энергии в результате эффективного освещения (будет достигнут в 2030 г.) составит не менее 38% от потребления энергии на освещение. По консервативным оценкам, никаких существенных изменений в осветительных технологиях не произойдет. В той же работе подчеркивается, что серьезный потенциал энергосбережения имеют технологии с использованием твердотельных источников света, включающих светоизлучающие диоды и органические светодиоды. Обе технологии очень быстро развиваются и могут позволить достичь большей экономии к 2050 г., а может быть и раньше.

В настоящее время есть большие пробелы в знаниях о возможностях снижения затрат на освещение здания. На долю освещения приходится около 13% потребления электроэнергии в жилищно-коммунальном секторе и от 20 до 60% – в коммерческом секторе. При этом нет полного понимания всех преимуществ, которые могут быть получены от использования энергосберегающих технологий в системах освещения, включая более низкие затраты на содержание, уменьшение выбросов CO_2 , повышение безопасности и качества освещения.

Затраты

При установке новых систем стоимость эффективного освещения будет представлять собой дополнительную стоимость – разницу между стоимостью более эффективной и обыкновенной системы. Тем не менее, во многих случаях эффективная система освещения работает дольше и требует меньше обслуживания, чем обыкновенная. Поэтому даже если первоначальная стоимость выше, затраты в течение срока эксплуатации часто бывают такими же или ниже, чем у стандартной системы. Если учитывать более низкие затраты на энергию, многие эффективные системы освещения являются менее затратными по сравнению со стандартными системами. В действительности эффективная система освещения бывает настолько рентабельной, что выгодно досрочно вывести из эксплуатации старые осветительные системы и установить более эффективные. Добровольные программы рыночной трансформации, такие как европейская «программа зеленого света», провели многочисленные исследования, анализируя ситуации, при которых переоборудованные осветительные системы имели очень короткие периоды окупаемости и внутреннюю ставку дохода на инвестиции свыше 20%.

Препятствия

Многие потребители сектора жилищно-коммунального хозяйства и услуг не заинтересованы покупать эффективные системы освещения с компактными лампами дневного света или линейные лампы дневного света Т5 из-за их высокой первоначальной стоимости по сравнению со стандартными системами освещения. Однако самым большим препятствием на пути развития рентабельных энергосберегающих систем освещения является отсутствие понимания преимуществ таких систем с точки зрения более низких эксплуатационных затрат (как по потреблению энергии, так и по расходам на содержание). Кроме того, они дают более качественное освещение и снижение выбросов CO_2 . Без правильного понимания преимуществ конечные пользователи не готовы к более высоким первоначальным расходам. В дальнейшем эта проблема усугубляется раздельным стимулированием. Жильцы зданий часто имеют незначительное или вовсе не имеют влияния на процесс установки систем освещения; очень часто те, кто оплачивает счета за электроэнергию, не имеют ничего общего с теми, кто оплачивает счета за обслуживание системы, и т. п.

Автоматические системы контроля освещения, при которых свет выключается, если в помещении никого нет, и/или которые приглушают электрическое освещение в ответ на увеличение естественного освещения, являются одни-

ми из наиболее рентабельных технологий. Но их стоимость представляет собой исключительно дополнительные расходы, которые могут быть оправданы только достигнутой в результате их применения экономией электроэнергии.

В некоторых случаях высококачественные эффективные системы освещения сложно отличить от продукции более низкого качества из-за отсутствия адекватного контроля со стороны рынка и маркировки. Эта проблема встала на пути продвижения компактных ламп дневного света. Пользователи были разочарованы возвратом к технологии, когда они покупали относительно дорогие лампы и обнаруживали, что этим лампам требуется гораздо больше времени для разогрева, они быстрее перегорают или начинают мерцать. К сожалению, подобные «отравления рынка» могут создать плохую репутацию всему классу продуктов и нанести удар по продажам высококачественных товаров.

Лучшее освещение – дневной свет, он сейчас гораздо больше используется, чем раньше, во многих зданиях и дает преимущества в виде рабочей и коммерческой производительности. Гораздо большего можно достичь благодаря соответствующему внедрению архитектурных конструкций и устройств для использования дневного света. Но для этого потребуется глубже изучить технологии дневного света.

Преодоление препятствий

Существует много путей стимулирования эффективного освещения. Многие способы уже успешно применяются, но требуют дальнейшего развития. Стандарты энергоэффективности оборудования и маркирование могут помочь в удалении из рынка наименее эффективных технологий, стимулируя более эффективные технологии и делая преимущества от их использования более заметными для конечных пользователей. Применение требований энергопотребления осветительных систем в строительных кодексах может запретить установку плохих осветительных систем. При введении сертификации энергоснабжения зданий нормы энергопотребления могут быть повышены благодаря установке эффективного освещения.

Препятствия, связанные с высокими первоначальными затратами, могут быть преодолены сочетанием стимулирующих и сдерживающих мер (например повышенная ставка налога с продаж неэффективных осветительных систем). Финансирование стимулирующих мер может быть осуществлено за счет снижения ставок коммунальных платежей, схем сертификации, предоставления грантов, финансирования третьими сторонами, энергосервисными компаниями и т. д. Технологии и схемы технического обеспечения зданий, экономическая политика в отношении качества продукции, схемы поощрения по результатам замера расхода энергии и многие другие механизмы могут помочь продвижению и созданию рынка энергоэффективных решений. Фактически требуется ознакомление рынка с преимуществами использования эффективных осветительных технологий для принятия инвестиционных решений на основе более точной и правильной информации.

С точки зрения разработки технологий предстоит еще многое сделать. Возможно использование международного сотрудничества. Соглашение стран МЭА по внедрению энергосбережения в зданиях и коммунальных системах является хорошим примером подобного сотрудничества⁴. Большой объем научно-исследовательских работ в области осветительных технологий выполнен за счет частного сектора. Правительство должно осуществлять регулярный мониторинг ситуации, чтобы эти разработки продолжали приносить результаты.

Электрические бытовые приборы

Потенциал

Энергетическая эффективность многих бытовых приборов значительно повысилась за прошедшее десятилетие. Это произошло в результате принятия минимальных стандартов и схем маркировки, впервые внедренных во многих странах ОЭСР, но все более широко используемых в других странах. Расширение и ужесточение стандартов обсуждается во многих странах. Не последней причиной такого обсуждения является то, что значительный потенциал достижения экономии с наименьшими затратами остается нереализованным. В сценариях АСТ экономия на 38% достигается с применением технологий с минимальными затратами в течение всего срока эксплуатации.

Затраты

При установке новых систем стоимость эффективных бытовых приборов – это дополнительные затраты, то есть разница в цене по сравнению с обычными приборами. Во многих случаях эти затраты невелики, а период окупаемости очень короткий. В ряде случаев дополнительные затраты могут быть выше. Однако с учетом затрат на электроэнергию, которых удалось избежать, стоимость эффективных бытовых приборов гораздо меньше, чем старых.

Препятствия

Как и в ситуации с освещением, основными препятствиями на пути распространения эффективных бытовых приборов является отсутствие информации о преимуществах. Обращается внимание на более высокую цену, но не учитывается экономия на энергии, она является побочным продуктом, а не важным фактором принятия решения о покупке. В зависимости от прибора энергоэффективность может занимать от третьего до десятого места в списке факторов, учитываемых потребителем при принятии решения о покупке. Во многих случаях это результат незнания потребителя о том, какой может быть стоимость энергии в общей стоимости услуг, предоставляемых бытовым прибором. Например, часто затраты на работу холодильника в течение срока его эксплуатации гораздо выше, чем его цена при покупке. С этим связана проблема отсутствия у потребителей представления о том, насколько велика разница в энергоэффективности внешне сходной продукции. Например, перед внедрением в Европе схемы маркировки оборудова-

⁴ см. <http://www.ecbcs.org>

ния и приборов энергопотребление холодильников на европейском рынке различалось в 8 раз. Низкая энергоэффективность зрительно была невидима для населения, а значит, не имела для производителей коммерческой ценности.

Этот пример иллюстрирует важность хорошей сравнительной информации, по которой можно оценить различные бытовые приборы в момент приобретения. Технические барьеры относительно небольшие, технологические прорывы происходят постоянно, а правительства стремятся помочь в стимулировании. Десять лет назад никто не мог предположить огромного разнообразия бытовых приборов и офисного оборудования, которое сегодня воспринимается как должное. Рост числа и типов бытовых приборов должен идти параллельно со значительным повышением эффективности, иначе выбросы CO₂ от их использования будут повышаться.

Преодоление препятствий

Принципы экономической политики должны быть достаточно гибки, чтобы дать возможность внедрения новых технологий, так как именно бытовые приборы постоянно развиваются. Существует необходимость принятия стандартов энергопотребления. Эти стандарты должны распространяться на широкий круг продукции и отражать глобальный характер производства. Необходимо предпринять шаги для того, чтобы избежать наводнения рынка развивающихся стран менее эффективными бытовыми приборами. Разработка стандартов качества работы должна сопровождаться программой маркировки, причем очень тщательной, чтобы предоставить потребителю информацию, которую они действительно могли бы использовать при принятии решения о покупке. Стандарты качества и программы маркировки должны регулярно обновляться, чтобы отражать и прогнозировать изменения технологий. Они должны быть достаточно амбициозны, чтобы вознаградить отрасль экономики, которая готова стать инновационной и дать высокоэффективные продукты.

Возможно осуществление добровольных программ, но они должны тщательно отслеживаться, чтобы обеспечить использование ими лучших мировых практик. Большинство исследований в области бытовых приборов проводится промышленностью. Правительства должны осуществлять мониторинг таких исследований и в случае необходимости вносить свой вклад в разработку многообещающих энергосберегающих технологий.

Снижение потерь при режиме ожидания

Потенциал

Снижение потерь энергии в режиме ожидания (stand by) дает большую возможность экономически обоснованной экономии энергии. Многие электрические бытовые приборы сейчас могут быть активированы дистанционно и, значит, требуют наличия ждущего режима, который часто потребляет неоправданно большое количество электроэнергии. «Стояние» в режиме ожида-

ния составляет приблизительно 10% от общего потребления электроэнергии в жилищном секторе. Принтеры в режиме ожидания потребляют 30–40% от своего полного объема энергопотребления. Телевизоры, музыкальные центры и многие другие виды домашних бытовых электроприборов в режиме ожидания столь же неэффективны. Многие виды домашней аппаратуры, такие как видеопроигрыватели, проигрыватели DVD-дисков и телеприставки, тратят больше электроэнергии в режиме ожидания, чем в своем рабочем режиме, так как подавляющую часть времени вся эта техника находится в ждущем режиме. Потери энергии при режиме ожидания могут быть снижены на 90% в зависимости от типа прибора благодаря принятию простых и недорогих технических решений.

Затраты

Затраты на снижение потерь электроэнергии при режиме ожидания часто, хотя и не всегда, минимальны. В целом даже смелые задачи по снижению потребления электроэнергии при ждущем режиме будут стоить для конечных пользователей менее 0,02 доллара США за сэкономленный кВт-ч. Это значительно ниже большинства тарифов на электроэнергию для жилого и коммерческого сектора и ниже стоимости генерации электроэнергии.

Препятствия

Существуют определенные технические препятствия, особенно в стимулировании конечных потребителей. Для этого требуется достичь соглашения между производителями оборудования и поставщиками развлекательных услуг, такими как поставщики развлекательных программ для цифровых телевизионных декодеров (телевизионных приставок). Но в целом средства избежать потерь электроэнергии в ждущем режиме хорошо известны производителям. Основным препятствием является включение соответствующего параметра в список основных характеристик прибора. Сейчас потребление электроэнергии в режиме ожидания не является основным техническим показателем прибора, а, скорее, относится к вторичным характеристикам. Она не видна для потребителя на этапе принятия решения о покупке. В настоящее время всего несколько видов маркировки включают в себя данные о потреблении электроэнергии в режиме ожидания, и еще меньше энергетических стандартов включают в себя соответствующие требования. В результате получается, что потребитель не имеет ни малейшего представления о том, сколько энергии потребляют бытовые приборы и оборудование в ждущем режиме.

Преодоление препятствий

Если оборудование имеет режим ожидания, большинство потребителей будет продолжать пользоваться этой функцией вне зависимости от информационных кампаний. В глазах потребителя удобство всегда будет превалировать над экономией. Основное внимание должно быть направлено на снижение потерь электроэнергии при использовании режима ожидания. Существенную помощь здесь могут оказать стандарты и маркировка бытовых приборов и оборудования. Программы трансформации рынка, при которых достигается согласие всех участников о потреблении электроэнергии,

в некоторых странах могут внести важный вклад. Еще больших результатов можно достичь, увеличив участие промышленного сектора в решении этого вопроса.

Отопление и охлаждение с использованием солнечной энергии

Потенциал

Системы отопления и охлаждения помещений на солнечной энергии получают энергию солнца и преобразуют ее для отопления или охлаждения зданий. Солнечные коллекторы собирают солнечное излучение и преобразуют его в тепловую энергию. Такая тепловая энергия может затем быть использована для горячего водоснабжения, для отопления или охлаждения помещений. Основные типы коллекторов включают в себя неполированные коллекторы, полированные плоские панели и вакуумные трубчатые коллекторы. Эти технологии могут считаться апробированными, но некоторые продолжают совершенствоваться.

Технология отопления и охлаждения с использованием солнечной энергии уже используется в коммерческих масштабах для многих целей, в частности для обеспечения горячей водой. Однако в целом применение этой технологии еще гораздо ниже ее потенциала как в странах ОЭСР, так и в других странах.

Затраты

Системы подогрева воды с использованием солнечной энергии в Европе стоят около 2 500–6 000 евро в зависимости от размера и местоположения. Системы охлаждения с использованием солнечной энергии стоят в 1,5–3 раза дороже по сравнению с обычными системами. Системы подогрева воды с использованием солнечной энергии могут стоить 1–2 доллара/Вт мощности, при этом стоимость получаемой энергии варьируется в зависимости от местоположения и количества солнечных часов в году. Научно-исследовательские работы, которые ведутся в США, имеют целью снижение стоимости энергии, производимой системами нагревания воды с использованием солнечной энергии мощностью 2 500 кВт-ч в год, до уровня 0,04 доллара/кВт-ч, что значительно ниже тарифов на электроэнергию для бытовых потребителей.

Препятствия

Информация об общих затратах, которая часто не соответствует действительности, и высокая первоначальная стоимость могут стать препятствиями на пути распространения этих технологий. Потребители часто сомневаются в эффективной работе таких нагревательных систем. Во многих странах обслуживание, доставка и монтаж находятся на неудовлетворительном уровне, замедляя широкомасштабное внедрение этих технологий.

Преодоление препятствий

Строительные кодексы могут пересматриваться с целью стимулирования применения систем подогрева и охлаждения с использованием энергии солнца. В то же время необходимо разработать программы обучения и сертификации для специалистов по монтажу таких систем, чтобы потребители были уверены в работе оборудования на протяжении всего срока эксплуатации.

Предоставление полной информации и технических консультаций потребителям имеет большое значение и может помочь им принять решение о покупке. Схемы финансирования могут оказать существенную помощь в преодолении барьера высокой первоначальной стоимости систем, использующих солнечную энергию.

Осуществление демонстрационных проектов может быть полезно в странах с медленными темпами проникновения таких технологий на рынок. Это особенно подходит для коммерческого и общественного сектора, для гостиниц и больниц. В некоторых странах имело успех финансовое стимулирование. Также могут быть использованы соглашения о привлечении к финансированию третьих лиц в зависимости от размеров используемых систем. Еще одним вариантом может быть разрешение для электроэнергетических компаний засчитывать использование систем нагрева воды с использованием солнечной энергии в счет обязательств по использованию возобновляемых ресурсов.

Установка систем нагрева воды с использованием солнечной энергии подходит под условия механизма чистого развития Киотского протокола, и этот способ финансирования может быть использован более широко.

Биомасса для отопления и приготовления пищи

Биомасса и бытовые отходы в настоящее время дают 10% мирового производства энергии. Более 80% этого количества используется для отопления и приготовления пищи. Традиционное использование биомассы как топлива является в развивающихся странах основным источником загрязнения окружающей среды и проблем здоровья населения. Однако биомасса – единственный доступный вид топлива для бедных слоев населения значительной части земного шара. Очень часто использование биомассы неэффективно, но в некоторых промышленно развитых странах (Северная Америка и Скандинавия) уже применяются усовершенствованные технологии. Эти технологии могут найти более широкое применение и внести свой вклад в снижение выбросов CO_2 . Тем не менее, вопросы доставки биомассы и неудобство твердых видов топлива, возможно, будут ограничивать использование этих технологий регионами с достаточными запасами биомассы и относительно низкой плотностью населения. Более эффективные технологии отопления и приготовления пищи в развивающихся странах могут снизить проблемы сбора биомассы, уменьшить расход дров, снизить риск вырубki лесов и высвободить ресурсы биомассы для использования на другие цели. В свете таких приоритетов вопросы снижения выбросов CO_2 выступают в роли вторичных мер стимулирования.

Промышленность

На долю промышленности приходится около 30% всего мирового первичного потребления энергии. Выбросы CO_2 , обусловленные сжиганием топлива в промышленности, составляют 23% от общего объема. Любое усовершенствование эффективности энергопотребления в промышленности позволит снизить выбросы CO_2 , а дальнейшее развитие еще больше увеличит потенциал снижения выбросов. В данном исследовании анализировались девять способов снижения выбросов CO_2 :

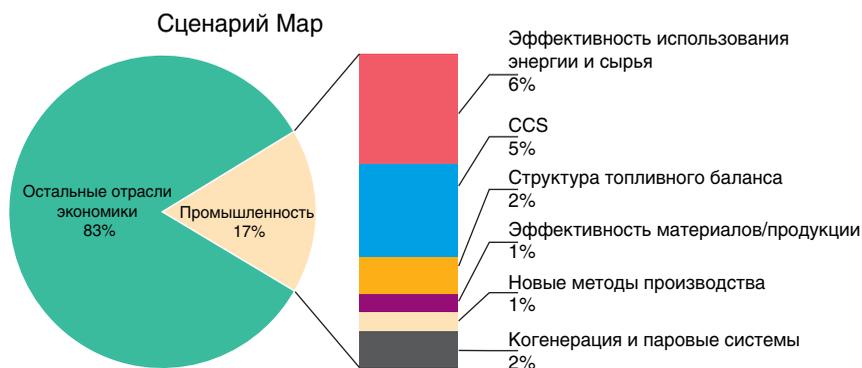
- технологии когенерации;
- энергоэффективные двигательные системы;
- энергоэффективные паровые системы;
- повышение эффективности существующих технологий основного производства;
- повышение эффективности с помощью новых технологий основного производства;
- замена топлива;
- повышение эффективности материалов/продукции;
- использование других видов сырья;
- улавливание и захоронение CO_2 (CCS).

В сценарии Мар промышленные выбросы CO_2 на 5,4 млрд тонн меньше, чем в Базовом сценарии, из них 2,4 млрд тонн достигнуто за счет экономии потребления электроэнергии. Еще 0,3 млрд тонн предотвращенных выбросов CO_2 дает переработка топлива. На долю CCS приходится 27% снижения промышленных выбросов CO_2 , тогда как в результате использования других видов топлива и сырья достигается уменьшение выбросов на 18% (Рисунок 3.13). На долю повышения эффективности использования энергии, продукции и процессов приходится 55% снижения выбросов CO_2 .

В Таблице 3.7 дается оценка вклада в снижение выбросов CO_2 от использования различных технологий в течение переходного периода с 2015 по 2050 г. Некоторые технологии доступны уже сейчас. Если своевременно удастся преодолеть оставшиеся препятствия, они могут играть важную роль к 2015 г. Эти возможности включают повышение качества обслуживания паровых систем, переоборудование существующих низкоэффективных станций или закрытие устаревших малых станций. Такие меры могут быть

стимулированы установлением соответствующих цен на энергию, усовершенствованием систем управления, стандартов и нормативов.

Рисунок 3.13 ▶ Доля промышленности в снижении глобальных выбросов CO_2 в сценарии Мар, 2050 г. (по сравнению с Базовым сценарием)



Общее снижение выбросов CO_2 : 32,1 млрд тонн

Ряд технологий еще далек от стадии выхода на рынок. Например, при производстве детергентов некоторые виды биомассы уже сейчас используются как сырье, а для новых технологий производства биополимеров требуются научно-исследовательские разработки. Там, где необходимо проведение дальнейших научно-исследовательских работ, основной прогресс прогнозируется на 2030–2050 гг. В этот период цены на нефть и природный газ будут существенно выше уровня 2015 г., что еще больше увеличивает потенциал применения энергосберегающих технологий.

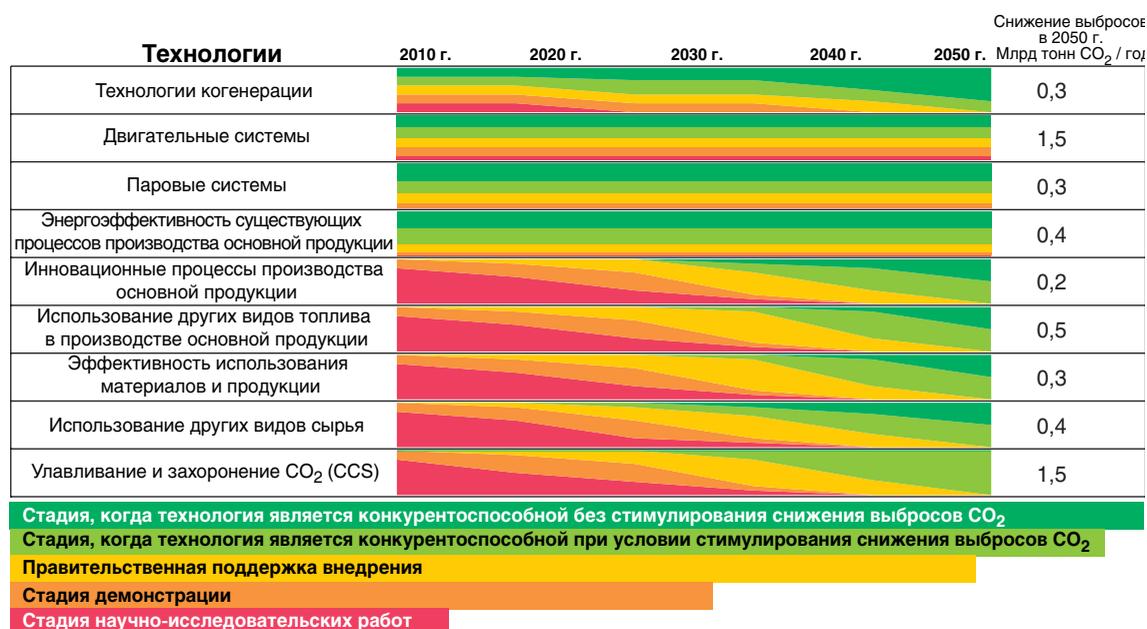
Таблица 3.7 ▶ Снижение выбросов CO_2 в сценарии Мар в результате применения новых технологий в промышленности (по сравнению с базовым сценарием)

Технологии	2015 г.	2030 г.	2050 г.	Млрд тонн CO_2 /год
Технологии когенерации	*	**	**	0,3
Двигательные системы	**	***	****	1,5
Паровые системы	**	**	**	0,3
Энергоэффективность существующих процессов производства основной продукции	**	**	***	0,4
Инновационные процессы производства основной продукции		*	**	0,2
Использование других видов топлива в производстве основной продукции		**	***	0,5
Эффективность использования материалов и продукции		*	**	0,3
Использование других видов сырья		**	***	0,4
Улавливание и захоронение CO_2 (CCS)		**	****	1,5

Примечание: Снижение выбросов иллюстрируется числом звездочек * (< 0,1 млрд тонн CO_2 в год), ** (0,1–0,3 млрд тонн), *** (0,3–1 млрд.т), **** (> 1 млрд.т).

На Рисунке 3.14 показаны стадии развития технологий для каждой категории технологий. Несмотря на широкий диапазон категорий, получается так, что пять из них сходятся в одной временной точке. В когенерации некоторые технологии уже апробированы и широко используются (например мощные газовые теплоэлектростанции). Другие же все еще находятся на стадии научно-исследовательских работ (например малые установки для дозаправки топливных элементов). Для остальных категорий – CCS и использование других видов сырья – очевидно, что основное внимание по-прежнему должно уделяться научно-исследовательским работам.

Рисунок 3.14 ► Достижение ценовой конкурентоспособности новыми технологиями в промышленности



Технологии когенерации

Потенциал

В сценариях АСТ прогнозируется увеличение когенерации (совместного производства тепла и электроэнергии) в 3 раза. Существенное увеличение когенерации уже включено в Базовый сценарий, таким образом, дополнительный рост ее использования ограничен. Экономия достигается главным образом в энергетике. Экономия топлива составляет 10–25% по сравнению с раздельными системами, использующими те же виды топлива. Снижение выбросов CO₂ может иметь более важное значение, если газовая когенерация заменит отдельные угольные станции. В сценариях АСТ экономия составляет 3–4 EJ в год (что в переводе на выбросы CO₂ означает снижение на 0,2–0,4 млрд тонн).

Затраты

Во многих случаях внедрение когенерации приведет к существенной экономии затрат и энергии в течение срока эксплуатации системы, но дополнительные инвестиции будут составлять несколько сотен долларов на кВт проектной мощности. Цена снижения выбросов CO_2 оценивается на уровне 25 долларов за тонну. Предпочтительным видом топлива для когенерации в силу целого ряда причин является газ, но использование угля или топливного мазута также возможно.

Препятствия

Во многих странах мира при выработке энергии на станции, находящейся на промышленном предприятии и работающей на его нужды, не разрешается подсоединение к энергосистеме и поставка туда энергии. Там, где это разрешается, из-за невыгодных пониженных тарифов «промышленные» станции могут быть не в состоянии конкурировать с централизованной крупномасштабной системой производства энергии. В некоторых странах, где такие проблемы были решены, на долю промышленной когенерации приходится более четверти общего производства электроэнергии. При этом следует учесть, что малые и средние производства сталкиваются с более высокими затратами на топливо, чем крупные производители энергии.

Для когенерации необходимо, чтобы спрос на тепло и спрос на электроэнергию были примерно одинаковы. Несмотря на то, что такая ситуация складывается во многих отраслях промышленности, существует множество других отраслей, где это не так. В странах с традиционным централизованным теплоснабжением могут быть возможности поставок тепла, но эти возможности ограничены.

Преодоление препятствий

Либерализация рынка и предоставление равноправного доступа к энергосетям могли бы уравнивать шансы промышленной когенерации, но этого может быть недостаточно, чтобы она могла конкурировать с крупным централизованным производством энергии. Общая эффективность когенерации очень высока, а определенные меры по снижению выбросов CO_2 могут способствовать расширению ее применения.

Двигательные системы

Потенциал

На долю моторных систем приходится свыше половины всего промышленного использования электроэнергии в мире. Потенциал экономии составляет 20–30%, или 5% мирового потребления электроэнергии. Частично этот потенциал реализован в Базовом сценарии, но дополнительные возможности экономии все равно значительны (10–20%). Потенциал для снижения выбросов составляет около 1,5 млрд тонн CO_2 в 2050 г. Другие меры по экономии электроэнергии в 2050 г. увеличивают потенциал до 2,4 млрд тонн CO_2 .

Затраты

Затраты будут сильно различаться из-за широкого диапазона возможных проектов. В каждом конкретном случае они зависят, например, от прироста эффективности, размеров проекта, степени загрузки оборудования, потребностей в инвестициях. Важна также сфера применения – новые двигатели или регуляторы скорости существующих двигателей. Во многих случаях можно достичь значительного снижения затрат, однако затраты на переоборудование могут превысить цену нового оборудования. Так как цены на электроэнергию в сценариях АСТ выше, чем в Базовом сценарии, то увеличиваются возможности экономически обоснованной экономии. В сценариях АСТ цена снижения выбросов CO_2 также оказывает влияние на переход к низкоуглеродным технологиям. В результате разброс оценок достаточно широк – от экономии в размере 100 долларов/т предотвращенных выбросов CO_2 до увеличения затрат на 100 долларов/т CO_2 . В долгосрочной перспективе большая часть вариантов достижения экономии является экономически целесообразной.

Препятствия

Стоимость электроэнергии учитывается во вторую очередь во всех наиболее энергоемких отраслях промышленности, при этом часто отсутствует информация о возможностях экономии энергии.

Промышленность ориентируется на производство, а не на эффективность энергопотребления и неохотно идет на замену систем, которые уже известны и имеют удовлетворительные результаты работы. Часто бюджет расходов на повышение эффективности энергопотребления и на оплату расхода электроэнергии никак не связаны, поэтому экономия электроэнергии не видна. Рынок имеет тенденцию концентрироваться на отдельных компонентах, а не на системе в целом. Руководство производством обычно не обладает опытом внедрения решений, даже если оно понимает потенциал снижения потребления энергии.

Преодоление препятствий

Для преодоления основной проблемы, связанной с непониманием факта избыточного энергопотребления, могут использоваться различные механизмы. Преодолению барьера может способствовать стимулирование промышленных предприятий пользоваться услугами энергосервисных компаний. Такие компании могут определить области неэффективного потребления и исправить ситуацию, давая промышленности возможность концентрировать усилия на производстве. Добровольные соглашения с промышленными предприятиями могут способствовать резкому повышению эффективности энергопотребления и стимулировать более широкое использование энергосервисных компаний.

Системы управления энергопотреблением в последние годы были существенно усовершенствованы, но возможности дальнейшего совершенствования остаются. Решения в области программного обеспечения и создания систем «под ключ» могут принести определенные выгоды. Промышленность

должна иметь стимулы дальнейшей разработки этих инструментов благодаря программам научно-исследовательских работ, которые спонсирует государство, и другим мерам. Во многих странах мира отсутствуют стимулирующие стандарты эффективности энергопотребления двигателей. При реализации долгосрочных возможностей увеличения эффективности энергопотребления университетские программы и обучающие курсы для конструкторов и инженеров промышленных предприятий должны включать изучение эффективного энергопотребления.

Паровые системы

Потенциал

При плохой изоляции труб существуют широкие возможности экономии энергии, равной 10–20% от объема потребления. Возможности дополнительного снижения выбросов оцениваются на уровне 0,3 млрд тонн CO₂ по сравнению с Базовым сценарием.

Затраты

Во многих случаях внедрение мер по увеличению эффективности паровых систем приводит к существенному снижению затрат в течение срока эксплуатации систем. Однако в случае, если паровой котел требует замены до истечения срока эксплуатации, капитальные затраты могут быть значительными. Затраты на сокращение выбросов CO₂ лежат в диапазоне от экономии 25 долларов/т до практически нулевых затрат. При этом цена замены на новый котел по порядку величины составляет 25 долларов/т предотвращенных выбросов CO₂. Однако надо заметить, что оценки сильно зависят от цен на топливо.

Препятствия

Препятствия на пути широкого распространения паровых систем такие же, как для двигательных систем – непонимание потенциала этих технологий в экономии топлива, разные бюджеты на инвестиции в повышение эффективности энергопотребления и на оплату расходов на электроэнергию, нежелание менять рабочий режим.

Эффективные бойлерные системы основываются на хорошо отработанных технологиях. Однако плохое повседневное обслуживание некоторого оборудования, например паросепараторов, клапанов и теплопередающих поверхностей, существенно снижает эффективность. Во многих развивающихся странах убытки от использования паровых систем остаются значительными. В России на промышленных предприятиях изоляция труб иногда отсутствует, так как низкие цены на природный газ не стимулируют повышения эффективности энергопотребления. В Китае при эксплуатации большого количества мелких котлов идет избыточный приток воздуха, а уголь сгорает не полностью.

Преодоление препятствий

Методы, подобные тем, которые предлагались в разделе, посвященном двигательным системам, могут быть использованы для паровых технологий. При этом важно обеспечить, чтобы достижение экономии не снижалось в результате плохого обслуживания оборудования или отсутствия надлежащей изоляции. Использование энергосервисных компаний, заключение добровольных соглашений и включение курса эффективного энергопотребления в учебные программы для инженеров и операторов котельных могут способствовать частичному или полному преодолению этих препятствий.

В некоторых случаях на эффективность энергопотребления влияют местные факторы, и такие проблемы также необходимо решать. Например, низкое качество угля является основным фактором, влияющим на плохую энергоэффективность китайских котельных. Для достижения существенного эффекта в таком случае может применяться технология мокрого обогащения угля.

Энергоэффективность существующих процессов производства основной продукции

Потенциал

Существует большой потенциал повышения эффективности основного промышленного производства, особенно в развивающихся странах и странах с переходной экономикой. Например, энергоэффективность коксовых и доменных печей в Китае значительно ниже, чем в странах ОЭСР. Кроме того, мелкие целлюлозно-бумажные заводы в Китае и Индии потребляют гораздо больше энергии, чем требуется. Низкие цены на газ в России приводят к тому, что в этой стране недостаточны меры по стимулированию эффективного использования энергии и, как результат, низкая эффективность энергопотребления. Учитывая прогнозируемые темпы роста промышленного производства с настоящего времени до 2050 г., потенциал экономии оценивается на уровне 20 EJ в год к 2050 г. (20–30%). При этом не учитывается «автоматическое» увеличение эффективности, которое уже включено в Базовый сценарий.

Затраты

Во многих случаях внедрение мер по повышению энергоэффективности приводит к существенному снижению затрат в течение срока службы оборудования. В случаях, если оборудование требует замены до истечения срока полезной службы, капитальные вложения могут быть значительными.

Препятствия

В условиях низких цен на топливо практически отсутствуют стимулы для активных действий. Недостаток капитала или стремление избежать рисков могут снизить стимулы к осуществлению инвестиций. Во многих развивающихся странах современные технологии еще не отработаны. Крупные проекты, как правило, более эффективны, чем мелкие производства, однако это может достигаться за счет более высокой капиталоемкости и сниженной

трудоемкости. Поощряемые государством отрасли промышленности также не имеют особых стимулов к инвестициям. Продолжительные сроки службы промышленного оборудования уменьшают потенциал быстрого роста эффективности. Отсутствие четких долгосрочных перспектив снижения выбросов CO_2 делают рискованными капиталоемкие проекты увеличения энергоэффективности.

Преодоление препятствий

Использование услуг энергосервисных компаний, которые хорошо знают существующие возможности и имеют опыт их использования, может позволить продвинуться вперед. Добровольные соглашения, разработка систем управления энергопотреблением и программы обучения инженеров могут внести свой вклад в дело повышения эффективности использования энергии. Кроме того, цены на топливо должны отражать связанный с ними вопрос снижения выбросов CO_2 . Четкие цели долгосрочных экономических мер смогут убедить промышленность в том, что повышение эффективности использования энергии приведет к повышению конкурентоспособности.

Повышение энергоэффективности с помощью инновационных процессов производства основной продукции

Потенциал

Ряд развивающихся технологий может дать значительное увеличение эффективности. Многие из этих технологий являются экономически обоснованными в Базовом сценарии. Дополнительный потенциал в сценариях АСТ, по сравнению с базовым уровнем, оценивается как 3 EJ, или около 0,3 млрд тонн предотвращенных выбросов CO_2 .

Затраты

Во многих случаях новые методы производства, по сравнению с использованием существующих процессов, приводят к существенному снижению затрат на протяжении срока службы оборудования, а также капитальных затрат. Тем не менее, новые технологии на начальном этапе более дорогостоящие, чем отработанные технологии, и для снижения затрат необходима стадия внедрения. Затраты на снижение выбросов CO_2 прогнозируются в диапазоне от экономии в размере 25 долларов/т предотвращенных выбросов до дополнительных расходов на 25 долларов/т CO_2 . При этом могут появляться важные вспомогательные преимущества – увеличение производственной гибкости и снижение местного воздействия на окружающую среду, которые трудно поддаются количественной оценке.

Препятствия

Новые технологии нуждаются в демонстрации в коммерческом масштабе. Промышленные предприятия очень неохотно соглашаются инвестировать существенные средства в опытное производство и демонстрационные проекты.

Это является серьезным препятствием для новых технологий. Руководство не желает инвестировать средства в новые технологии, не отработанные в коммерческих масштабах. Часто новые технологии отрабатываются в специальных условиях в определенной стране или при экономических условиях, когда нет других возможностей. После того как новая технология апробирована, есть вероятность, что она столкнется с такими же препятствиями, как и другие меры повышения энергоэффективности. Эти барьеры будут до определенной степени уменьшены, так как инженеры, участвовавшие в демонстрационных проектах, уже будут обладать необходимыми знаниями, и поэтому технология будет иметь своих сторонников при вступлении на рынок.

Преодоление препятствий

Данные технологии нуждаются в дальнейших научно-исследовательских работах для того, чтобы вывести их на стадию масштабного внедрения. Эти усилия потребуют сотрудничества промышленного сектора и правительства. Также может потребоваться международное сотрудничество для снижения затрат на осуществление демонстрационных проектов.

Использование других видов топлива в производстве основной продукции

Потенциал

Природный газ может использоваться как альтернатива углю и топливному мазуту. В принципе, потенциал технологий очень высок (около 10–20 EJ), но во многих случаях затраты будут превышать 50 долларов/т CO₂. Это, скорее всего, станет серьезным препятствием. Дополнительная экономия, которая может быть достигнута в сценариях АСТ, намного меньше теоретически возможного потенциала. Дополнительный эффект может быть получен в ряде регионов с помощью использования биомассы или бытовых отходов в некоторых видах производства, например в доменных или цементных печах.

Затраты

Затраты на переход с угля на газ могут быть небольшими, если есть возможность использования дешевого газа из магистральных трубопроводов. Это предусматривает перенос производства в регионы, где есть дешевый газ. Например, если доменный чугун будет заменен импортируемым железом прямого восстановления, подобный перенос может иметь экономические последствия для отдельных стран. Однако в пересчете на цену снижения выбросов CO₂ затраты будут ниже 25 долларов/т.

Препятствия

Основным препятствием является стоимость и высокая зависимость от импорта природного газа. Наличие дешевого местного угля будет отвлекать большинство производств от использования данного варианта.

Преодоление препятствий

При отсутствии экономических мер по снижению выбросов CO_2 переход на другие виды топлива будет ограничен. Высокие цены на нефть и газ работают в противоположном направлении и способствуют использованию угля. В некоторых регионах ископаемые виды топлива субсидируются до уровня цен ниже рыночных (например природный газ в России). Продолжающаяся либерализация торговли может ускорить перенос промышленности в регионы с запасами более дешевого газа. Однако влияние переноса на выбросы CO_2 может быть различным. Система торговли разрешениями на выбросы, по крайней мере на отраслевом уровне, поможет избежать роста выбросов. Разработка нетрадиционных запасов газа может способствовать тому, что цены на природный газ не будут привязаны к ценам на нефть. Это может сделать газ конкурентным видом топлива для ряда отраслей промышленности.

Эффективность использования материалов и продукции

Потенциал

Данная категория мер рассматривает различные подходы к производству и использованию одной и той же продукции, когда требуется меньшее количество сырья. Увеличение срока использования продукции и повторное использование материалов может снизить производство сырья, что уменьшит в промышленности расход энергии и выбросы CO_2 . Потенциальная экономия достигает 5 EJ и включает увеличение доли повторного использования и более эффективное использование сырья благодаря модернизации продукции. В сценариях АСТ прогнозируемое снижение выбросов CO_2 оценивается в 0,3 млрд тонн.

Затраты

Затраты на внедрение новых процессов варьируются в широком диапазоне. В определенных случаях возможно снижение затрат, тогда как в других дополнительные затраты могут быть значительными. В большинстве случаев экономические меры по сокращению выбросов CO_2 будут иметь второстепенное значение. Вопросы охраны окружающей среды, связанные с утилизацией отходов, а также экономические факторы будут доминировать в процессе принятия решений.

Препятствия

Увеличение эффективности использования сырья или продукции требует проведения комплексной оценки вариантов, охватывающих весь жизненный цикл продукции или сырья. Анализ должен выходить за рамки интересов отдельной компании или даже отрасли промышленности. Очень мало компаний имеют интересы, выходящие за рамки жизненного цикла производимой продукции, начиная с получения сырья, через стадию производства и до утилизации или повторного использования продукции. Как следствие, у компаний редко бывают причины рассматривать весь цикл как единое целое, а не концентрироваться на тех стадиях, в которых они принимают непосредственное участие.

Преодоление препятствий

Развитие мышления, охватывающего весь жизненный цикл производимой продукции, вряд ли получит продолжение без соответствующих мер со стороны правительства как, например, определение ответственности производителя за произведенную продукцию на протяжении всего жизненного цикла. Вероятнее всего, такие меры могут быть предприняты в результате других экономических мер в области охраны окружающей среды, а не просто для продвижения идеи снижения выбросов CO₂. Однако возможно сопутствующее уменьшение выбросов в результате принятия таких мер. Политика в области охраны природы должна быть по возможности более ориентирована на общий результат.

Использование других видов сырья

3

Потенциал

Использование других видов сырья может сэкономить от 5 до 10 EJ энергии и снизить объем выбросов CO₂ на 0,4 млрд тонн. При этом учитывается использование биотоплива как альтернатива нефтехимическому сырью, а также применение биопластиков. Экономия может достигаться в течение полного жизненного цикла (как в случае со сжиганием отходов), но на это у промышленности должны быть соответствующие дополнительные стимулы.

Затраты

Во многих случаях новые методы производства приводят к существенной экономии в течение жизненного цикла продукции. При этом объем капиталовложений ниже, чем при существующих методах производства. Затраты в данном случае зависят от развития технологии.

Препятствия

В настоящий момент стоимость сырья из биомассы и биополимеров значительно выше, чем у продукции, сделанной из нефтепродуктов. Высокие цены на нефть увеличивают конкурентоспособность биомассы, но в долгосрочной перспективе уровень цен на нефть неясен. Поэтому важным представляется снижение затрат благодаря научно-исследовательским работам и содействию внедрению технологий. Дальнейшее снижение затрат может предполагать использование генетически модифицированных сельскохозяйственных культур, что в определенных регионах мира является весьма болезненным вопросом.

Преодоление препятствий

Большой объем финансирования научно-исследовательских работ и системы поощрения снижения выбросов CO₂ (в результате использования биомассы) могут способствовать преодолению препятствий.

Улавливание и захоронение CO₂ в промышленности (CCS)

Потенциал

Основной потенциал CCS относится к генерации электроэнергии. Но CCS также применимо к крупным энергоемким промышленным мощностям, таким как аммиачные производства, доменные печи, цементные печи, установки газификации черного щелока и печи для использования в различных крупномасштабных производствах. В сценариях АСТ вклад CCS в снижение выбросов в промышленности к 2050 г. достигает 1,45 млрд тонн.

Затраты

Затраты на применение CCS в промышленности могут быть в некоторых случаях ниже, чем у электростанций. Например, дешевые возможности существуют на аммиачных производствах. Технологии улавливания CO₂ в доменных печах могут быть внедрены при затратах ниже 25 долларов/т CO₂. То же самое относится и к установкам газификации черного щелока при производстве целлюлозы. Затраты для цементных печей и котлов парового отопления могут быть выше 25 долларов/т CO₂ при существующих технологиях. Однако процесс переоборудования, особенно применение кислородного сжигания, может дать снижение стоимости до 25 долларов/т CO₂.

Препятствия

Новые технологии должны развиваться, для этого необходимо осуществление демонстрационных проектов. Требуется более глубокое понимание характеристик резервуаров хранения CO₂. Осуществление инвестиций станет возможным только после принятия долгосрочных мер экономического стимулирования CCS. Необходимо также предусмотреть возможность переноса промышленных производств при принятии экономических мер, связанных с CO₂.

Преодоление препятствий

Для развития технологии CCS в промышленности требуется финансовая поддержка научно-исследовательских работ. Требуется более обоснованное подтверждение надежности хранения CO₂. Необходимо также разработать надежные долгосрочные экономические меры, связанные с CCS, для привлечения инвестиций. В действительности существуют интересные возможности «раннего» внедрения CCS в промышленности при затратах ниже уровня, характерного для энергетики. Эти варианты должны разрабатываться на ранней стадии, так как они могут способствовать внедрению технологий улавливания, транспортировки и хранения CO₂, которые затем могут применяться и в энергетике.