

# ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И СМЯГЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

РЕЗЮМЕ ДЛЯ ПОЛИТИКОВ И ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕЗЮМЕ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ДОКЛАД  
МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ ГРУППЫ  
ЭКСПЕРТОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

**МГЭИК**    
ВМО ЮНЕП

# Специальный доклад МГЭИК по возобновляемым источникам энергии и смягчению воздействий на изменение климата

Резюме для политиков  
Доклад Рабочей группы III МГЭИК

и

Техническое резюме  
Доклад, принятый Рабочей группой III МГЭИК,  
но не утвержденный в деталях

## Под редакцией

**Оттмара Эденхофера**  
сопредседателя Рабочей группы III  
Потсдамский институт изучения  
последствий изменения климата  
(ПИК)

**Рамона Пичс-Мадруги**  
сопредседателя Рабочей группы III  
Центр исследований мировой  
экономики (СИЕМ)

**Юбы Соконы**  
сопредседателя Рабочей группы III  
Африканский центр политики в  
области климата,  
Экономическая комиссия  
Организации Объединенных Наций  
для Африки (ЭКА ООН)

**Кристины Сейбот**

**Патрика Матшосса**

**Сюзанны Каднер**

**Тимма Цвикеля**

**Патрика  
Эйкемейера**

**Геррита Хансена**

**Штеффена  
Шлёмера**

**Кристофа фон  
Штехова**

Группа технической поддержки Рабочей группы III  
Потсдамский институт изучения последствий изменения климата (ПИК)

Опубликовано для Межправительственной группы экспертов  
по изменению климата

© Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2011 г.

ISBN 978-92-9169-431-0

Иллюстрация на обложке: Параболические зеркала на солнечной тепловой электростанции используются для нагрева масла.

© Michael Melford/National Geographic Stock

# СОДЕРЖАНИЕ

## Часть I

Предисловие .....	vii
Введение .....	ix

## Часть II

Резюме для политиков .....	3
Техническое резюме .....	27

## Приложения

Приложение I	Глоссарий, сокращения, химические символы и префиксы .....	161
Приложение II	Методология .....	183
Приложение III	Современные стоимостные и эксплуатационные параметры возобновляемых источников энергии .....	211





# Предисловие и введение



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Специальный доклад МГЭИК по возобновляемым источникам энергии и смягчению воздействий на изменение климата (СДВИЭ) содержит всесторонний обзор таких источников и технологий, связанных с ними расходов и выгод, а также их потенциальной роли в совокупности возможных вариантов смягчения воздействий.

Впервые комплексный учет затрат и выбросов парниковых газов в различных технологиях и сценариях подтверждает ключевую роль возобновляемых источников, независимо от какого-либо конкретного соглашения о смягчении последствий изменения климата.

Являясь межправительственным органом, учрежденным в 1988 году Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) и Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), МГЭИК успешно предоставляла лицам, определяющим политику, в течение последующего периода самые авторитетные и объективные научно-технические оценки, которые при их четко прослеживаемой актуальности для политики никогда не содержали заявлений о том, что они предписывают проведение какой-либо политики. Кроме того, настоящий Специальный доклад приобретает особую важность в тот момент, когда правительства рассматривают вопрос о роли возобновляемых источников энергии в контексте своих усилий по смягчению воздействий на изменение климата.

Подготовка СДВИЭ стала возможной благодаря усилиям и самоотверженности сотен специалистов из различных регионов и дисциплин. Мы хотели бы выразить нашу глубокую признательность проф. Оттмару Эденхоферу, д-ру Рамону Пичс-Мадруге и д-ру Юбу Соконе за их неустанное руководство на протяжении всего процесса подготовки СДВИЭ, а также всем координирующим ведущим авторам, ведущим авторам, соавторам, редакторам-рецензентам и рецензентам, а также сотрудникам группы технической поддержки Рабочей группы III.

Мы высоко ценим щедрую поддержку и приверженность Германии подготовке СДВИЭ, о чем свидетельствует, в частности, размещение у себя группы технической поддержки Рабочей группы III. Кроме того, мы хотели бы выразить нашу признательность Объединенным Арабским Эмиратам за проведение у себя пленарного совещания, на котором был утвержден доклад, а также Бразилии, Норвегии, Соединенному Королевству и Мексике, где проводились последующие совещания ведущих авторов; всем спонсорам, которые внесли вклад в работу МГЭИК посредством своей финансовой и материально-технической поддержки, и, наконец, председателю МГЭИК д-ру Р. К. Пачаури за его руководство на протяжении всего процесса подготовки СДВИЭ.



М. Жарро  
Генеральный секретарь  
Всемирная Метеорологическая Организация



А. Штайнер  
Директор-распорядитель  
Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде





## ВВЕДЕНИЕ

Специальный доклад по возобновляемым источникам энергии и смягчению воздействий на изменение климата (СДВИЭ) Рабочей группы III МГЭИК содержит оценку и тщательный анализ технологий возобновляемых источников энергии и их текущей и потенциальной роли в смягчении последствий выбросов парниковых газов. Представленные в нем результаты основаны на обширной оценке научной литературы, включая специфику отдельных исследований, а также на совокупности исследований, результаты которых были проанализированы на предмет вынесения более широких заключений. В докладе объединена информация о технологиях конкретных исследований с результатами крупномасштабных интегрированных моделей, а также представлена актуальная для политики (но не предписывающую какую-либо политику) информация для лиц, принимающих решения, о характеристиках и техническом потенциале различных ресурсов, историческом развитии технологий, проблемах их интеграции и социально-экологических последствиях их использования, а также содержится сопоставление средней стоимости энергии для коммерчески доступных технологий использования возобновляемых источников с недавними затратами на использование невозобновляемых источников энергии. Кроме того роль возобновляемых источников энергии в достижении уровней стабилизации концентрации ПГ, обсуждаемых в настоящем докладе, и представление и анализ доступной политики для оказания содействия в разработке и внедрении технологий использования возобновляемых источников энергии для целей смягчения воздействий на изменение климата и/или для других целей содержат ответы на важные вопросы, подробно изложенные в первоначальном определении концепции доклада.

### Процесс

Настоящий доклад был подготовлен в соответствии с правилами и процедурами, установленными МГЭИК и используемыми для подготовки предыдущих докладов об оценке. После совещания по определению концепции, проведенного в Любеке, Германия, с 20 по 25 января 2008 г., ориентировочный план доклада был утвержден на 28-м пленарном совещании МГЭИК, которое проводилось в Будапеште, Венгрия, 9 и 10 апреля 2008 г. Вскоре после этого был сформирован коллектив авторов, состоящий из 122 ведущих авторов (33 из развивающихся стран, 4 из стран с переходной экономикой и 85 из промышленно развитых стран), 25 редакторов-рецензентов и 132 соавторов.

Применялась процедура рецензирования МГЭИК, согласно которой проекты, подготавливаемые авторами, подвергались двум рецензированиям. Было обработано 24 766 комментариев, представленных более 350 рецензирующими экспертами, правительствами и международными организациями. Редакторы-рецензенты проследили за тем, чтобы все основные комментарии для каждой главы, представленные правительствами и экспертами в ходе рецензирования, были должным образом рассмотрены.

Резюме для политиков прошло построчное утверждение, а окончательный проект доклада был принят на 11-й сессии Третьей рабочей группы, которая проводилась в Абу-Даби, Объединенные Арабские Эмираты, с 5 по 8 мая 2011 г. Специальный доклад был принят в целом на 33-м пленарном совещании МГЭИК, которое проводилось также в Абу-Даби с 10 по 13 мая 2011 г.

### Структура Специального доклада

СДВИЭ состоит из трех категорий глав: одна вводная глава; шесть глав, посвященных специфике технологий (главы 2-7) и четыре главы, охватывающие вопросы интеграции между различными технологиями (главы 8-11).

Глава 1 является вводной главой, направленной на то, чтобы поместить технологии использования возобновляемых источников энергии в более широкие рамки возможных вариантов смягчения воздействий на изменение климата и определить характеристики, которые являются общими для технологий использования возобновляемых источников энергии.

Каждая глава, посвященная технологиям (главы 2-7), содержит информацию о потенциале доступных ресурсов, положении дел в области развития технологий и рынка, а также об экологических и социальных последствиях использования каждого вида возобновляемых источников энергии, включая биоэнергию, прямую солнечную энергию, геотермальную энергию, гидроэнергию, энергию океана и энергию ветра. Кроме того, обсуждаются перспективы для будущих технологических инноваций и снижения затрат, а главы заканчиваются рассмотрением возможных вариантов для внедрения таких технологий в будущем.

Глава 8 является первой из глав, посвященных вопросам интеграции, и в ней обсуждается вопрос о том, как технологии использования возобновляемых источников энергии интегрируются в настоящее время в системы распределения энергии и как они могут интегрироваться в будущем. Также обсуждается вопрос о путях развития стратегического использования технологий возобновляемых источников энергии в транспортном, строительном, промышленном и сельскохозяйственном секторах.

Возобновляемые источники энергии в контексте устойчивого развития рассматриваются в главе 9. Это включает в себя социальные, экологические и экономические последствия использования возобновляемых источников энергии, включая потенциал для улучшения доступа к энергии и надежную поставку энергии. Рассматриваются также конкретные препятствия на пути использования технологий возобновляемых источников энергии.

В главе 10, в которой рассматривается более 160 сценариев, исследуется вопрос о том, каким образом технологии использования возобновляемых источников энергии могут способствовать различным сценариям сокращения выбросов парниковых газов, начиная со сценариев обычного развития событий и до сценариев, отражающих желаемые уровни стабилизации концентрации парниковых газов. Подробно анализируются четыре сценария, а также рассматриваются расходы на крупномасштабное внедрение технологий использования возобновляемых источников энергии.

В последней главе доклада, главе 11, описываются текущие тенденции в политике в области поддержки использования возобновляемых источников энергии, а также тенденции в области финансирования и инвестиций в технологии возобновляемых источников энергии. В ней рассматривается текущий опыт в области политики, касающейся возобновляемых источников энергии, включая меры повышения эффективности и действенности, а также обсуждается влияние благоприятных условий на успех политики.

Хотя авторы доклада включили в него самую последнюю литературу, имеющуюся в наличии на момент публикации, читателям необходимо осознавать, что в тематических областях, затронутых в настоящем Специальном докладе, могут произойти дальнейшие стремительные изменения. Это касается состояния развития некоторых технологий использования возобновляемых источников энергии, а также состояния знаний в области задач по интеграции, расходов по смягчению воздействий, сопутствующих выгод, экологических и социальных последствий, политических подходов и вариантов финансирования. Границы, указанные названия и обозначения, используемые на любых географических картах в настоящем докладе, не означают их официального одобрения или признания со стороны Организации Объединенных Наций. На географических картах, разработанных для СДВИЭ, пунктирная линия в Джамму и Кашмире приблизительно отображает линию контроля, согласованную Индией и Пакистаном. Окончательный статус Джамму и Кашмира до сих пор не согласован сторонами.

### **Выражение признательности**

Подготовка настоящего Специального доклада являлась крупным мероприятием, в котором было задействовано много людей со всего мира, внесших вклад самым разнообразным образом. Мы хотели бы выразить признательность соответствующим правительствам и учреждениям, внесшим щедрый вклад, который позволил авторам, редакторам-рецензентам и правительственным и экспертным рецензентам принять участие в этом процессе.

Мы особенно признательны правительству Германии за вклад и поддержку, в частности Федеральному министерству образования и научных исследований (БМБФ), предоставившему финансирование для группы технической поддержки (ГТП) Рабочей группы III. Координация этого финансирования осуществлялась Грегором Лауманном и Кристианой Текстор из Германского центра воздухоплавания и космонавтики (ДЛР), которые всегда были готовы выделить свое время и направить свою энергию на потребности группы. Мы также хотели бы выразить нашу признательность Федеральному министерству окружающей среды, охраны природы и обеспечения безопасности реакторов (БМУ). Кроме того, Потсдамский институт изучения последствий изменения климата (ПИК) любезно предоставил помещения для размещения ГТП.

Мы также хотели бы поблагодарить правительства Бразилии, Норвегии, Соединенного Королевства и Мексики, которые, в сотрудничестве с местными учреждениями, являлись принимающими сторонами крайне важных совещаний ведущих авторов в Сан-Жозе-дус-Кампус (январь 2009 г.), Осло (сентябрь 2009 г.), Оксфорде (март 2010 г.) и Мехико (сентябрь 2010 г.). Кроме того, мы хотели бы поблагодарить правительство Соединенных Штатов Америки и Институт устойчивого развития, а также Общество основателей технологий для проекта управления углеродом за проведение совещания экспертов-рецензентов СДВИЭ в Вашингтоне, округ Колумбия (февраль 2010 г.). Наконец, мы выражаем нашу признательность ПИК за проведение заключительного совещания координирующих ведущих авторов на территории кампуса (январь 2011 г.).

Подготовка этого Специального доклада стала возможной только благодаря экспертным знаниям, трудолюбию и самоотверженности, продемонстрированным всеми нашими координирующими ведущими авторами и ведущими авторами при значительном содействии со стороны многих соавторов. Мы также хотели бы выразить нашу признательность рецензирующим правительствам и экспертам за время и энергию, затраченные ими на предоставление конструктивных и полезных комментариев к различным проектам. Крайне важным для подготовки СДВИЭ был также вклад наших редакторов-рецензентов, которые оказывали поддержку коллективу авторов посредством обработки комментариев и обеспечения объективного обсуждения соответствующих вопросов.

Нам приятно выразить признательность за неустанную работу сотрудникам группы технической поддержки Рабочей группы III Патрику Матшоссу, Сюзанне Каднер, Кристине Сейбот, Тимму Цвикелю, Патрику Эйкемейеру, Герриту Хансену, Штеффену Шлёмеру, Кристофу фон Штехову, Бенджамину Криману, Аннегрете Кунигк, Анне Адлер и Нине Шютц, которым оказывали содействие Мэрилин Андерсон, Лелани Аррис, Эндрю Айрс, Марлен Гёрнер, Даниэль Марингер и Эшли Рендерс. Бриджит Кнопф, являясь старшим советником ГТП, регулярно вносила ценный вклад и задавала направление в работе. Мы признательны также за поддержку в области графического оформления, предоставленную Кейем Шредером и его группой экспертов из отдела цифровых коммуникаций компании Дейли Интеректив, а также за работу по подготовке макетов текстов, проделанную Валари Моррис и компанией Арройо Райтинг.

Бюро Рабочей группы III, в состав которого входят Антонина Иванова-Бончева (Мексика), Карло Карраро (Италия), Сузана Кан-Рибейру (Бразилия), Джим Ски (Соединенное Королевство), Фрэнсис Ямба (Замбия) и Таха Затари (Саудовская Аравия) и Исмаил А. Р. Элгизули (Судан) до его назначения на должность вице-председателя МГЭИК, предоставляло постоянную и конструктивную поддержку сопредседателям Рабочей группы III на протяжении всего процесса подготовки СДВИЭ.

Мы хотели бы поблагодарить Ренату Крист, секретаря МГЭИК, а также сотрудников Секретариата Гаэтано Леоне, Мари Жан-Бюре, Софи Шлингеманн, Джудит Ева, Джесбин Байдиа, Жозель Фернандес, Анни Куртен, Лауру Биаджиони, Эми Смит-Аасдам и Рокаю Айдара, которые обеспечивали материально-техническую поддержку для связи с правительствами и для организации проезда экспертов из развивающихся стран и стран с переходной экономикой.

Выражаем нашу особую признательность д-ру Раджендре Пачаури, председателю МГЭИК, за его вклад и поддержку во время подготовки этого Специального доклада МГЭИК.



Оттмар Эденхофер  
Сопредседатель РГ III  
МГЭИК



Рамон Пичс-Мадруга  
Сопредседатель РГ III  
МГЭИК



Юба Сокона  
Сопредседатель РГ III  
МГЭИК



Патрик Матшосс  
Руководитель ГТП РГ III  
МГЭИК



Кристин Сейбот  
Старший научный сотрудник РГ III МГЭИК  
Руководитель СДВИЭ

Настоящий Доклад посвящается

**Вольфраму Кревитту, Германия  
координирующему ведущему автору главы 8**

Вольфрам Кревитт скончался 8 октября 2009 г. Он работал в Германском центре воздухоплавания и космонавтики (ДЛР) в Штутгарте, Германия.

**Раймонду Райту, Ямайка  
ведущему автору главы 10**

Раймонд Райт скоропостижно скончался 7 июля 2011 г. Он работал в Нефтяной корпорации Ямайки (НКЯ) в Кингстоне, Ямайка.

Вольфрам Кревитт внес значительный вклад в подготовку настоящего Специального доклада, и его видение главы 8 (Интеграция возобновляемых источников энергии в настоящие и будущие энергетические системы) было с признательностью сохранено в тексте. Раймонд Райт являлся одним из крайне важных членов группы ведущих авторов главы 10 (Потенциал смягчения воздействий и затраты), который раз за разом тщательно разбирался в существе вопросов Специального доклада, обеспечивая его сбалансированность и достоверность. Оба автора были одаренными, увлеченными и целеустремленными членами авторского коллектива МГЭИК – их кончина является огромной утратой для международного научного сообщества, работающего над проблемами климата и энергетики. О Вольфраме Кревитте и Раймонде Райте навсегда сохранятся самые теплые воспоминания у их коллег авторов.



**Резюме**



## Резюме для ПОЛИТИКОВ

### **Ведущие авторы-координаторы:**

Оттмар Эденхофер (Германия), Рамон Пичс-Мадруга (Куба), Юба Сокона (Эфиопия/Мали), Кристин Сейбот (Германия/США)

### **Ведущие авторы:**

Дэн Арвизу (США), Томас Брюкнер (Германия), Джон Кристенсен (Дания), Хелена Чум (США/Бразилия), Жан-Мишель Деверней (Франция), Андре Фааидж (Нидерланды), Манфред Фишедик (Германия), Барри Голдштейн (Австралия), Геррит Хансен (Германия), Джон Хакерби (Новая Зеландия), Арнульф Йегер-Вальдау (Италия/Германия), Сюзанн Каднер (Германия), Даниэль Каммен (США), Фолькер Крей (Австрия/Германия), Арун Кумар (Индия), Энтони Льюис (Ирландия), Освальдо Лукон (Бразилия), Патрик Матшосс (Германия), Лурдес Морис (США), Кэтрин Митчелл (Соединенное Королевство), Уильям Мумо (США), Жозе Морейра (Бразилия), Ален Надаи (Франция), Ларс Я. Нильсон (Швеция), Джон Нибоэр (Канада), Атик Рахман (Бангладеш), Джаянт Сатай (США), Джанет Савин (США), Роберто Шеффер (Бразилия), Тормод Шей (Норвегия), Штеффен Шлёмер (Германия), Ральф Симс (Новая Зеландия), Кристоф фон Штехов (Германия), Авиель Вербрюгген (Бельгия), Кевин Урама (Кения/Нигерия), Райан Вайсер (США), Фрэнсис Ямба (Замбия), Тимм Цвикель (Германия)

### **Специальный советник:**

Джеффри Логан (США)

### **Цитируя данную главу, источник следует указывать следующим образом:**

МГЭИК, 2011 г.: «Резюме для политиков», в «Специальном докладе МГЭИК о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата» [О. Эденхофер, Р. Пичс-Мадруга, Ю. Сокона, К. Сейбот, П. Матшосс, С. Каднер, Т. Цвикель, П. Эйкемейер, Г. Хансен, Ш. Шлемер, К. фон Штехов (редакторы)], Кембридж юниверсити пресс, Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США.





## Содержание

1.	Введение.....	6
2.	Возобновляемые источники энергии и изменение климата.....	7
3.	Технологии и рынки возобновляемых источников энергии.....	7
4.	Интеграция в существующие и будущие энергетические системы.....	15
5.	Возобновляемые источники энергии и устойчивое развитие.....	18
6.	Потенциал для смягчения воздействий и расходы.....	20
7.	Политика, осуществление и финансирование.....	24
8.	Расширение знаний о возобновляемых источниках энергии.....	26

## 1. Введение

В специальном докладе Рабочей группы III о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата (СДВИЭ) содержится оценка литературы по научным, техническим, экологическим, экономическим и социальным аспектам вклада шести видов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в смягчение воздействий на изменение климата. Доклад предназначен для представления правительствам, межправительственным процессам и другим заинтересованным сторонам информации, касающейся политики. Данное резюме для политиков содержит общий обзор СДВИЭ, в котором кратко сформулированы основные результаты исследований.

СДВИЭ содержит 11 глав. Глава 1 задает контекст для ВИЭ и изменения климата; в главах 2-7 представлена информация о технологиях использования шести видов ВИЭ, а в главах 8-11 рассматриваются вопросы интеграции (см. рисунок РП.1).

### Специальный доклад о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата

1. Возобновляемые источники энергии и изменение климата	Вводная глава
2. Биоэнергия	Главы, посвященные технологиям
3. Прямая солнечная энергия	
4. Геотермальная энергия	
5. Гидроэнергия	
6. Энергия океана	
7. Ветроэнергетика	Главы, посвященные интеграции
8. Интеграция возобновляемой энергии в существующие и будущие энергетические системы	
9. Возобновляемая энергия в контексте устойчивого развития	
10. Потенциал смягчения воздействий и затраты	
11. Политика, финансирование и осуществление	

Рисунок РП.1 | Структура СДВИЭ. [рисунок 1.1, 1.1.2]

Ссылки на главы и разделы даны с номерами соответствующих глав и разделов в квадратных скобках. Объяснение терминов, сокращений и химических символов, используемых в данном РП, можно найти в глоссарии СДВИЭ (приложение I). Правила и методологии определения расходов, вопросы первичной энергии и другие темы анализа можно найти в приложении II и приложении III. В соответствующих случаях в данном докладе говорится о неопределенности<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> В данном докладе говорится о неопределенности, например, через показ результатов анализа чувствительности и количественное представление диапазонов стоимости, а также диапазонов результатов сценариев. В данном докладе не используется официальная терминология МГЭИК, касающаяся неопределенности, поскольку на момент утверждения данного доклада руководящий материал МГЭИК, касающийся неопределенности, находился в процессе пересмотра.

## 2. Возобновляемые источники энергии и изменение климата

Спрос на энергоносители и связанные с этим услуги для обеспечения социально-экономического развития и улучшения благосостояния и здоровья человека растет. Все общества нуждаются в энергоснабжении для удовлетворения основных потребностей человека (например, освещение, приготовление пищи, пространственный комфорт, передвижение и коммуникации) и для обслуживания производственных процессов. [1.1.1, 9.3.2]. Примерно с 1850 г. глобальное использование ископаемого топлива (уголь, нефть и газ) увеличилось и стало доминировать в энергоснабжении, что привело к стремительному росту выбросов диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) [рисунок 1.6].

Выбросы парниковых газов (ПГ) в результате обеспечения энергоснабжения внесли в прошлом значительный вклад в увеличение концентраций ПГ в атмосфере. В Четвертом докладе об оценке (ДО4) МГЭИК содержится вывод о том, что «Весьма вероятно<sup>2</sup>, что наблюдаемое с середины XX века повышение глобальной средней температуры большей частью вызвано наблюдаемым повышением концентраций антропогенных парниковых газов».

Последние данные подтверждают, что потребление ископаемого топлива обуславливает большинство глобальных выбросов ПГ антропогенного происхождения.<sup>3</sup> Выбросы продолжают расти, и к концу 2010 г. концентрации CO<sub>2</sub> превысили уровень в более чем 390 млн<sup>-1</sup> или стали на 39 % выше доиндустриального уровня. [1.1.1, 1.1.3]

Существует множество вариантов снижения выбросов ПГ из энергосистемы при одновременном удовлетворении глобального спроса на энергоснабжение. [1.1.3, 10.1] В ДО4 была дана оценка некоторым из этих возможных вариантов, например, энергосбережению и энергоэффективности, уходу от использования ископаемого топлива, возобновляемой энергии, атомной энергетике и улавливанию и хранению углерода (УХУ). Всесторонняя оценка того или иного портфеля вариантов смягчения воздействий включала бы оценку их соответствующего потенциала с точки зрения смягчения воздействий, а также их вклада в устойчивое развитие и всех связанных с этим рисков и затрат. [1.1.6] Данный доклад концентрируется на роли, которую применение технологий ВИЭ может играть в рамках такого портфеля вариантов смягчения воздействий.

Обладая большим потенциалом для смягчения воздействий на изменение климата, возобновляемые источники энергии могут также обеспечивать более широкие выгоды. При условии их надлежащего внедрения технологии ВИЭ способствуют социально-экономическому развитию, доступу к энергии, безопасности энергоснабжения, а также снижению негативных воздействий на окружающую среду и здоровье человека. [9.2, 9.3]

В большинстве случаев увеличение доли ВИЭ в энергобалансе потребует проведения политики для стимулирования изменений в энергетической системе. В последние годы применение технологий ВИЭ резко возросло, и согласно прогнозам их доля значительно увеличится в самых амбициозных сценариях смягчения воздействий. [1.1.5, 10.2] Для расширения привлечения необходимых инвестиций в технологии и инфраструктуру потребуются принятие дополнительных мер политического характера. [11.4.3, 11.5, 11.6.1, 11.7.5]

## 3. Технологии и рынки возобновляемых источников энергии

ВИЭ составляют гетерогенный класс технологий (вставка РП.1). На основе различных видов ВИЭ можно генерировать электроэнергию, термальную энергию и механическую энергию, а также производить топливо, которые способны удовлетворять многочисленные потребности в энергоснабжении [1.2]. Некоторые технологии ВИЭ можно осваивать в пункте использования (децентрализованные технологии) в сельских и городских условиях, в то время как другие технологии в основном развернуты в рамках больших (централизованные технологии) энергетических сетей [1.2, 8.2, 8.3, 9.3.2]. В то время как все больше технологий использования ВИЭ становятся технически разработанными и в настоящее время применяются в значительных масштабах, другие технологии находятся на более ранней стадии технической готовности и коммерческого применения или занимают специализированную нишу на рынках [1.2]. Вырабатываемая энергия технологий ВИЭ может быть (i) изменчивой и, до некоторой степени, непредсказуемой в различных временных масштабах (от нескольких минут до нескольких лет), (ii) изменчивой, но предсказуемой, (iii) постоянной или (iv) управляемой. [8.2, 8.3]

<sup>2</sup> На официальном языке неопределенности, используемом в ДО4, термин «весьма вероятно» означает оцененную вероятность наступления события > 90 %.

<sup>3</sup> Как указано в ДО4, доли отдельных антропогенных выбросов ПГ в общем объеме выбросов в 2004 г., выраженные в эквиваленте CO<sub>2</sub>, составили: CO<sub>2</sub> от ископаемых видов топлива (56,6%), CO<sub>2</sub> в результате обезлесения, разложения биомассы и т.д. (17,3%), CO<sub>2</sub> из других источников (2,8%), метан (14,3%), закись азота (7,9%) и фторсодержащие газы (1,1%) [рисунок 1.1b, ДО4, РГ III, глава 1. Для получения дополнительной информации о выбросах в секторах, включая лесное хозяйство, см. также рисунок 1.3b и соответствующие примечания.]

## Вставка РП.1 | Возобновляемые источники энергии и технологии, рассматриваемые в настоящем докладе.

**Биоэнергия** может быть получена из различных видов биомассового сырья, в том числе из лесосечных и сельскохозяйственных отходов, а также отходов животноводства; лесных насаждений с коротким оборотом рубки; энергетических культур; органического компонента твердых бытовых отходов и других видов органических отходов. Благодаря целому ряду процессов это сырье может непосредственно использоваться для производства электроэнергии или тепла или же может использоваться для создания газообразного, жидкого или твердого топлива. Диапазон биоэнергетических технологий широк, и уровень их технической разработки значительно варьируется. Некоторыми примерами коммерчески доступных технологий являются малые и крупные бойлеры, бытовые системы отопления на основе гранулированного топлива и производство этанола из сахара и крахмала. Усовершенствованные электростанции, использующие комбинированный цикл комплексной газификации биомассы, и транспортное топливо на основе лигноцеллюлозы – это примеры технологий, которые находятся на предкоммерческой стадии, а производство жидкого биотоплива из водорослей и некоторые другие методы биологического преобразования находятся на стадии научных исследований и разработок (НИОКР). Биоэнергетические технологии находят свое применение в централизованных и децентрализованных установках, при этом в настоящее время в развивающихся странах наиболее широко используется традиционная биомасса<sup>4</sup>. Биоэнергетика, как правило, предлагает постоянную или управляемую выработку энергии. Биоэнергетические проекты обычно зависят от наличия местных и региональных поставок топлива, но последние события показывают, что твердая биомасса и жидкое биотопливо все больше поступают в международную торговлю. [1.2, 2.1, 2.3, 2.6, 8.2, 8.3]

Технологии преобразования **прямой солнечной энергии** используют энергию солнечного излучения для производства электроэнергии с применением фотоэлементов и концентрации солнечной энергии (КСЭ) для производства тепловой энергии (отопление или охлаждение с помощью либо пассивных, либо активных средств), для обеспечения потребностей в прямом освещении и для потенциального производства топлива, которое может использоваться для транспорта и других целей. Степень разработки технологий применения солнечных установок варьируется от НИОКР (например, топливо, полученное из солнечной энергии) до относительно готовых к эксплуатации (например, КСЭ) и готовых (например, пассивное и активное солнечное отопление и фотоэлементы на основе пластин из кремния) технологий. Многие, но не все технологии являются модульными по своему характеру, что позволяет их использовать как в централизованных, так и децентрализованных энергетических системах. Солнечная энергия изменчива и, в некоторой степени, непредсказуема, хотя временной профиль мощности солнечной энергии при некоторых обстоятельствах относительно хорошо коррелирует со спросом на энергию. Аккумулирование тепловой энергии предлагает возможности для улучшения регулирования выходной энергии для некоторых технологий, таких как КСЭ и прямое солнечное отопление. [1.2, 3.1, 3.3, 3.5, 3.7, 8.2, 8.3]

**Геотермальная энергетика** использует имеющуюся тепловую энергию из недр Земли. Тепло извлекается из геотермальных резервуаров с использованием скважин или других средств. Резервуары, которые по природе являются достаточно горячими и проницаемыми, называются гидротермальными резервуарами, а резервуары, которые являются достаточно горячими, но улучшены путем гидравлической стимуляции, называются усовершенствованными геотермальными системами (УГС). Оказываясь на поверхности, жидкость различной температуры может использоваться для производства электроэнергии или более непосредственно в областях, где требуется тепловая энергия, включая централизованное районное теплоснабжение или использование тепла более низкой температуры из неглубоких скважин для геотермальных тепловых насосов, применяемых для отопления или охлаждения. Гидротермальные электростанции и тепловые применения геотермальной энергии являются технически разработанными технологиями, в то время как проекты по УГС находятся на этапах показательных и экспериментальных испытаний, проходя также стадию НИОКР. При использовании геотермальных электростанций для выработки электроэнергии они, как правило, дают постоянную выходную выработку. [1.2, 4.1, 4.3, 8.2, 8.3]

**Гидроэнергетика** использует энергию воды, движущейся от более высоких горизонтов к более низким, главным образом, для выработки электроэнергии. Гидроэнергетические проекты предусматривают проекты плотин с резервуарами, проекты в естественном режиме рек и на водотоках и выполняются непрерывно в масштабе проекта. Это разнообразие дает гидроэнергетике возможность удовлетворять крупные централизованные городские потребности, а также децентрализованные сельские нужды. Гидроэнергетические технологии являются разработанными технологиями. Гидроэнергетические проекты используют ресурс, который меняется во времени. Тем не менее контролируемая выходная энергия, обеспечиваемая гидроэнергетическими сооружениями с резервуарами, может использоваться для обеспечения пиковых потребностей в электроэнергии и помочь сбалансировать системы электроснабжения, в которых большую долю занимают ВИЭ. Эксплуатация гидроэнергетических резервуаров часто отражает их многоцелевое использование, например, для получения питьевой воды, для орошения, регулирования паводков и борьбы с засухами, а также для обеспечения навигации и энергоснабжения. [1.2, 5.1, 5.3, 5.5, 5.10, 8.2]

<sup>4</sup> Традиционная биомасса определяется Международным энергетическим агентством (МЭА) как потребление биомассы в секторе жилищно-коммунального хозяйства в развивающихся странах и означает частое и нерациональное использование древесины, древесного угля, отходов сельского хозяйства и навоза для приготовления пищи и отопления. Любое другое использование биомассы определяется как современная биомасса [приложение I].

**Энергия океана** извлекается из потенциальной, кинетической, тепловой и химической энергии морской воды, которая может быть преобразована для целей обеспечения электричеством, тепловой энергией или питьевой водой. Возможен широкий спектр технологий, например, плотины для приливно-отливных течений, подводные турбины для приливных и океанических течений, теплообменники для преобразования тепловой энергии океана, а также различные устройства для использования энергии волн и градиентов солености. Технологии использования энергии океана, за исключением приливных плотин, проходят стадию демонстрационных и экспериментальных испытаний, и для многих из них требуется проведение дополнительных НИОКР. Некоторые технологии имеют изменчивые профили выходной энергии с различным уровнем предсказуемости (например, волнение, амплитуда прилива и течение), в то время как другие технологии могут быть способны к почти постоянному или даже контролируемому функционированию (например, тепловая энергия океана и градиент солености). [1.2, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.6, 8.2]

**Ветроэнергетика использует** кинетическую энергию струй воздуха. Основное применение, имеющее отношение к смягчению воздействий на изменение климата, заключается в производстве электроэнергии с помощью крупных ветровых турбин, расположенных на суше (наземные) или на участках с морской или пресной водой (прибрежные). Береговые ветроэнергетические технологии уже производятся и применяются в больших масштабах. Прибрежные ветроэнергетические технологии обладают большими потенциальными возможностями для постоянного технического совершенствования. Электроэнергия, полученная с помощью ветра, изменчива, и, до некоторой степени, непредсказуема, но опыт и детальные исследования во многих регионах показали, что интеграция энергии ветра обычно не создает непреодолимых технических барьеров. [1.2, 7.1, 7.3, 7.5, 7.7, 8.2]

**По оценкам в 2008 г. доля ВИЭ составила 12,9% от глобального предложения первичной энергии, равного 492 эксаджоулям (ЭДж)<sup>5</sup>** (вставка РП.2 и рисунок РП.2). Наибольшая доля среди ВИЭ пришлась на биомассу (10,2 %), причем большую ее часть (приблизительно 60 %) составила традиционная биомасса, используемая в развивающихся странах для приготовления пищи и отопления, но при этом также стремительно растет использование современной биомассы<sup>6</sup>. Доля гидроэнергетики составила 2,3 %, а на другие виды ВИЭ пришлось 0,4 %. [1.1.5] В 2008 г. доля ВИЭ составила приблизительно 19 % от мирового предложения электроэнергии (16 % – гидроэнергетика, 3 % – другие виды ВИЭ), а биотопливо составило 2 % от мирового предложения топлива для дорожного транспорта. Традиционная биомасса (17 %), современная биомасса (8 %), солнечная тепловая и геотермальная энергия (2 %) составили 27 % от общего мирового спроса на тепло. Доля ВИЭ в предложении первичной энергии существенно варьируется в зависимости от страны и региона. [1.1.5, 1.3.1, 8.1]

**Применение технологий ВИЭ в последние годы увеличивается быстрыми темпами** (рисунок РП.3). Различные виды государственной политики, снижение стоимости многих технологий ВИЭ, изменения в ценах на ископаемое топливо, увеличение спроса на энергоносители и другие факторы способствовали дальнейшему увеличению использования ВИЭ. [1.1.5, 9.3, 10.5, 11.2, 11.3] Несмотря на глобальные финансовые проблемы, объемы потенциала ВИЭ продолжали стремительно увеличиваться в 2009 г. по сравнению с совокупной установленной мощностью за предыдущий год, включая энергию ветра (увеличение на 32 %, добавлено 38 гигаватт (ГВт)), гидроэнергию (на 3 %, добавлен 31 ГВт), подключенные к сети фотоэлементы (на 53 %, добавлено 7,5 ГВт), геотермальную энергию (на 4 %, добавлено 0,4 ГВт) и солнечное горячее водоснабжение/отопление (на 21 %, добавлен 31 ГВт). В 2008 г. доля биотоплива составила 2 %, а в 2009 г. – почти 3 % от мирового спроса на топливо для автомобильного транспорта. К концу 2009 г. годовое производство этанола увеличилось до 1,6 ЭДж (76 млрд литров), а биодизельного топлива – до 0,6 ЭДж (17 млрд литров). [1.1.5, 2.4, 3.4, 4.4, 5.4, 7.4]

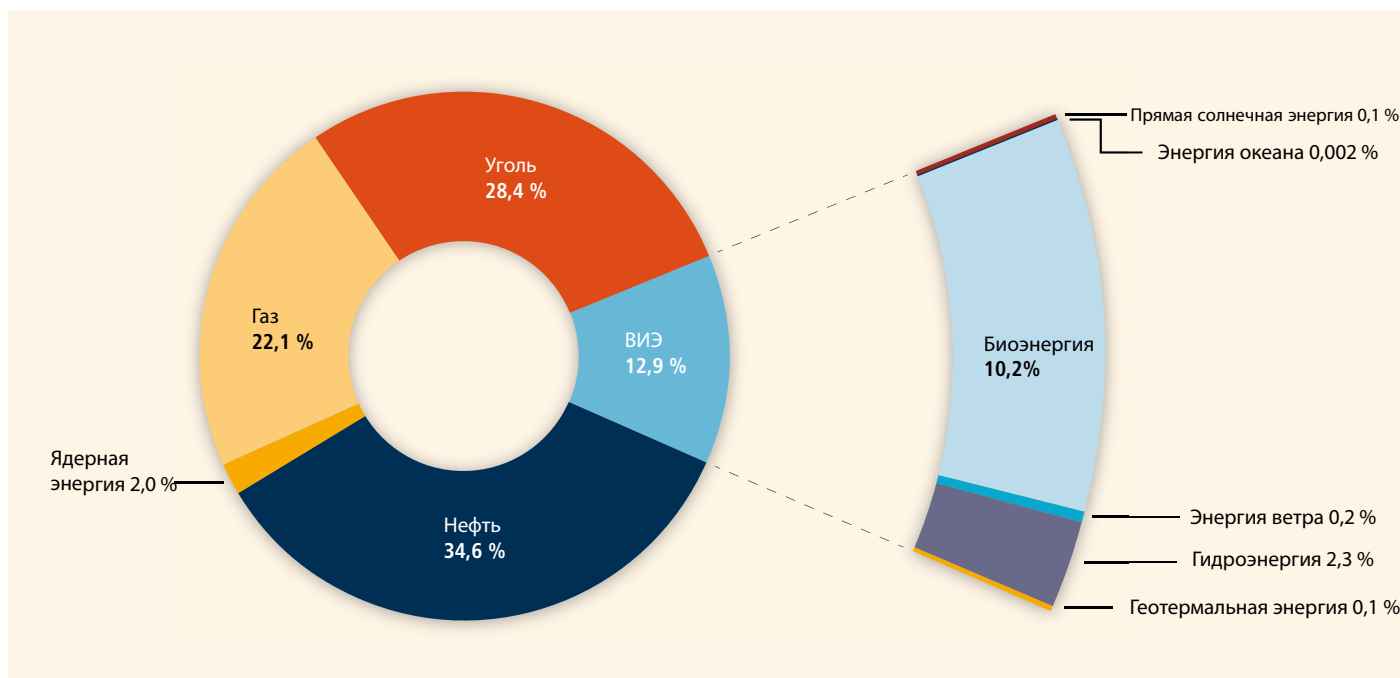
Из порядка 300 ГВт новых генерирующих электромощностей, установленных в глобальном масштабе за двухлетний период 2008-2009 гг., 140 ГВт поступили от прироста ВИЭ. В совокупности в развивающихся странах установлено 53 % мировых генерирующих электромощностей на основе ВИЭ. [1.1.5] В конце 2009 г. использование ВИЭ на рынках горячего водоснабжения/отопления включало современную биомассу (270 ГВт), солнечную (180 ГВт) и геотермальную (60 ГВт) энергию. Использование децентрализованных ВИЭ (за исключением традиционной биомассы) в обеспечении потребностей сельских районов в энергоснабжении на уровне домашнего хозяйства или деревни также возросло, включая ГЭС, различные современные варианты биомассы, фотоэлементы, ветровые или гибридные системы, которые сочетают в себе различные технологии. [1.1.5, 2.4, 3.4, 4.4, 5.4]

<sup>5</sup> 1 эксаджоуль = 10<sup>18</sup> джоулей = 23,88 миллионов тонн нефтяного эквивалента (Мтнэ)

<sup>6</sup> В дополнение к доле традиционной биомассы, равной 60%, существует использование биомассы, доля которого по оценкам составляет от 20% до 40% и которое не значится в официальных базах данных о первичной энергии, например, навоз, неучтенное производство древесного угля, незаконная рубка леса, сбор древесного топлива и использование сельскохозяйственных остатков. [2.1, 2.5]

## Вставка РП.2 | Расчет первичной энергии в СДВИЭ.

Не существует единого однозначного метода расчета первичной энергии из негорючих источников, таких как негорючие ВИЭ и ядерная энергия. В СДВИЭ принимается метод «прямого эквивалента» для расчета предложения первичной энергии. В данном методе ископаемые виды топлива и биоэнергия рассчитываются на основе их теплотворной способности, а негорючие источники энергии, включая ядерную энергию и все негорючие ВИЭ – на основе вторичной энергии, которую они производят. Это может привести к занижению доли негорючих ВИЭ и ядерной энергии по сравнению с биоэнергией и ископаемым топливом примерно в 1,2-3 раза. Выбор метода расчета также влияет на относительные доли различных отдельных источников энергии. Сравнения представленных в СДВИЭ данных и рисунков между ископаемым топливом и биоэнергией, с одной стороны, и негорючими ВИЭ и ядерной энергией, с другой стороны, отражают данный метод расчета. [1.1.9, приложение II.4]

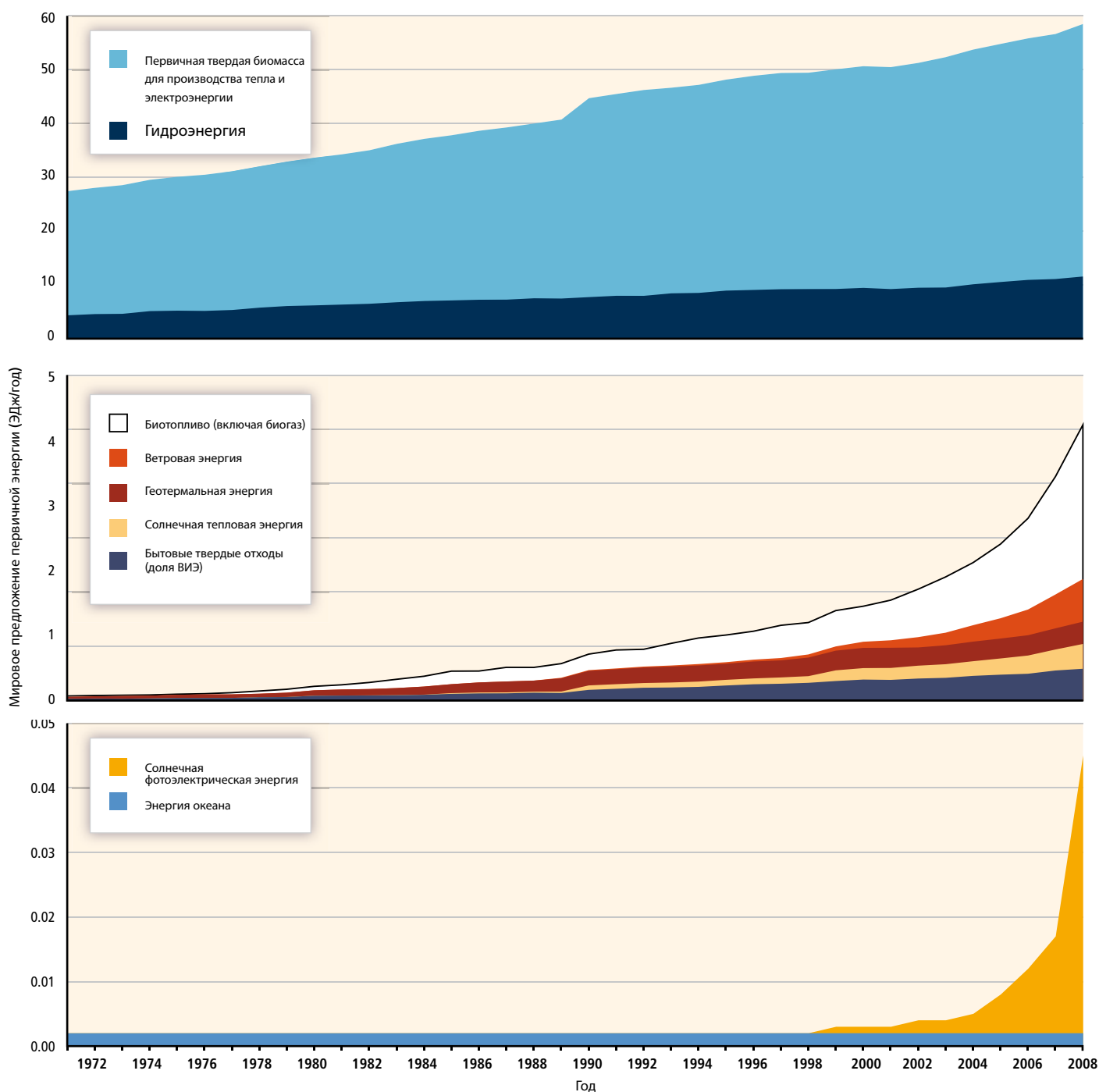


**Рисунок РП.2 |** Доли источников энергии в общем глобальном предложении первичной энергии в 2008 г. (492 ЭДж). Современная биомасса составляет 38 % от общей доли биомассы. [рисунок 1.10, 1.1.5]

Примечание: Базовые данные для рисунка были конвертированы в метод «прямого эквивалента» расчета поставок первичной энергии. [вставка РП.2, 1.1.9, приложение II.4]

**Глобальный технический потенциал<sup>7</sup> источников возобновляемой энергии не будет лимитировать дальнейший рост использования возобновляемой энергии.** В литературе представлен широкий диапазон оценок, но исследования неизменно показывали, что общий глобальный технический потенциал ВИЭ существенно выше, чем глобальный спрос на энергию (рисунок РП.4) [1.2.2, 10.3, приложение II]. Технический потенциал солнечной энергии является самым высоким среди ВИЭ, однако значительный технический потенциал существует для всех шести источников возобновляемой энергии. Даже регионы с относительно низким уровнем технического потенциала того или иного ВИЭ, как правило, обладают значительными возможностями для их большего применения по сравнению с нынешним уровнем. [1.2.2, 2.2, 2.8, 3.2, 4.2,

<sup>7</sup> Определения технического потенциала часто различаются в зависимости от исследования. Термин «технический потенциал» определяется в СДВИЭ как объем выхода энергии ВИЭ, произведенной в результате полномасштабного внедрения продемонстрированных технологий или практик. Прямая ссылка на затраты, препятствия или программные мероприятия отсутствует. Вместе с тем в техническом потенциале, представленном в литературе и прошедшем оценку в СДВИЭ, практические ограничения могут приниматься во внимание, и, когда они четко обозначены, они, как правило, указаны в основном докладе. [приложение I]



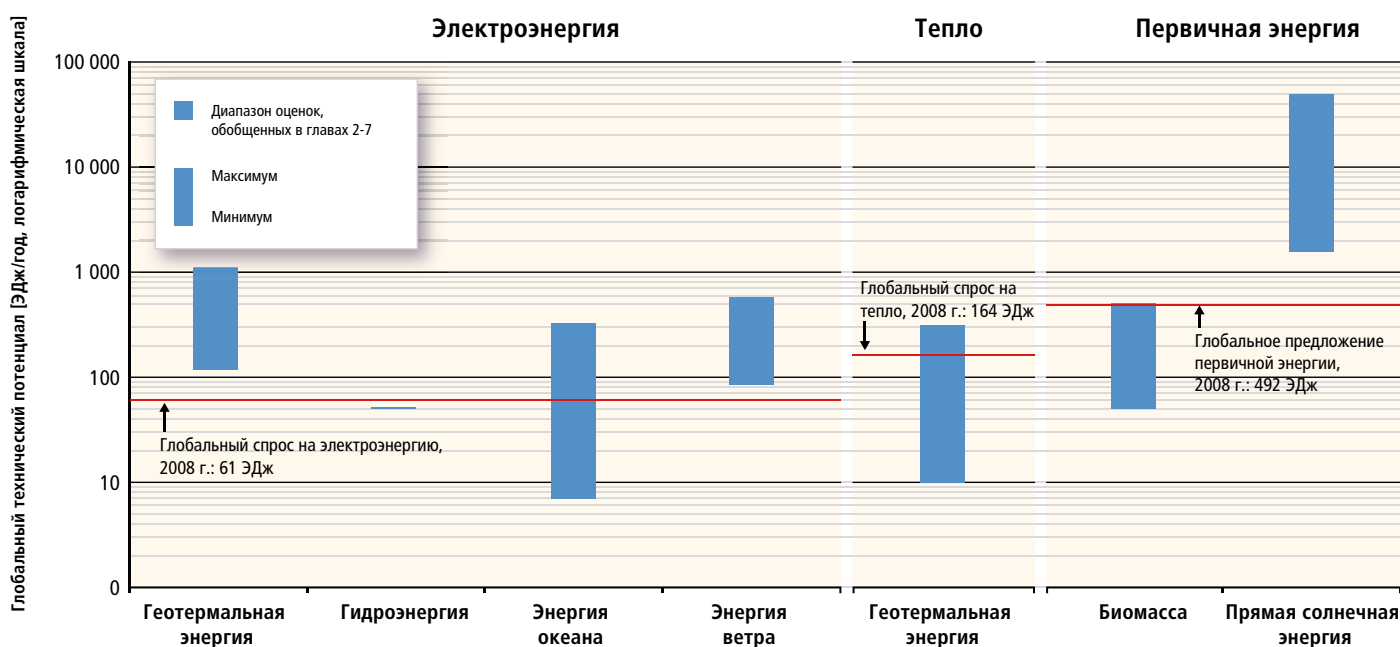
**Рисунок РП.3** | Историческое развитие мирового предложения первичной энергии на основе возобновляемых источников энергии с 1971 г. по 2008 гг. [рисунок 1.12, 1.1.5]

Примечания: Технологии представлены по вертикали только для наглядности. Базовые данные для рисунка были конвертированы в метод «прямого эквивалента» расчета поставок первичной энергии [вставка РП.2, 1.1.9, приложение II.4] за исключением того, что энергетический эквивалент биотоплива представлен в единицах вторичной энергии (первичная биомасса, используемая для производства биотоплива, будет выше из-за потерь при конвертации. [2.3, 2.4])

5.2, 6.2, 6.4, 7.2, 8.2, 8.3, 10.3] Тем не менее в более долгосрочной перспективе и на более высоких уровнях применения, технический потенциал свидетельствует об ограничении вклада некоторых отдельно взятых технологий ВИЭ. Такие факторы, как проблемы устойчивости [9.3], общественное признание [9.5], системная интеграция и инфраструктурные ограничения [8.2] или экономические факторы [10.3] могут также ограничивать применение технологий ВИЭ.



Изменение климата будет влиять на объем и географическое распределение технического потенциала ВИЭ, но исследования масштаба таких возможных эффектов находятся на начальном этапе в стадии зарождения. В связи с тем, что ВИЭ во многом зависят от климата, глобальное изменение климата будет воздействовать на ресурсную базу возобновляемой энергии, хотя точная природа и масштабы таких последствий не определены. Будущий технический потенциал биоэнергетики может находиться под влиянием изменения климата через воздействие на производство биомассы, например, через изменившиеся почвенные условия, осадки, урожайность сельскохозяйственных культур и другие факторы. Ожидается, что общее влияние изменения средней глобальной температуры менее чем на 2°C на технический потенциал биоэнергии будет относительно небольшим на глобальной основе. Тем не менее, можно ожидать существенных региональных различий, а неопределенностей больше и их труднее оценить по сравнению с другими вариантами ВИЭ из-за большого количества задействованных механизмов обратной связи. [2.2, 2.6] Что касается солнечной энергии, хотя изменение климата, как ожидается, и будет влиять на распределение и изменчивость облачности, воздействие этих изменений на общий технический потенциал будет небольшим [3.2]. Что касается гидроэнергетики, общие воздействия на глобальный технический потенциал, как ожидается, будут слегка положительными. Тем не менее результаты также указывают на возможность существенных колебаний в различных регионах и даже в странах. [5.2] Исследования на сегодняшний день говорят о том, что изменение климата, как ожидается, не будет значительно влиять на глобальный технический потенциал развития ветроэнергетики, однако можно ожидать изменений в региональном распределении ресурсов энергии ветра [7.2]. Ожидается, что изменение климата не окажет значительного воздействия на объем или географическое распределение геотермальных или океанических энергетических ресурсов [4.2, 6.2].



Диапазон оценок глобальных технических потенциалов

Макс. (в ЭДж/год)	1 109	52	331	580	312	500	49 837
Мин. (в ЭДж/год)	118	50	7	85	10	50	1 575

**Рисунок РП.4** | Диапазоны глобальных технических потенциалов ВИЭ на основе исследований, представленных в главах 2-7. Биомасса и солнечная энергия показаны в виде первичной энергии из-за их многоцелевого использования; стоит отметить, что рисунок представлен в логарифмическом масштабе в связи с широким диапазоном результатов оценок. [рисунок 1.17, 1.2.3]

Примечания: Указанные здесь технические потенциалы характеризуют общемировые потенциалы ежегодного предложения возобновляемой энергии и не сбрасывают со счета любой потенциал, который уже используется. Стоит отметить, что источники электроэнергии на основе ВИЭ также могут использоваться для целей отопления, в то время как биомасса и солнечные ресурсы представлены только в качестве первичной энергии, но могут использоваться для обеспечения различных потребностей в энергоснабжении. Диапазоны рассчитаны различными методами и относятся к различным последующим годам; следовательно, полученные в результате диапазоны не вполне сопоставимы по технологиям. Что касается данных, не указанных на рисунке РП.4, и дополнительных примечаний см. приложение к главе 1, таблица А.1.1 (а также соответствующие главы).

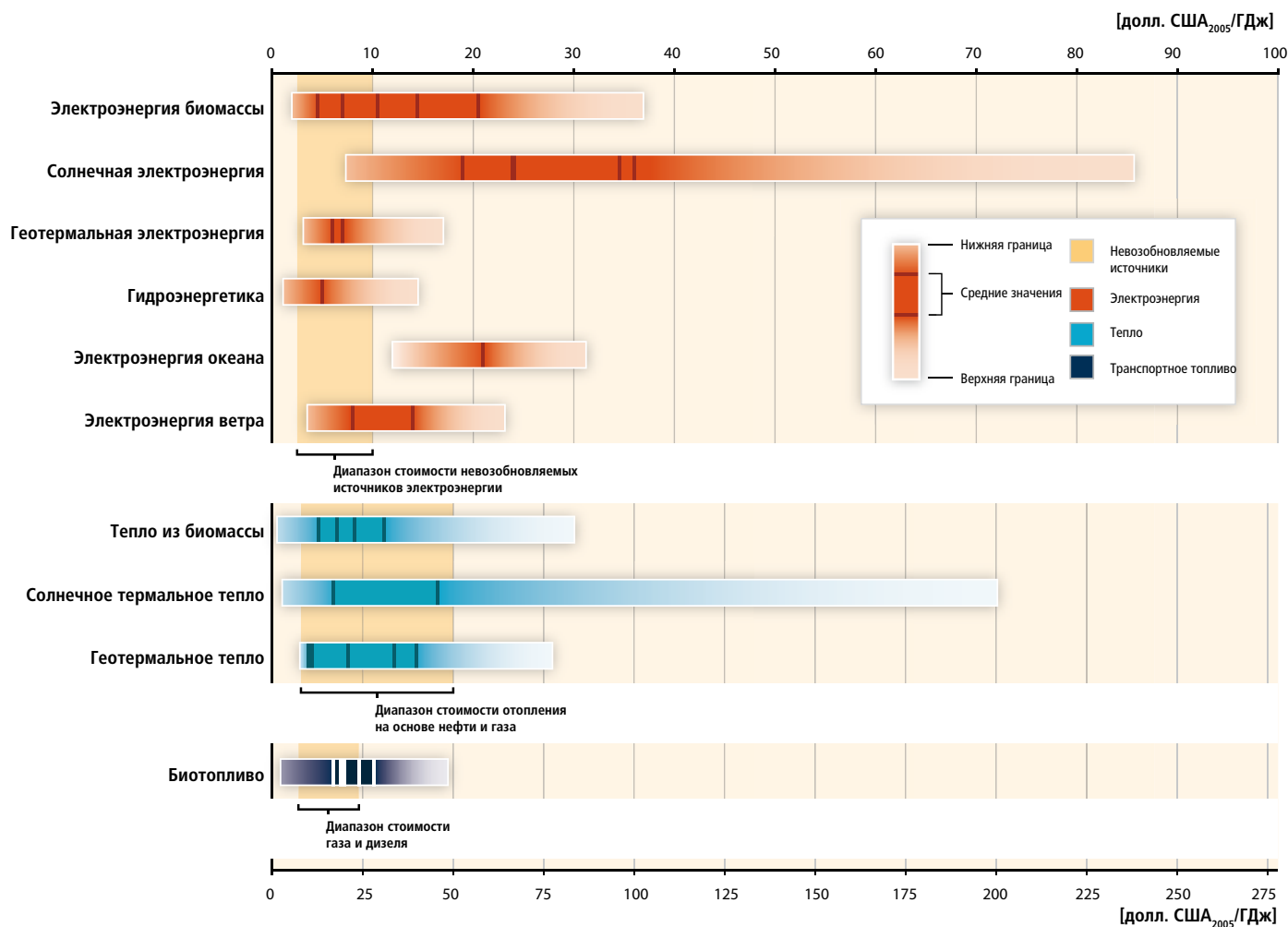
**Нормированная стоимость энергии<sup>8</sup> для многих технологий ВИЭ в настоящее время выше существующих цен на энергию, хотя в некоторых случаях ВИЭ уже являются экономически конкурентоспособными.** Диапазоны нормированной стоимости энергии для отдельно взятых коммерчески доступных технологий ВИЭ широки, в зависимости от ряда факторов, включая, среди прочего, технологические характеристики, региональные колебания стоимости и производительности, а также различные льготные тарифы (рисунок РП.5). [1.3.2, 2.3, 2.7, 3.8, 4.8, 5.8, 6.7, 7.8, 10.5, приложение III] Некоторые технологии ВИЭ вполне конкурентоспособны с существующими рыночными ценами на энергоносители. Многие другие технологии ВИЭ могут обеспечивать конкурентоспособное энергоснабжение в определенных обстоятельствах, например, в регионах с благоприятными условиями ресурсов или с отсутствием инфраструктуры для других видов недорогого энергоснабжения. В большинстве регионов мира политические меры по-прежнему необходимы для обеспечения ускоренного применения многих ВИЭ. [2.3, 2.7, 3.8, 4.7, 5.8, 6.7, 7.8, 10.5]

Перевод в денежное выражение внешних расходов на энергоснабжение позволил бы повысить относительную конкурентоспособность ВИЭ. То же самое касается, если рыночные цены повысятся по другим причинам (рисунок РП.5). [10.6] Нормированная стоимость энергии для той или иной технологии – не единственный фактор, определяющий ее значимость или экономическую конкурентоспособность. Привлекательность конкретного варианта энергоснабжения также зависит от более широких экономических, экологических и социальных аспектов, а также от вклада, который технология вносит в обеспечение соответствующего энергоснабжения (например, пиковый спрос на электроэнергию) или налагает в виде дополнительных расходов на энергетическую систему (например, расходы на интеграцию). [8.2, 9.3, 10.6]

**Стоимость большинства технологий ВИЭ снизилась, и ожидаемые новые технические достижения повлекут за собой дальнейшее снижение их стоимости.** За последние десятилетия произошел значительный прогресс в области развития технологий ВИЭ и связанное с ним долгосрочное снижение стоимости, хотя наблюдались и периоды повышения цен (вследствие, например, превышения спроса на ВИЭ над имеющимся предложением) (рисунок РП. 6). Доля различных благоприятных факторов (например, НИОКР, экономия от увеличения масштаба производства, обучение применению технологий и увеличение конкуренции на рынке среди поставщиков возобновляемой энергии) не всегда до конца поняты. [2.7, 3.8, 7.8, 10.5] Ожидается дальнейшее снижение стоимости, ведущее к повышению уровня потенциального применения технологий и, следовательно, к смягчению воздействий на изменение климата. Примерами важных областей потенциального технологического прогресса являются: новые и усовершенствованные системы производства и поставки сырья, биотопливо, полученное с использованием новых процессов (также называемое биотопливом следующего поколения или передовым биотопливом, например, лигноцеллюлозное биотопливо) и передовой биорефайнинг [2.6]; передовые технологии и процессы производства фотоэлементов и КСЭ [3.7]; усовершенствованные геотермальные системы (УГС) [4.6]; появляющиеся разнообразные технологии использования энергии океана [6,6], а также конструкции оснований и турбины для прибрежной ветроэнергетики [7.7]. Дальнейшее сокращение затрат на гидроэнергетику, как ожидается, будет менее значительным, чем на некоторые другие технологии ВИЭ, хотя вместе с тем существуют возможности проведения НИОКР, с тем чтобы сделать гидроэнергетические проекты технически осуществимыми в более широкой географии местоположений и улучшить технические характеристики новых и существующих проектов [5.3, 5.7 5,8].

**Возможно, предстоит решать различные задачи, связанные с конкретными технологиями (помимо стоимости), с тем чтобы значительно расширить вклад ВИЭ в сокращение выбросов парниковых газов.** Что касается увеличения и устойчивого использования биоэнергии, надлежащее проектирование, внедрение и мониторинг устойчивости структур смогут свести к минимуму негативные воздействия и максимально увеличить выгоды в части социальных, экономических и экологических вопросов [РП.5, 2.2, 2.5, 2.8]. Что касается солнечной энергии, ее применению могут препятствовать как нормативные и институциональные барьеры, так и проблемы интеграции и передачи [3.9]. Что касается геотермальной энергии, важная задача будет заключаться в том, чтобы показать, что усовершенствованные геотермальные системы (УГС) можно внедрить экономичным, устойчивым и широкомасштабным образом [4.5, 4.6, 4.7, 4.8]. Новые гидроэнергетические проекты могут иметь экологические и социальные последствия, которые сильно зависят от места размещения, и для более широкого освоения могут потребоваться усовершенствованные средства оценки устойчивости, а также региональное и многостороннее сотрудничество для обеспечения потребностей в энергии и воде [5.6, 5.9, 5.10]. В применении энергии океана могут принести пользу испытательные центры для выполнения показательных проектов, а также целенаправленная политика и нормативы, способствующие ее скорейшему применению [6.4]. Что касается ветровой энергии, технические и институциональные решения по преодолению ограничений в ее передаче, и так же проблем оперативной интеграции могут представлять особую важность, как и вопросы общественного признания, касающиеся, прежде всего, последствий для ландшафта. [7.5, 7.6, 7.9]

<sup>8</sup> Нормированная стоимость энергии определяется как стоимость системы производства энергии за период ее существования; она рассчитывается как удельная цена за расчетную единицу, по которой энергия должна производиться из конкретного источника за период ее существования, чтобы выйти на уровень безубыточности. Она обычно включает все частные расходы на разведку и добычу в производственно-сбытовой цепи, но не включает расходы на доставку продукции конечному потребителю; стоимость интеграции или внешние издержки, связанные с охраной окружающей среды и другие расходы. Субсидии и налоговые льготы также не включены.



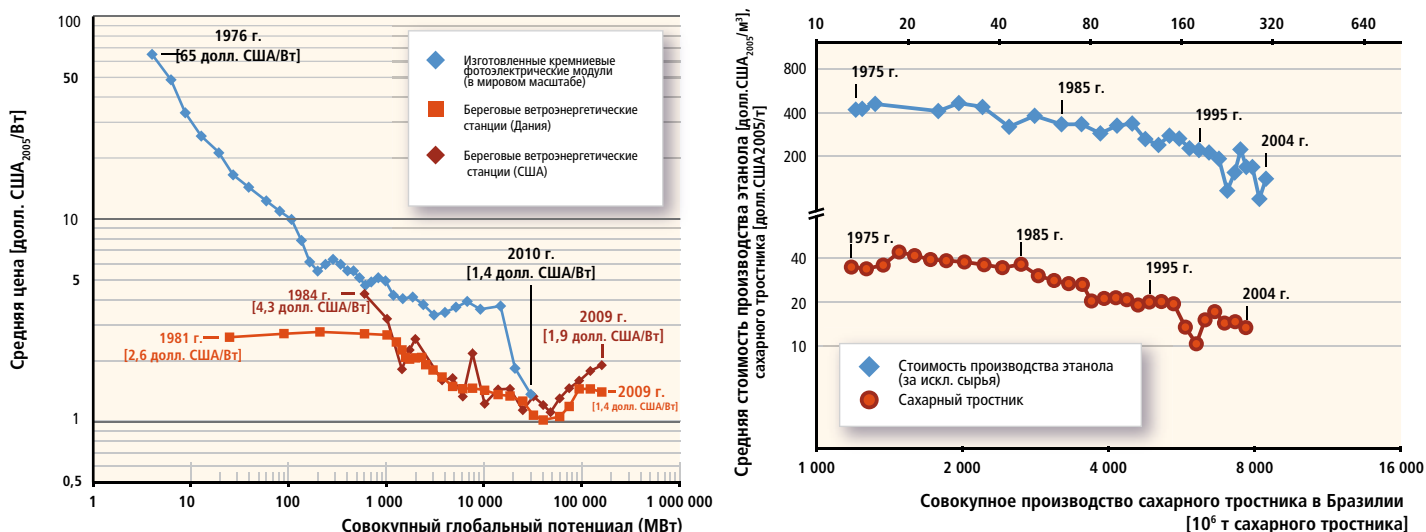
Примечание: Средние значения показаны для следующих подкатегорий, распределенных в порядке, в котором они появляются в соответствующих диапазонах (слева направо):

Электроэнергия	Тепло	Транспортное топливо
<p><b>Биомасса:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Совместное сжигание</li> <li>Мелкомасштабное комбинированное производство тепла и энергии, ТЭЦ (газовый двигатель внутреннего сгорания)</li> <li>Специализированная котельная установка, работающая только на газу, и ТЭЦ</li> <li>Малая ТЭЦ (паровая турбина)</li> <li>Малая ТЭЦ (органический цикл Ренкина)</li> </ol> <p><b>Солнечная электроэнергия:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Концентраторы солнечной энергии</li> <li>Фотоэлементы коммунального масштаба (однокоординатные и с фиксированным положением)</li> <li>Коммерческие фотоэлементы для установки на крыше</li> <li>Фотоэлементы бытового назначения для установки на крыше</li> </ol> <p><b>Геотермальная электроэнергия:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Конденсирующая установка мгновенного действия</li> <li>Установка бинарного цикла</li> </ol> <p><b>Гидроэнергетика:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Все типы</li> </ol> <p><b>Электроэнергия океана:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Приливная плотина</li> </ol> <p><b>Электроэнергия ветра:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Наземная</li> <li>Прибрежная</li> </ol>	<p><b>Тепло из биомассы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ТЭЦ на основе бытовых твердых отходов</li> <li>ТЭЦ на основе анаэробной переработки</li> <li>ТЭЦ с паровой турбиной</li> <li>Бытовая система отопления на основе гранулированной биомассы</li> </ol> <p><b>Солнечное тепло:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Бытовые системы горячего водоснабжения в Китае</li> <li>Нагрев воды и отопление помещений</li> </ol> <p><b>Геотермальное тепло:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Теплицы</li> <li>Открытые пруды с аквакультурой</li> <li>Районное теплоснабжение</li> <li>Геотермальные тепловые насосы</li> <li>Геотермальное отопление зданий</li> </ol>	<p><b>Биотопливо:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Этанол из кукурузы</li> <li>Биодизель из сои</li> <li>Этанол из пшеницы</li> <li>Этанол из сахарного тростника</li> <li>Биодизель из пальмового масла</li> </ol>

Нижний диапазон нормированной стоимости энергии для каждой технологии ВИЭ основан на комбинации наиболее благоприятных входных значений, в то время как верхний диапазон основан на комбинации наименее благоприятных входных значений. Принятые диапазоны на рисунке для вариантов невозобновляемых источников электроэнергии указывают на нормированную стоимость централизованного производства электроэнергии из невозобновляемых источников. Принятые диапазоны для тепла указывают на нынешнюю стоимость вариантов теплоснабжения на основе нефти и газа. Принятые диапазоны для транспортного топлива основаны на современных ценах на неочищенную нефть в размере 40-130 долл. США за баррель и на соответствующих ценах на дизель и бензин, за исключением налогов.

**Рисунок РП.5 | Диапазон современной нормированной стоимости энергии для отдельно взятых коммерчески доступных технологий ВИЭ в сравнении с современными ценами на энергию из невозобновляемых источников.** Для данного рисунка были агрегированы подкатегории технологий и льготные тарифы. Для рассмотрения соответствующих рисунков с меньшей степенью или отсутствием такого рода агрегирования см. [1.3.2, 10.5, приложение III].

(a)



**Рисунок РП.6** | Выбранные кривые освоения производства в логарифмическом масштабе для (а) цен на кремниевые фотоэлектрические модули и береговые ветроэнергетические станции на единицу мощности и (б) стоимости производства этанола на основе сахарного тростника [данные рисунка 3.17, 3.8.3, рисунка 7.20, 7.8.2 и рисунка 2.21, 2.7.2].

Примечания: В зависимости от условий сокращения расходов могут происходить в различных географических масштабах. Приведенные здесь примеры на страновом уровне взяты из опубликованной литературы. Никакие глобальные наборы данных о ценах или расходах на ветроэнергетические станции не являются общедоступными. Когда происходят улучшения показателей, снижение стоимости или цены на технологию на единицу мощности недооценивает снижение номинированной стоимости энергии данной технологии, [7.8.4, 10.5].

## 4. Интеграция в существующие и будущие энергетические системы

Различные ресурсы возобновляемой энергии уже успешно интегрируются в системы энергоснабжения [8.2] и сектора конечных потребителей [8.3] (рисунок РП.7).

Характерные особенности различных видов ВИЭ могут влиять на масштаб проблемы интеграции. Некоторые ресурсы возобновляемой энергии географически широко распространены. Другие ресурсы, например, крупномасштабная гидроэнергетика, могут быть более централизованы, но варианты их интеграции сдерживаются географическим месторасположением. Некоторые ресурсы возобновляемой энергии имеют изменчивую природу и характеризуются ограниченной предсказуемостью. Некоторые из них имеют более низкую физическую энергетическую плотность и другие технические спецификации по сравнению с ископаемым топливом. Такие характерные особенности могут ограничивать легкую интеграцию и повлечь за собой дополнительные системные издержки, особенно при достижении большей доли возобновляемой энергии. [8.2]

Ускоренная интеграция ВИЭ в большинство существующих систем энергоснабжения и в сектора конечных потребителей, ведущая к увеличению доли возобновляемой энергии, технологически возможна, хотя и приведет к возникновению ряда дополнительных проблем. Увеличение доли ВИЭ ожидается в рамках всего портфеля технологий с низкими выбросами парниковых газов [10.3, таблицы 10.4-10.6]. Будь то электроэнергия, отопление, охлаждение, газообразное или жидкое топливо, включая интеграцию непосредственно в сектора конечных потребителей, задачи интеграции ВИЭ носят контекстуальный характер и зависят от конкретного участка и предусматривают упорядочивание существующих систем энергоснабжения [8.2, 8.3].

Стоимость и проблемы интегрирования возрастающей доли ВИЭ в существующие системы энергоснабжения зависят от текущей доли ВИЭ, доступности и характерных особенностей ресурсов возобновляемой энергии, системных характеристик и от того, как система эволюционирует и развивается в будущем.

- Возобновляемая энергия может быть интегрирована во все типы электрических систем, от крупных взаимосвязанных сетей континентального масштаба [8.2.1] вплоть до небольших автономных систем и отдельных зданий [8.2.5]. Соответствующие системные характеристики включают структуру генерирующих мощностей и ее гибкость, сетевую инфраструктуру, модели энергетического рынка и институциональные нормы, локализацию спроса, профили спроса, а также возможности



**Рисунок РП.7** | Пути интеграции ВИЭ для обеспечения энергоуслуг либо в системы энергоснабжения, или на местах для использования секторами конечных потребителей. [рисунок 8.1, 8.1]

регулирования и коммуникации. Ветер, солнечную фотоэлектрическую энергию и КСЭ без хранения, возможно, сложнее интегрировать, чем регулируемую диспетчером<sup>9</sup> гидроэнергию, биоэнергию, КСЭ с хранением и геотермальную энергию.

По мере того как проникновение на рынок изменчивых ВИЭ увеличивается, поддержание системной надежности может стать более сложной и дорогостоящей задачей. Наличие портфеля взаимодополняющих технологий ВИЭ представляется одним из решений проблемы снижения рисков и стоимости интеграции ВИЭ. Другие решения включают развитие комплементарной гибкой генерации и более гибкое функционирование существующих схем; усовершенствование инструментов краткосрочного прогнозирования, эксплуатации системы и планирования; спрос на электроэнергию, который может соответствовать наличию предложения; технологии хранения энергии (в том числе гидроэнергии), а также модификация институциональных механизмов. Инфраструктура передачи электроэнергии по сетям (в том числе между системами) и/или распределение электроэнергии, возможно, должна быть укреплена и расширена, частично из-за географического распределения и фиксированных отдаленных мест нахождения многих ресурсов возобновляемой энергии. [8.2.1]

- **В системах централизованного теплоснабжения** может использоваться низкотемпературная тепловая мощность ВИЭ, например, солнечная и геотермальная энергия или биомасса, в том числе источники с несколькими альтернативными видами применений, такие как топливо из отходов. В централизованных системах охлаждения могут использоваться естественные холодные водотоки. Теплоаккумулирующая емкость и гибкое производство электрической и тепловой энергии могут решать задачи, связанные с колебанием спроса и предложения, а также обеспечивать регулирование спроса на системы электроэнергии. [8.2.2]

<sup>9</sup> Электростанции, на которых генерирование электроэнергии может планироваться в требуемых объемах и в нужное время относятся к управляемым диспетчером электростанциям [8.2.1.1, приложение I]. Технологии на основе изменчивых ВИЭ относятся к частично управляемым диспетчером технологиям (то есть только тогда, когда ресурс возобновляемой энергии доступен). Установки КСЭ классифицируются как управляемые диспетчером станции, когда тепло аккумулируется для использования в ночное время или в периоды недостаточного солнечного освещения.

- *В газораспределительных сетях* подача биометана или, в будущем, полученного из ВИЭ водорода и синтетического природного газа, может быть обеспечена для широкого круга применений, однако для успешной интеграции требуется соблюдение соответствующих стандартов качества газа и модернизация трубопроводов, в случае необходимости. [8.2.3]
- *Жидкотопливные системы* могут интегрировать биотопливо для применений на транспорте или для приготовления пищи и отопления. Чистое (100 %) биотопливо или еще чаще биотопливо, смешанное с топливом на основе нефти, обычно должно удовлетворять техническим стандартам в соответствии со спецификациями топлива для автомобильных двигателей. [8.2.4, 8.3.1]

**Существует несколько путей увеличения доли ВИЭ во всех секторах конечных потребителей. Степень легкости интеграции варьируется в зависимости от региона, характерных особенностей, присущих сектору и технологии.**

- Для *транспорта* жидкое и газообразное биотопливо уже интегрированы и, как ожидается, будут продолжать вводиться в системы топливоснабжения все большего числа стран. Варианты интеграции могут включать децентрализацию локального или централизованного производства водорода из ВИЭ для транспортных средств на топливных элементах и электричества из ВИЭ для рельсовых и электрических транспортных средств [8.2.1, 8.2.3] в зависимости от развития инфраструктуры и транспортных технологий. [8.3.1] Будущий спрос на электрические транспортные средства может также расширить применение гибких систем производства электроэнергии. [8.2.1, 8.3.1]
- В *строительном секторе* технологии ВИЭ могут включаться как в новые, так и в существующие структуры для производства электроэнергии, отопления и охлаждения. Возможны поставки избыточной энергии, особенно для энергоэффективных строительных проектов. [8.3.2] В развивающихся странах интеграция систем снабжения возобновляемой энергией возможна даже для скромных жилых строений. [8.3.2, 9.3.2]
- Сельское хозяйство, а также перерабатывающие *отрасли* пищевой и текстильной промышленности часто используют биомассу для удовлетворения спроса на тепло и электроэнергию непосредственно на местах. Они также могут являться чистыми экспортёрами избыточного топлива, тепла и электроэнергии в близлежащие системы энергоснабжения [8.3.3, 8.3.4]. Увеличение интеграции ВИЭ для использования в промышленности является одним из вариантов в нескольких подсекторах, например, с применением электротепловых технологий или, в более долгосрочной перспективе, с применением водорода из ВИЭ. [8.3.3]

**Затраты, связанные с интеграцией ВИЭ, будь то электроэнергия, отопление, охлаждение, газообразное или жидкое топливо, зависят от условий, конкретных участков и, как правило, их трудно определить.** Они могут включать дополнительные расходы на инвестиции в сетевую инфраструктуру, на эксплуатацию систем и убытки, а также на другие изменения в существующих системах энергоснабжения при необходимости. Литературы, посвященной затратам на интеграцию, мало, а оценки часто отсутствуют или сильно разнятся.

**Для того чтобы повысить долю возобновляемой энергии, энергосистемы необходимо развивать и адаптировать.** [8.2, 8.3]. Долгосрочные усилия по интеграции могут предусматривать инвестиции в вспомогательную инфраструктуру; модификацию институциональных и управленческих структур; уделение внимания социальным аспектам, рынкам и планированию, а также наращивание потенциала в преддверии роста доли ВИЭ. [8.2, 8.3] Кроме того, интеграция менее технически разработанных технологий, включая биотопливо, полученное с помощью новых процессов (также называемое передовым биотопливом или биотопливом следующего поколения), топливо, полученное из солнечной энергии, солнечная система охлаждения, технологии использования энергии океана, топливные элементы и электрические транспортные средства, потребуют постоянного вложения инвестиций в исследования, разработки и демонстрационный показ (НИОКДР), наращивание потенциала и другие меры поддержки. [2.6, 3.7, 11.5, 11.6, 11.7]

ВИЭ могут сформировать будущие системы энергоснабжения и конечного потребления, в частности, электроэнергию, которая, как ожидается, достигнет на глобальном уровне более высокой доли среди ВИЭ раньше, чем сектора теплоснабжения или транспортного топлива [10.3]. Параллельная разработка электрических транспортных средств [8.3.1], увеличение обогрева и охлаждения с помощью электроэнергии (включая тепловые насосы) [8.2.2, 8.3.2, 8.3.3], гибкое регулирование спроса (включая использование интеллектуальных счетчиков) [8.2.1], технологии аккумулирования энергии и другие технологии могут быть связаны с этой тенденцией.

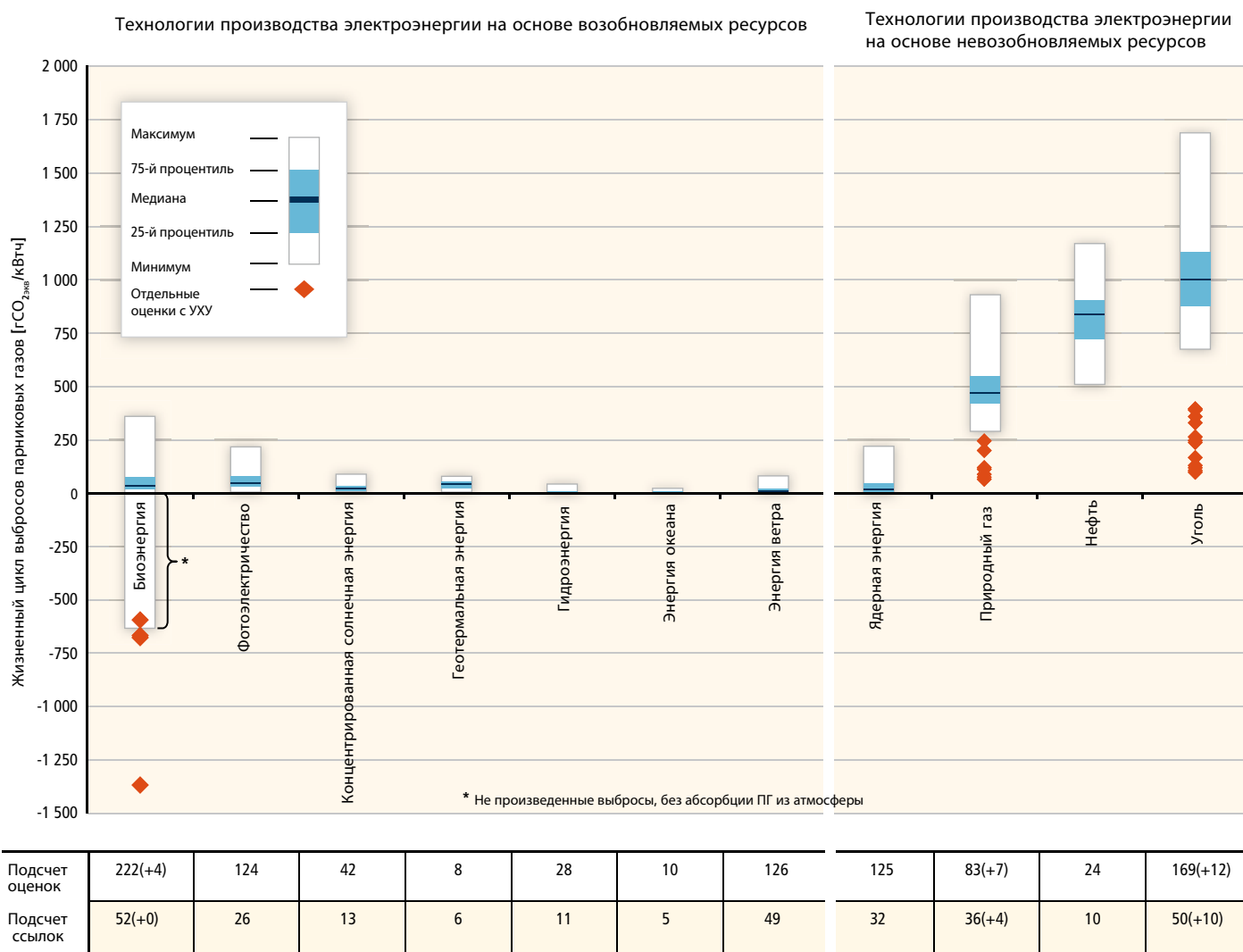
По мере того как инфраструктура и энергетические системы, несмотря на сложности, развиваются, почти не существует принципиальных технологических ограничений на формирование набора технологий ВИЭ для удовлетворения большей части совокупного спроса на энергию в тех местах, где есть или куда могут поставляться соответствующие ресурсы возобновляемой энергии. Тем не менее фактический уровень интеграции и достигнутая в результате доля возобновляемой энергии будут зависеть от таких факторов, как затраты, политика, экологические вопросы и социальные аспекты. [8.2, 8.3, 9.3, 9.4, 10.2, 10.5]

## 5. Возобновляемые источники энергии и устойчивое развитие

Исторически сложилось так, что экономическое развитие тесно связано с увеличением потребления энергии и ростом выбросов парниковых газов, а возобновляемая энергия может помочь нарушить это соотношение, содействуя устойчивому развитию (УР). Хотя конкретный вклад ВИЭ в УР должен оцениваться в контексте отдельных стран, ВИЭ открывают возможности для содействия социально-экономическому развитию, доступу к энергии, передовому энергоснабжению, смягчению воздействий на изменение климата и снижению негативных воздействий на окружающую среду и здоровье человека. [9.2] Обеспечение доступа к передовому энергоснабжению будет содействовать достижению целей в области развития, сформулированных в Декларации тысячелетия. [9.2.2, 9.3.2]

- **ВИЭ могут содействовать социально-экономическому развитию.** При благоприятных условиях экономия затрат по сравнению с использованием невозобновляемых источников энергии существует, в особенности, в отдаленных и в бедных сельских районах, в которых отсутствует централизованный доступ к энергии. [9.3.1, 9.3.2.] Расходы, связанные с импортом энергии во многих случаях можно сократить путем развертывания национальных технологий ВИЭ, которые уже являются конкурентоспособными. [9.3.3] ВИЭ могут оказать положительное влияние на создание рабочих мест, хотя имеющиеся исследования разнятся в части, касающейся величины чистой занятости. [9.3.1]
- **ВИЭ могут помочь ускорить доступ к энергии, особенно для 1,4 миллиарда людей, не имеющих доступа к электроэнергии, и еще для 1,3 миллиарда людей, использующих традиционную биомассу.** Базовые уровни доступа к современному энергоснабжению могут принести значительные выгоды сообществу или домашнему хозяйству. Во многих развивающихся странах децентрализованные сети на основе возобновляемой энергии и включение ВИЭ в централизованные энергосети расширили и улучшили доступ к энергии. Кроме того, неэлектрические технологии ВИЭ также открывают возможности для модернизации систем энергоснабжения, например, использование солнечной энергии для нагрева воды и сушки сельскохозяйственных продуктов, биотоплива для транспорта, биогаза и современной биомассы для отопления, охлаждения, приготовления пищи и освещения, а также ветра для перекачивания воды. [9.3.2, 8.1] Число людей, не имеющих доступа к современному энергоснабжению, как ожидается, останется неизменным, пока не будет реализована соответствующая внутренняя политика, которая в случае необходимости может быть поддержана или дополнена международной помощью. [9.3.2, 9.4.2]
- **Возможности ВИЭ могут содействовать более безопасному энергоснабжению, хотя необходимо учитывать характерные проблемы интеграции.** Применение ВИЭ может снизить уязвимость к перебоям с поставками энергии и нестабильности рынка, если конкуренция увеличится, а источники энергии будут диверсифицированы. [9.3.3, 9.4.3] Итоги исследований сценариев указывают на то, что обеспокоенности относительно безопасного энергоснабжения могут сохраняться и в будущем без технологических улучшений в транспортном секторе. [2.8, 9.4.1.1, 9.4.3.1, 10.3] Изменяемые профили выходной мощности некоторых технологий ВИЭ нередко требуют принятия технических и организационных мер с учетом локальных условий для гарантированного обеспечения надежности энергоснабжения. [8.2, 9.3.3]
- **Помимо снижения выбросов ПГ технологии ВИЭ могут обеспечивать другие важные экологические выгоды. Максимальное увеличение этих выгод зависит от конкретной технологии, управления и характерных особенностей места, связанных с каждым проектом по ВИЭ.**
- **Оценки жизненного цикла (ОЖЦ) выработки электроэнергии показывают, что выбросы ПГ от технологий ВИЭ в целом значительно ниже, чем выбросы, связанные с использованием ископаемых видов топлива и, при определенных условиях, ниже, чем выбросы от ископаемого топлива с использованием УХУ.** Средние значения для всех ВИЭ колеблются от 4 до 46 г эквивалента CO<sub>2</sub>/кВтч, а средние значения для ископаемого топлива колеблются от 469 до 1001 г эквивалента CO<sub>2</sub>/кВтч (за исключением выбросов в результате изменений в землепользовании) (рисунок РП.8).

- Большинство современных биоэнергетических систем, включая жидкое биотопливо, приводят к сокращению выбросов ПГ, и большая часть биотоплива, полученного с помощью новых процессов (также называемого передовым биотопливом или биотопливом следующего поколения), может обеспечить более значительное смягчение последствий выбросов ПГ. На баланс ПГ могут воздействовать изменения в землепользовании и связанные с этим выбросы и абсорбции. Биоэнергетика может привести к тому, что выбросы парниковых газов от остатков и отходов на свалках и побочных продуктов производиться не будут; сочетание биоэнергетики с УХУ может обеспечить дальнейшее сокращение (см. рисунок РП.8). Последствия выбросов ПГ, связанных с изменениями в накоплениях углерода в результате землеустройства и землепользования, имеют значительные неопределенности. [2.2, 2.5, 9.3.4.1]



**Рисунок РП.8** | Оценки жизненного цикла выбросов ПГ ( $гCO_{2экв}/кВтч$ ) для широких категорий технологий производства электроэнергии, а также некоторых технологий, сопряженных с УХУ. Чистые изменения в накоплениях углерода в связи с землепользованием (в основном, применительно к биоэнергии и гидроэнергии из водохранилищ) и последствия землепользования исключены; отрицательные оценки<sup>10</sup> для биоэнергии основаны на допущениях в отношении не произведенных выбросов от остатков и отходов на свалках и побочных продуктов. Ссылки и методы проведения обзора приводятся в приложении II. Количество оценок больше, чем количество ссылок, потому что во многих исследованиях рассматривались несколько сценариев. Цифры, приведенные в круглых скобках, относятся к дополнительным ссылкам и оценкам, которые характеризуют технологии с УХУ. Распределительная информация относится к оценкам, представленным в настоящее время в литературе, посвященной ОЖЦ, не обязательно к основным теоретическим и практическим экстремумам или фактической центральной тенденции при рассмотрении всех условий применения. [рисунок 9.8, 9.3.4.1]

<sup>10</sup> «Отрицательные оценки» в терминологии оценок жизненного цикла, представленные в СДВИЭ, означают произведенные выбросы. В отличие от биоэнергетики в сочетании с УХУ произведенные выбросы не абсорбируют парниковые газы из атмосферы.



- **Устойчивость биоэнергетики, в частности с точки зрения жизненного цикла выбросов ПГ, зависит от практики управления земельными ресурсами и ресурсами биомассы.** По данным значительного числа исследований изменения в земле- и лесопользовании или земле- и лесоустройстве могут быть вызваны прямо или косвенно производством биомассы для использования в качестве топлива, электроэнергии или тепла. Они могут уменьшить или увеличить земные накопления углерода. Эти же исследования показывают, что косвенные изменения в земных накоплениях углерода имеют значительные неопределенности, не поддаются непосредственному наблюдению, их сложно смоделировать и трудно объяснить какой-то одной причиной. Надлежащее управление землепользованием, зонирование и выбор систем производства биомассы являются ключевыми факторами для лиц, определяющих политику. [2.4.5, 2.5.1, 9.3.4, 9.4.4] Необходимо, чтобы меры политического характера, которые направлены на обеспечение того, чтобы выгоды от биоэнергетики, например, развитие сельских районов, общее улучшение сельскохозяйственного управления и содействие смягчению воздействий на изменение климата, были реализованы; оценка их эффективности не дана. [2.2, 2.5, 2.8]
- **Технологии ВИЭ, в частности, варианты, не связанные со сгоранием, могут обеспечить выгоды по отношению к загрязнению воздуха и связанных с этим проблем со здоровьем человека.** [9.3.4.3, 9.4.4.1] Улучшение использования традиционной биомассы может значительно сократить локальные загрязнения воздуха и загрязнение воздуха в помещениях (наряду с выбросами парниковых газов, обезлесением и деградацией лесов) и снизить связанные с этим воздействия на здоровье человека, особенно женщин и детей в развивающихся странах [2.5.4, 9.3.4.4].
- **Водообеспеченность может повлиять на выбор технологии ВИЭ.** Тепловые электростанции обычного типа с водяным охлаждением могут быть особенно уязвимы к условиям дефицита воды и изменению климата. В тех районах, где нехватка воды уже является проблемой, нетепловые или тепловые технологии ВИЭ с применением сухого охлаждения могут обеспечивать энергоснабжение без дополнительной нагрузки на водные ресурсы. Гидроэнергетика и некоторые биоэнергетические системы зависят от наличия воды и могут либо повысить конкуренцию, либо смягчить последствия недостатка воды. Многие последствия можно смягчить за счет проведения анализа месторасположения участков и комплексного планирования. [2.5.5.1, 5.10, 9.3.4.4]
- **Условия на конкретном участке будут определять степень, до которой технологии ВИЭ влияют на биоразнообразие.** Влияние отдельных ВИЭ на биоразнообразие может быть положительным или отрицательными. [2.5, 3.6, 4.5, 5.6, 6.5, 9.3.4.6]
- **Технологии ВИЭ имеют низкие показатели аварийности.** Вероятность аварии при использовании технологий ВИЭ не являются незначительной, но их зачастую децентрализованная структура сильно ограничивает потенциальную возможность катастрофических последствий с точки зрения человеческих жертв. Тем не менее, плотины, связанные с некоторыми гидроэнергетическими проектами, могут создать определенный риск в зависимости от специфики конкретных участков. [9.3.4.7]

## 6. Потенциал для смягчения воздействий и расходы

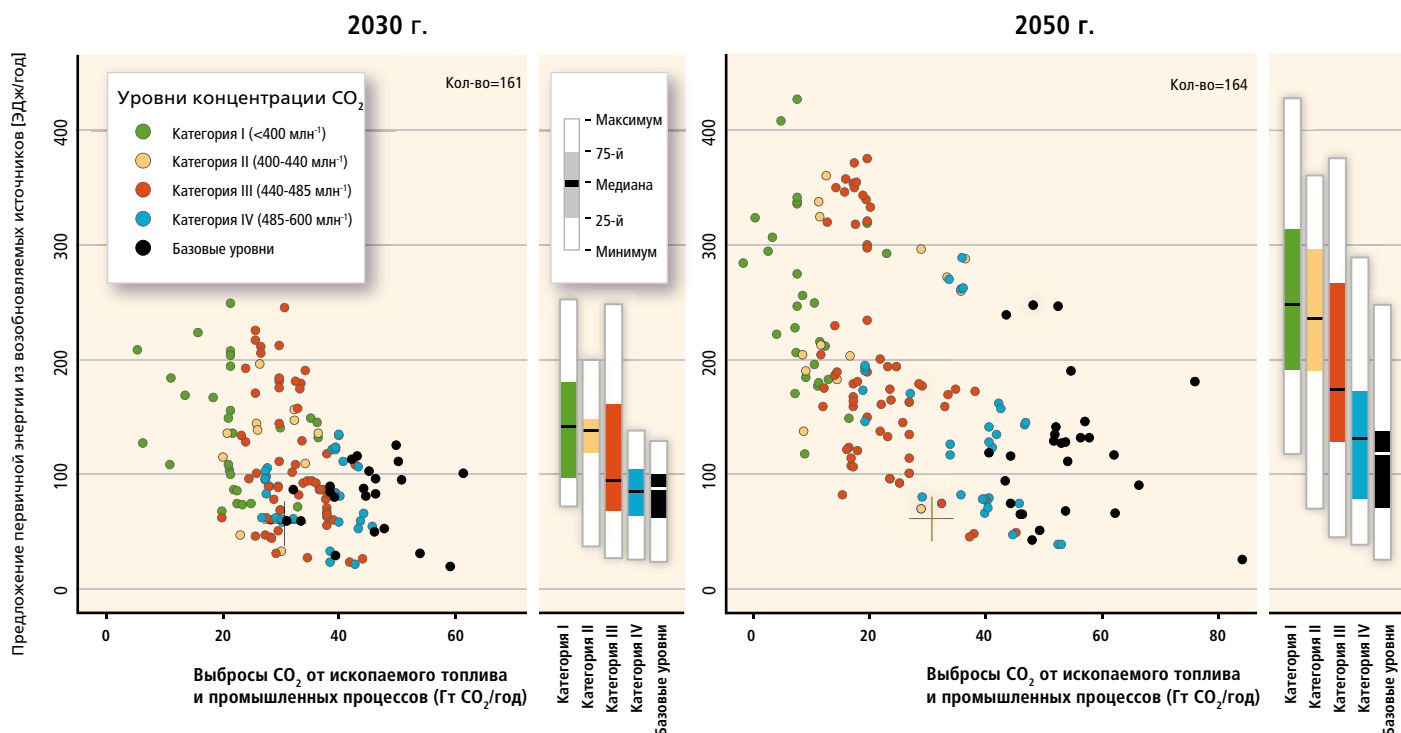
Существенный рост применения ВИЭ к 2030 г., 2050 г. и в последующие годы отмечен в большинстве из 164 сценариев, рассмотренных в настоящем Специальном докладе<sup>11</sup>. В 2008 г. общий объем производства возобновляемой энергии составил примерно 64 ЭДж/год (12,9% от общего предложения первичной энергии), при этом более 30 ЭДж/год пришлось на традиционную биомассу. Более 50 % сценариев предполагают уровень применения ВИЭ в 2050 г. более 173 ЭДж/год, в некоторых случаях достигая уровня более 400 ЭДж/год (рисунок РП.9). Учитывая, что в большинстве сценариев использование традиционной биомассы уменьшается, соответствующий рост уровня производства возобновляемой энергии (за исключением традиционной биомассы) прогнозируется в пределах от порядка трех до более десяти раз. Доля ВИЭ в глобальном предложении первичной энергии существенно различается в сценариях. В большей части сценариев доля ВИЭ составляет более 17 % от предложения первичной энергии в 2030 г. с увеличением до более 27 % в 2050 г. Сценарии с самой высокой долей потребления возобновляемой энергии достигают около 43 % в 2030 г. и 77 % в 2050 г. [10.2, 10.3]

<sup>11</sup> Для этой цели был проведен обзор 164 глобальных сценариев на основе 16 различных крупномасштабных комплексных моделей. Несмотря на то, что данный набор сценариев позволяет дать содержательную оценку неопределенности, эти 164 рассмотренных сценария не представляют собой в полном объеме случайную выборку, подходящую для полноценного статистического анализа, и не во всех случаях дают представление о полном портфеле ВИЭ (например, на настоящий момент энергия океана рассматривается только в немногих сценариях) [10.2.2]. Для более конкретного анализа была использована подгруппа четырех показательных сценариев из этого набора, состоящего из 164 сценариев. Они отображают диапазон от базового сценария без указания конкретных целей смягчения воздействий до трех сценариев, представляющих различные уровни стабилизации CO<sub>2</sub>. [10.3]

Можно ожидать, что доля ВИЭ будет увеличиваться даже в базовых сценариях. Большинство базовых сценариев показывают уровни применения ВИЭ значительно выше уровня 2008 г., равного 64 ЭДж/год, вплоть до 120 ЭДж/год к 2030 г. К 2050 г. во многих базовых сценариях уровни применения ВИЭ достигают более 100 ЭДж/год, а в некоторых случаях - до порядка 250 ЭДж/год (рисунок РП.9). Эти базовые уровни определены на основе целого ряда допущений, включая, например, непрерывное увеличение спроса на энергоснабжение на протяжении столетия, способность ВИЭ содействовать повышению доступа к энергии и, в долгосрочной перспективе, ограниченная доступность ресурсов ископаемого топлива. Другие допущения (например, повышение стоимости и эффективности технологий ВИЭ) представляют технологии ВИЭ экономически все более конкурентоспособными во многих применениях, даже в условиях отсутствия политики в области климата. [10.2]

Освоение ВИЭ значительно увеличивается в сценариях с низким уровнем стабилизации концентрации ПГ. Сценарии с низким уровнем стабилизации ПГ ведут в среднем к более высокому уровню применения ВИЭ по сравнению с базовым уровнем. Тем не менее, для той или иной долгосрочной цели, касающейся концентрации парниковых газов, сценарии предлагают широкий диапазон уровней применения ВИЭ (рисунок РП. 9). В сценариях, которые стабилизируют концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере на уровне менее 440 млн<sup>-1</sup>, средний уровень применения ВИЭ в 2050 г. составляет 248 ЭДж/год (139 ЭДж/год в 2030 г.), а самые высокие уровни достигают 428 ЭДж/год к 2050 г. (252 ЭДж/год в 2030 г.). [10.2]

Многие комбинации вариантов энергоснабжения с низким уровнем выбросов углерода и повышения энергоэффективности могут способствовать снижению уровней концентраций ПГ, при этом в большинстве сценариев ВИЭ становятся преобладающим вариантом энергоснабжения с низким уровнем выбросов углерода к 2050 г. Такой широкий диапазон результатов получен на основе допущений в отношении таких факторов как развитие технологий ВИЭ (включая биоэнергию с УХУ) и связанные с этим базы ресурсов и затраты; сравнительная привлекательность



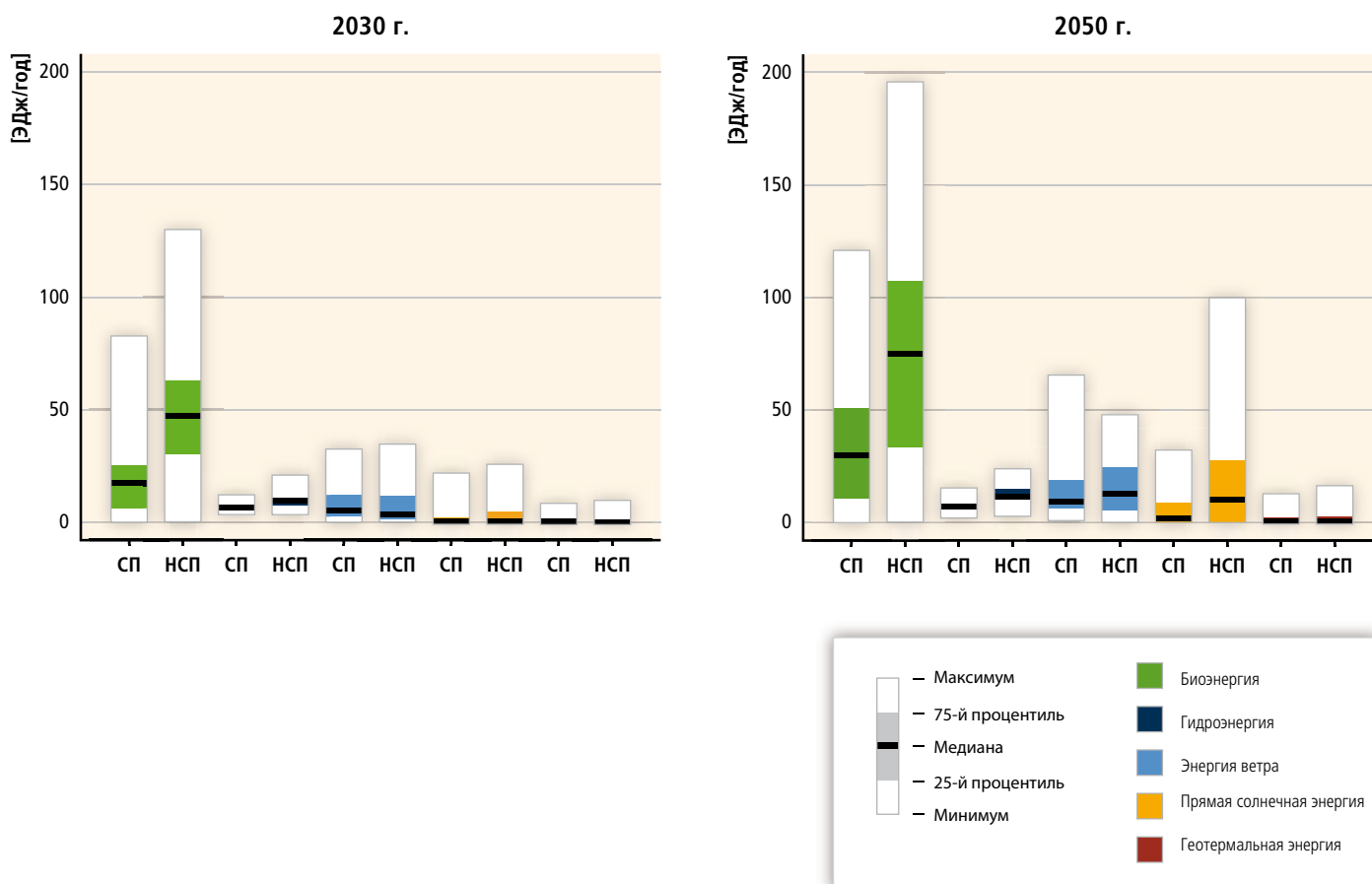
**Рисунок РП.9** | Глобальное предложение первичной возобновляемой энергии (прямой эквивалент) на основе 164 долгосрочных сценариев в сравнении с выбросами CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива и промышленности в 2030 г. и 2050 г. Цветные точки соответствуют категориям уровней стабилизации концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, которые определены сообразно с уровнями, указанными в Д04. Столбцы справа от точечной диаграммы показывают уровни применения ВИЭ в каждой из категорий концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере. Жирная черная линия соответствует медиане, цветные столбцы соответствуют межквартильному диапазону (от 25-го до 75-го перцентиля), а белые столбцы по бокам соответствуют полному диапазону по всем рассмотренным сценариям. Серый крест показывает соотношение в 2007 г. [рисунок 10.2, 10.2.2.2]

Примечания: Для целей представления данных только 161 сценарий включен в показанные здесь результаты на 2030 г. в отличие от полного набора из 164 сценариев. Уровни применения ВИЭ ниже современных являются результатом выходных данных моделей и расхождений в отчетности о традиционной биомассе. Для получения подробной информации об использовании метода «прямого эквивалента» для расчета предложения первичной энергии и надлежащей степени осторожности, необходимой при интерпретации результатов сценариев, см. вставку РП.2. Стоит отметить, что категории V и выше не включены, а категория IV расширена от 570 до 600 млн<sup>-1</sup>, потому что все сценарии стабилизации лежат ниже 600 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> в 2100 г. и самые низкие базовые сценарии достигают уровней концентрации чуть более 600 млн<sup>-1</sup> к 2100 г.

других вариантов смягчения воздействий (например, эффективное использование потребителями конечной энергии, ядерная энергия, ископаемое топливо с УХУ); модели потребления и производства; основные двигатели спроса на энергоснабжение (в том числе будущую численность населения и экономический рост); возможность интеграции изменчивых видов ВИЭ в энергосети; ресурсы ископаемого топлива; конкретные политические методы смягчения воздействий, а также переход выбросов к долгосрочным уровням концентрации. [10.2]

**Обзор сценариев в данном Специальном докладе указывает на то, что ВИЭ обладают большим потенциалом для снижения выбросов ПГ.** Четыре показательных сценария охватывают диапазон глобальной суммарной экономики CO<sub>2</sub> в период между 2010 и 2050 гг. примерно с 220 до 560 Гт CO<sub>2</sub> по сравнению с примерно 1530 Гт суммарных выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива и промышленности в исходном сценарии, приведенном в издании МЭА «Перспективы развития мировой энергетики в 2009 г.», за тот же период. Несомненное придание ВИЭ потенциальных возможностей для смягчения воздействий зависит от роли, которую сценарии придают конкретным технологиям смягчения воздействий, от сложного поведения систем и, в частности, от источников энергии, которые ВИЭ заменяют. Таким образом, однозначное присвоение ВИЭ потенциальных возможностей для смягчения воздействий следует рассматривать с надлежащей степенью осторожности. [10.2, 10.3, 10.4]

**Сценарии в целом указывают на то, что широкомасштабный рост потребления возобновляемой энергии будет происходить по всему миру.** Хотя точное распределение применения ВИЭ в различных регионах значительно варьируется от сценария к сценарию, они совершенно почти все сходятся в указании на широкомасштабный рост применения ВИЭ по всему

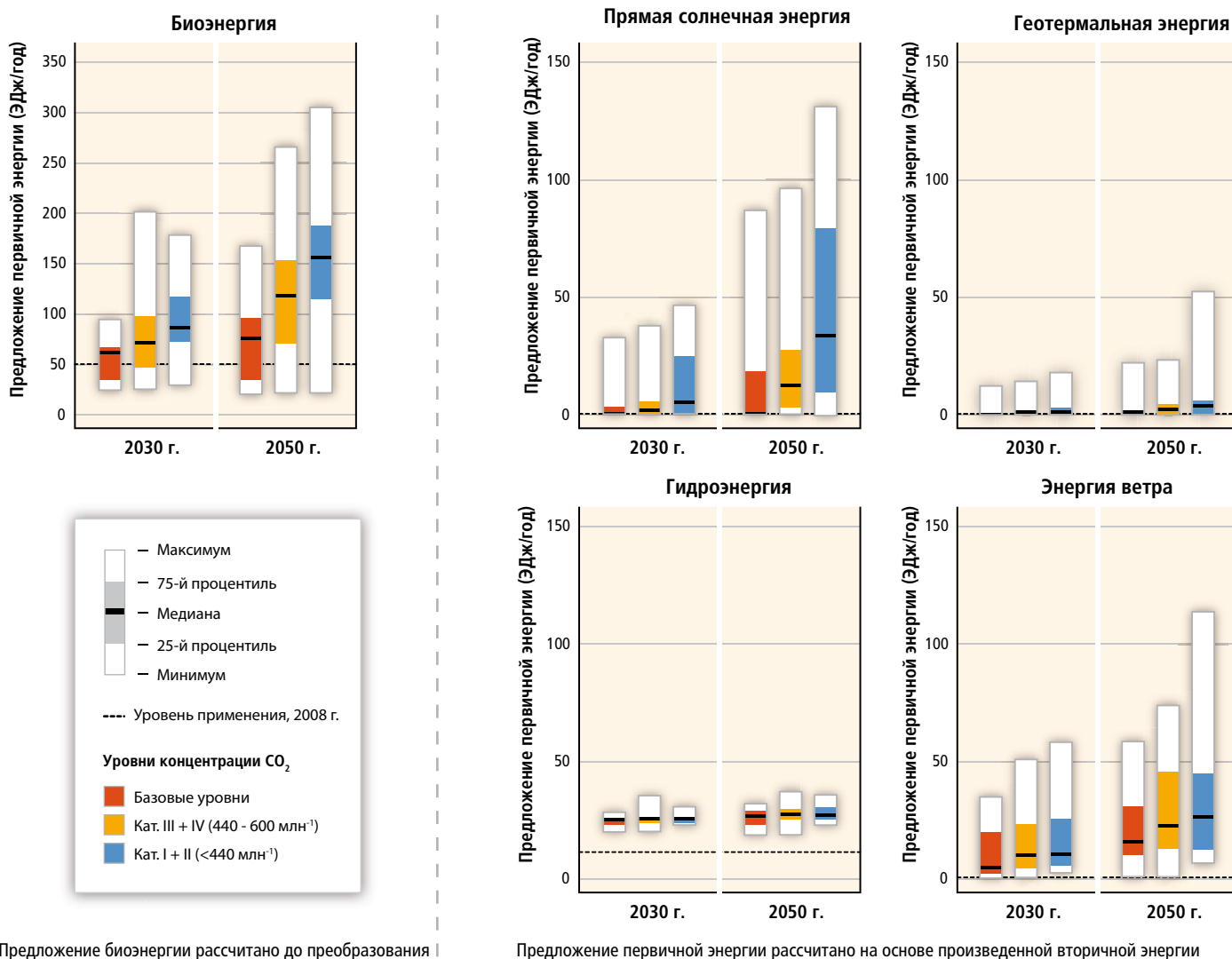


**Рисунок РП.10** | Глобальное предложение первичной энергии из ВИЭ (прямой эквивалент) по источнику в группе стран, включенных в Приложение I (СП), и в группе стран, не включенных в приложение I (НСП), в 164 долгосрочных сценариях к 2030 г. и 2050 г. Жирная черная линия соответствует медиане, цветные столбцы соответствуют межквартильному диапазону (от 25-го до 75-го процентиля), а белые столбцы сбоку соответствуют полному диапазону по всем рассмотренным сценариям. [рисунок 10.8, 10.2.2.5]

Примечания: Для получения подробной информации об использовании метода «прямого эквивалента» для расчета предложения первичной энергии и надлежащей степени осторожности, необходимой в интерпретации результатов сценариев, см. вставку РП.2. В частности, диапазоны вторичной энергии, полученной из биоэнергии, энергии ветра и прямой солнечной энергии, могут рассматриваться с той же сопоставимой величиной в сценариях их более высокого проникновения на рынок в 2050 г. Энергия океана здесь не представлена, поскольку только очень немногие сценарии рассматривают данную технологию использования возобновляемой энергии.

миру. Кроме того, в большинстве сценариев суммарное применение ВИЭ в долгосрочной перспективе выше в группе стран, не включенных в Приложение I<sup>12</sup>, чем в группе стран, включенных в Приложение I. (рисунок РП.10). [10.2, 10.3]

Сценарии не указывают на какую-то одну явно доминирующую технологию ВИЭ на глобальном уровне; кроме того, глобальный общий технический потенциал не ограничивает будущие масштабы применения ВИЭ. Хотя доля технологий ВИЭ варьируется от сценария к сценарию, современная биомасса, энергия ветра и прямая солнечная энергия в большинстве случаев составляют наибольший вклад технологий ВИЭ в энергетическую систему к 2050 г. (рисунок РП.11). Все



**Рисунок РП.11** | Глобальное предложение первичной энергии (прямой эквивалент) из биоэнергии, энергии ветра, прямой солнечной энергии, гидро- и геотермальной энергии в 164 долгосрочных сценариях в 2030 г. и 2050 г., сгруппированное по различным категориям уровня концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, которые определены сообразно с категориями, указанными в Д04. Жирная черная линия соответствует медиане, цветные столбцы соответствуют межквартильному диапазону (от 25-го до 75-го перцентиля), а белые столбцы сбоку соответствуют полному диапазону по всем рассмотренным сценариям. [выдержка из рисунка 10.9, 10.2.2.5]

Примечания: Для получения подробной информации об использовании метода «прямого эквивалента» для расчета предложения первичной энергии и надлежащей степени осторожности, необходимой в интерпретации результатов сценариев, см. вставку РП.2. В частности, диапазоны вторичной энергии, полученной из биоэнергии, энергии ветра и прямой солнечной энергии, могут рассматриваться с той же сопоставимой величиной в сценариях их более высокого проникновения на рынок в 2050 г. Энергия океана здесь не представлена, поскольку только очень немногие сценарии рассматривают данную технологию ВИЭ. Стоит отметить, что категории V и выше не включены, а категория IV расширена с 570 до 600 млн<sup>-1</sup>, потому что все сценарии стабилизации лежат ниже уровня 600 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> в 2100 г. и потому что самые низкие базовые сценарии достигают уровней концентрации чуть более 600 млн<sup>-1</sup> к 2100 г.

12 Термины «включенные в Приложение I» и «не включенные в Приложение I» относятся к странам из категорий, которые взяты из Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИКООН).

прошедшие оценки сценарии подтверждают, что технический потенциал не будет ограничивающим фактором для расширения применения ВИЭ в глобальном масштабе. Несмотря на значительные технологические и региональные расхождения, в четырех показательных сценариях используется менее 2,5 % глобального доступного технического потенциала ВИЭ. [10.2, 10.3]

**Отдельные исследования указывают на то, что если применение ВИЭ ограничено, затраты на смягчение воздействий увеличиваются и стабилизация низкой концентрации ПГ может быть не достигнута.** В ряде исследований проводился анализ чувствительности сценариев, которая допускает ограничения на применение отдельных вариантов смягчения воздействий, включая ВИЭ, а также ядерную энергию и ископаемые источники энергии с УХУ. Нет единства мнений относительно точного объема увеличения расходов. [10.2]

**Переход к экономике с низким уровнем выбросов ПГ и с более высокой долей использования возобновляемой энергии подразумевает увеличение инвестиций в технологии и инфраструктуру.** Четыре показательных сценария, подробно проанализированных в СДВИЭ, оценивают глобальные совокупные инвестиции в ВИЭ (только в секторе производства электроэнергии) в пределах от 1 360 до 5 100 млрд долл. США<sub>2005</sub> на десятилетие 2011-2020 гг. и от 1 490 до 7 180 млрд долл. США<sub>2005</sub> на десятилетие 2021-2030 гг. Более низкие значения относятся к исходному сценарию в издании МЭА «Прогноз развития мировой энергетики в 2009 г.», а более высокие значения – к сценарию, в котором концентрация CO<sub>2</sub> (только) в атмосфере стремится к стабилизации на уровне 450 млн<sup>-1</sup>. Все среднегодовые значения этих инвестиционных потребностей составляют меньше 1 % от мирового валового внутреннего продукта (ВВП). Помимо различий в архитектуре моделей, используемых для исследования этих сценариев, такие расхождения в объемах инвестиций могут объясняться, главным образом, различными оценками концентраций ПГ и ограничениями, налагаемыми на ряд приемлемых технологий смягчения воздействий. Увеличение установленной мощности электростанций на основе ВИЭ сократит количество ископаемого и ядерного топлива, которое иначе потребовалось бы для удовлетворения заданного спроса на электроэнергию. В дополнение к инвестициям, расходам на эксплуатацию и техническое обслуживание (ЭТО) и, где применимо, к затратам на сырье для электростанций на основе ВИЭ, та или иная оценка общей экономической нагрузки, которая связана с их применением, должна будет учитывать произведенные затраты на топливо и замещенные капитальные вложения. Даже не принимая во внимание произведенные затраты, нижний диапазон указанных выше инвестиций в энергию на основе ВИЭ является более низким, чем соответствующие капиталовложения на 2009 г. Более высокие среднегодовые значения инвестиций в сектор возобновляемой энергии примерно соответствуют пятикратному увеличению нынешних глобальных инвестиций в эту область. [10.5, 11.2.2]

## 7. Политика, осуществление и финансирование

**Растущее количество и разнообразие политических мер в области ВИЭ, обусловленных многими факторами, стимулировали ускоренный рост технологий использования ВИЭ в последние годы.** [1,4, 11,2, 11,5, 11,6] Правительственная политика играет решающую роль в ускорении применения технологий ВИЭ. Доступ к энергии и социально-экономическое развитие являются основными стимулами в большинстве развивающихся стран, тогда как надежное энергообеспечение и охрана окружающей среды представляются наиболее важными в развитых странах [9.3, 11.3]. В центре внимания политики стоит вопрос расширения областей применения ВИЭ, которые в основном используются для производства электроэнергии, и включение секторов отопления, охлаждения и транспорта. [11.2, 11.5]

Политика в направлении исследований, разработок, демонстрационных испытаний и применения конкретных видов ВИЭ помогает создать равные условия для использования возобновляемой энергии ВИЭ. Политика включает такие положения как льготные тарифы, квоты, приоритетный доступ в сети, предписания по строительству, требования к смесям биотоплива и критерии устойчивости биоэнергетики. [2.4.5.2, 2.ES, TP.2.8.1] Другими политическими категориями являются налоговые льготы, например, налоговая политика, и прямые правительственные выплаты, например, скидки и гранты; а также государственные финансовые механизмы, например, займы и гарантии. Более широкая политика, направленная на сокращение выбросов ПГ, например, механизмы ценообразования на рынке углерода, могут также обеспечить поддержку ВИЭ.

Политика может касаться конкретных секторов, проводиться на локальном, районном/областном, национальном и в некоторых случаях на региональном уровнях, и дополняться двусторонним, региональным и международным сотрудничеством. [11.5]

**Политика способствовала увеличению мощности установок возобновляемой энергии, помогая преодолевать различные барьеры.** [1.4, 11.1, 11.4, 11.5, 11.6]

Барьерами на пути к применению ВИЭ являются следующие факторы:

- институциональные и политические барьеры, связанные с существующей промышленностью, инфраструктурой и регулированием энергетической системы;
- неспособность рынка к равновесию, в том числе неинтернализированные затраты на охрану окружающей среды и здравоохранение, когда это применимо;
- отсутствие общей информации и доступа к данным, касающимся применения ВИЭ, и недостаток технического потенциала и знаний;
- барьеры, связанные с общественными и личностными ценностями, и влияющие на восприятие и благожелательное отношение к технологиям ВИЭ. [1.4, 9.5.1, 9.5.2.1]

**Государственные инвестиции в НИОКР в сфере технологий ВИЭ наиболее эффективны, если они дополняются другими политическими инструментами, в частности, политикой применения, которая одновременно повышает спрос на новые технологии.** НИОКР вместе с политикой применения создают положительный цикл обратной связи, привлекая инвестиции из частного сектора. Принятие политики применения на начальном этапе развития той или иной технологии может ускорить обучение, стимулируя частный сектор на финансирование НИОКР, что в свою очередь еще больше снижает затраты и обеспечивает дополнительные стимулы для использования данной технологии. [11.5.2]

**Некоторые виды политики показали свою эффективность и действенность в стремительном ускорении применения ВИЭ.** Однако универсальной единой политики не существует. Опыт показывает, что различные виды политики или их сочетания могут оказаться более эффективными и действенными в зависимости от таких факторов, как уровень технологической готовности, доступный капитал, легкость интеграции в существующую систему, а также локальные и национальные базы ресурсов ВИЭ. [11.5]

- В ряде исследований был сделан вывод о том, что некоторые льготные тарифы оказались эффективными и действенными в содействии получению возобновляемой электроэнергии, в основном, благодаря комбинации выплат по долгосрочным фиксированным ценам или выплат страховой премии, сетевым соединениям и гарантированному приобретению всей произведенной электроэнергии на основе ВИЭ. Политика квот может быть эффективной и действенной, если она направлена на снижение риска, например, с помощью долгосрочных контрактов. [11.5.4]
- Все больше правительств устанавливают налоговые льготы на отопление и охлаждение на основе ВИЭ. Обязательства по использованию тепла на основе ВИЭ становятся привлекательными за их потенциальную возможность стимулировать рост независимо от государственной финансовой поддержки. [11.5.5]
- В транспортном секторе предписания в отношении топлива на основе ВИЭ или требования к его смешиванию являются ключевыми факторами развития наиболее современных отраслей биотопливной промышленности. Другие политические меры включают прямые правительственные выплаты или снижение налогов. Политика оказала влияние на развитие международной торговли биотопливом. [11.5.6]

Гибкость технологий, рынков и других факторов имеет существенное значение. Детализированное планирование и осуществление имеют решающее значение при определении эффективности и действенности политики. [11.5]. Прозрачные и устойчивые политические рамочные механизмы могут снизить инвестиционные риски и способствовать применению ВИЭ и развитию малозатратных применений. [11.5, 11.6]

**Политика создания благоприятной среды для развития и применения ВИЭ.** Благоприятные условия для развития и применения ВИЭ могут быть созданы за счет возможностей взаимодействия данной политики с другими направлениями политики в области ВИЭ, а также с политикой в энергетике и других областях применения (например, политика в сфере сельского хозяйства, транспорта, управления водными ресурсами и городского планирования); за счет предоставления разработчикам в области ВИЭ возможности получения финансирования и успешного размещения проекта; за счет устранения барьеров, осложняющих доступ к сетям и рынкам, установкам ВИЭ и выработке возобновляемой энергии; за счет повышения уровня образования и информированности с помощью специальных инициатив по развитию коммуникаций и обмена мнениями, а также за счет обеспечения возможностей для передачи технологий. В свою очередь, наличие благоприятной среды может повысить эффективность и действенность политики содействия применению ВИЭ. [9.5.1.1, 11.6]

Два отдельных недостатка рыночного регулирования дают аргументацию в пользу оказания дополнительной поддержки инновационным технологиям ВИЭ, которые обладают высоким потенциалом для технологического развития, хотя и при наличии рынка выбросов (или политики ценообразования на выбросы ПГ в целом). Первый недостаток рыночного регулирования связан с внешними издержками выбросов ПГ. Второй недостаток рынка лежит в области инноваций: если фирмы недооценивают будущие выгоды от инвестиций в обучение технологиям использования ВИЭ или если они не могут усвоить эти выгоды, объем их капиталовложений окажется меньше оптимального с макроэкономической точки зрения. В дополнение к политике ценообразования на рынке ПГ политика в области отдельных ВИЭ может оказаться целесообразной с экономической точки зрения, если планируется реализовать соответствующие возможности для технологического развития (или если преследуются другие цели помимо смягчения воздействий на изменение климата). Потенциально негативные последствия, такие как эффекты замыкания, утечки углерода и рикошета, должны быть приняты во внимание при разработке набора политических мер. [11.1.1, 11.5.7.3]

В литературе указывается, что долгосрочные задачи в области возобновляемой энергии и гибкость обучения на основе опыта будут иметь решающее значение для обеспечения экономически эффективного и интенсивного внедрения ВИЭ на рынке. Для этого потребуются систематическая разработка политических рамочных механизмов, которые снижают риски и обеспечивают привлекательную доходность, что обеспечивает стабильность во времени, относящуюся к инвестициям. Соответствующий набор надежных политических инструментов, включая политику в области энергоэффективности, еще более важен там, где энергетическая инфраструктура все еще развивается и спрос на энергию, как ожидается, вырастет в будущем. [11.5, 11.6, 11.7]

## 8. Расширение знаний о возобновляемых источниках энергии

Расширение научных и инженерных знаний должно привести к совершенствованию технологий ВИЭ и снижению затрат. Дополнительные знания о ВИЭ и их роли в сокращении выбросов ПГ по-прежнему нужны в ряде определенных областей, включая следующие: [подробнее см. таблицу 1.1]

- будущая стоимость и распределение по времени применения ВИЭ;
- реализуемый технический потенциал для ВИЭ во всех географических масштабах;
- технические и институциональные проблемы и стоимость внедрения различных технологий ВИЭ в энергетические системы и рынки;
- комплексная оценка социально-экономических и экологических аспектов ВИЭ и других энергетических технологий;
- возможности для удовлетворения потребностей развивающихся стран с помощью устойчивого энергоснабжения на основе ВИЭ;
- политические, институциональные и финансовые механизмы, позволяющие обеспечивать экономически эффективное применение ВИЭ в самых разнообразных условиях.

База знаний о ВИЭ и их потенциальных возможностях для смягчения воздействий на изменение климата продолжает расширяться. Накопленные научные знания имеют существенно важное значение и могут облегчить процесс принятия решений. [1.1.8]

## Техническое резюме

### Ведущие авторы:

Дэн Арвизу (США), Томас Брюкнер (Германия), Елена Чум (США/Бразилия), Оттмар Эденхофер (Германия), Сеген Эстефен (Бразилия), Андре Фааидж (Нидерланды), Манфред Фишедик (Германия), Геррит Хансен (Германия), Герардо Хириарт (Мексика), Олаф Хохмейер (Германия), К. Г. Терри Холандз (Канада), Джон Хакерби (Новая Зеландия), Сюзанн Каднер (Германия), Анунд Киллингвейт (Норвегия), Арун Кумар (Индия), Энтони Льюис (Ирландия), Освальдо Лукон (Бразилия), Патрик Матшосс (Германия), Лурдес Морис (США), Монирул Мирза (Канада/Бангладеш), Кэтрин Митчел (Соединенное Королевство), Уильям Мумо (США), Жозе Морейра (Бразилия), Ларс Й. Нильсон (Швеция), Джон Нибоэр (Канада), Рамон Пичс-Мадруга (Куба), Джаянт Сатей (США), Жанет Л. Соуин (США), Роберто Шеффер (Бразилия), Тормод А. Скей (Норвегия), Стеффен Шлёмер (Германия), Кристин Сейбот (Германия/США), Ральф Симс (Новая Зеландия), Грехам Синден (Соединенное Королевство/Австралия), Юба Сокона (Эфиопия/Мали), Кристоф фон Штехов (Германия), Ян Штекель (Германия), Авиель Вербругген (Бельгия), Райан Уайзер (США), Франсис Ямба (Замбия), Тимм Цвикель (Германия)

### Редакторы-рецензенты:

Леонидас О. Хирардин (Аргентина), Мэттиа Романи (Соединенное Королевство/Италия)

### Специальный советник:

Джеффри Логан (США)

### Цитируя данное Техническое резюме, источник следует указывать следующим образом:

Д. Арвизу, Т. Брюкнер, О. Эденхофер, С. Эстефен, А. Фааидж, М. Фишедик, Г. Хансен, Г. Хириарт, О. Хохмейер, К. Г. Т. Холандз, Дж. Хакерби, С. Каднер, А. Киллингвейт, А. Кумар, Э. Льюис, О. Лукон, П. Матшосс, Л. Морис, М. Мирза, К. Митчел, У. Мумо, Ж. Морейра, Л. Й. Нильсон, Дж. Нибоэр, Р. Пичс-Мадруга, Дж. Сатей, Ж. Соуин (США), Р. Шеффер, Т. Скей, С. Шлёмер, К. Сейбот, Р. Симс, Г. Синден, Ю. Сокона, К. фон Стеков, Я. Штекель, А. Вербругген, Р. Уайзер, Ф. Ямба, Т. Цвикель, 2011 год: Техническое резюме. В Специальном докладе МГЭИК о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата [О. Эденхофер, Р. Пичс-Мадруга, Ю. Сокона, К. Сейбот, П. Матшосс, С. Каднер, Т. Цвикель, П. Эйкемейер, Г. Хансен, С. Шлёмер, К. фон Штехов (редакторы)], Кембридж юниверсити пресс, Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США.



# Содержание

<b>1.</b>	<b>Обзор изменения климата и возобновляемых источников энергии</b> .....	<b>33</b>
1.1	Справочная информация .....	33
1.2	Сводные сведения о ресурсах возобновляемых источников энергии и их потенциале .....	37
1.3	Удовлетворение потребностей в энергоуслугах и текущий статус .....	40
1.4	Возможности, барьеры и проблемы .....	40
1.5	Роль политики, стратегии в области исследований и разработок, внедрения и осуществления .....	44
<b>2.</b>	<b>Биоэнергия</b> .....	<b>45</b>
2.1	Введение к биомассе и биоэнергии .....	45
2.2	Потенциал биоэнергетических ресурсов .....	46
2.3	Биоэнергетические технологии и применения .....	48
2.4	Глобальный и региональный статус рынков и развития промышленности .....	48
2.5	Экологические и социальные последствия .....	49
2.6	Перспективы совершенствования и интеграции технологий .....	52
2.7	Текущие затраты и тенденции .....	53
2.8	Потенциальные уровни использования .....	54
<b>3.</b>	<b>Прямая солнечная энергия</b> .....	<b>60</b>
3.1	Введение .....	60
3.2	Ресурсный потенциал .....	60
3.3	Технология и применения .....	60
3.4	Глобальный и региональный статус рынка и промышленное использование .....	63
3.5	Интеграция в более широкую энергосистему .....	65
3.6	Экологические и социальные последствия .....	65

3.7	Перспективы технологических совершенствований и инноваций	66
3.8	Ценовые тенденции	68
3.9	Потенциальное использование	71
<b>4.</b>	<b>Геотермальная энергия</b>	<b>71</b>
4.1	Введение	71
4.2	Ресурсный потенциал	72
4.3	Технология и применения	73
4.4	Глобальный и региональный статус рынка и развитие промышленности	74
4.5	Экологические и социальные последствия	74
4.6	Перспективы технологического совершенствования, инновации и интеграция	77
4.7	Ценовые тенденции	77
4.8	Потенциальное использование	78
<b>5.</b>	<b>Гидроэлектроэнергия</b>	<b>80</b>
5.1	Введение	80
5.2	Ресурсный потенциал	80
5.3	Технология и применения	80
5.4	Глобальный и региональный статус рынка и промышленное развитие	82
5.5	Интеграция в более широкие энергосистемы	82
5.6	Экологические и социальные последствия	83
5.7	Перспективы технологического совершенствования и инновации	84
5.8	Ценовые тенденции	84

5.9	Реализация потенциала .....	86
5.10	Интеграция в системы управления водными ресурсами .....	87
<b>6.</b>	<b>Энергия океана .....</b>	<b>87</b>
6.1	Введение .....	87
6.2	Ресурсный потенциал.....	87
6.3	Технология и применения .....	89
6.4	Глобальный и региональный статус рынков и промышленного развития.....	90
6.5	Экологические и социальные последствия.....	92
6.6	Перспективы технологического совершенствования, инновации и интеграция.....	93
6.7	Ценовые тенденции .....	93
6.8	Потенциальное использование .....	94
<b>7.</b>	<b>Энергия ветра .....</b>	<b>95</b>
7.1	Введение .....	95
7.2	Ресурсный потенциал.....	95
7.3	Технология и применения .....	96
7.4	Глобальный и региональный статус рынков и промышленного развития.....	97
7.5	Краткосрочные проблемы интеграции в сеть.....	97
7.6	Экологические и социальные последствия.....	99
7.7	Перспективы технологического совершенствования и инновации.....	100
7.8	Ценовые тенденции .....	101
7.9	Потенциальное использование .....	103

<b>8.</b>	<b>Интеграция возобновляемой энергии в существующие и будущие энергетические системы</b>	<b>103</b>
8.1	Введение	103
8.2	Интеграция возобновляемой энергии в электроэнергетические системы	105
8.3	Интеграция возобновляемой энергии в сети теплоснабжения и охлаждения	109
8.4	Интеграция возобновляемой энергии в газораспределительные сети	111
8.5	Интеграция возобновляемой энергии в жидкие виды топлива	112
8.6	Интеграция возобновляемой энергии в автономные системы	113
8.7	Сектора конечных потребителей: стратегические элементы для сценариев перехода	113
<b>9.</b>	<b>Возобновляемая энергия в контексте устойчивого развития</b>	<b>119</b>
9.1	Введение	119
9.2	Взаимодействие между устойчивым развитием и возобновляемой энергией	119
9.3	Социальные, экологические и экономические последствия: глобальная и региональная оценка	120
9.4	Последствия сценариев устойчивого развития для возобновляемой энергии	125
9.5	Барьеры и возможности для возобновляемой энергии в контексте устойчивого развития	129
9.6	Обобщение, отсутствие данных и будущие потребности в исследованиях	130
<b>10.</b>	<b>Потенциал смягчения воздействий и затраты</b>	<b>130</b>
10.1	Введение	130
10.2	Обобщение сценариев смягчения воздействий для различных стратегий в отношении возобновляемой энергии	131
10.3	Оценка репрезентативных сценариев смягчения воздействий для различных стратегий возобновляемой энергии	133
10.4	Кривые региональных затрат на смягчение воздействий при помощи возобновляемых источников энергии	135
10.5	Затраты на коммерциализацию и внедрение	137
10.6	Социальные и экологические затраты и выгоды	143

<b>11.</b>	<b>Политика, финансирование и осуществление</b> .....	<b>144</b>
11.1	Введение .....	144
11.2	Современные тенденции: политика, финансирование и инвестирование .....	147
11.3	Ключевые движущие факторы, благоприятные возможности и выгоды .....	148
11.4	Барьеры для осуществления политики в отношении возобновляемой энергии, внедрения и финансирования .....	148
11.5	Накопленный опыт и оценка вариантов политики .....	148
11.6	Благоприятная среда и региональные вопросы .....	155
11.7	Структурный переход .....	158

# 1. Обзор изменения климата и возобновляемых источников энергии

## 1.1 Справочная информация

Во всех обществах требуется предоставление энергоуслуг для удовлетворения основных потребностей человека (например, освещение, приготовление пищи, комфорт в помещении, мобильность, связь) и обслуживания производственных процессов. Для того чтобы развитие было устойчивым предоставление энергоуслуг должно быть надежным и иметь незначительные экологические последствия. Для устойчивого социально-экономического развития требуется гарантированный и реальный доступ к источникам энергии, необходимым для предоставления основных и стабильных энергоуслуг. Это может означать применение разных стратегий на разных этапах экономического развития. Для того чтобы быть экологически благоприятным, предоставление энергоуслуг должно обеспечиваться при незначительных экологических последствиях и низких выбросах парниковых газов (ПГ). В то же время в Четвертом докладе об оценке МГЭИК (ДО4) сообщается о том, что на долю ископаемых видов топлива приходится 85%<sup>1</sup> общего объема первичной энергии и эта доля является такой же в 2008 году. Кроме того, сжигание ископаемых видов топлива явилось источником 56,6% всех антропогенных выбросов ПГ (CO<sub>2</sub> экв)<sup>2</sup> в 2004 году. [1.1.1, 9.2.1, 9.3.2, 9.6, 11.3]

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) играют определенную роль в предоставлении энергоуслуг устойчивым образом, и в частности в смягчении воздействий на изменение климата. В настоящем *Специальном докладе о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата* рассматривается текущий вклад и потенциал возобновляемых источников энергии для предоставления энергоуслуг с целью обеспечения устойчивого движения в направлении социально-экономического развития. Он включает оценки имеющихся возобновляемых энергоресурсов и технологий, расходов и совместных выгод, барьеров, мешающих развитию и интеграции, будущих сценариев и вариантов политики. В частности, в нем содержится информация для политиков, частного сектора и гражданского общества по следующим вопросам:

- определение ресурсов возобновляемой энергии и имеющихся технологий, а также воздействий изменения климата на эти ресурсы [главы 2-7];
- состояние технологии и ситуация на рынке, будущие разработки и прогнозируемые показатели использования [главы 2-7, 10];
- варианты и ограничения интеграции в систему энергоснабжения и другие рынки, включая хранение энергии, способы передачи, интеграцию в существующие системы и другие варианты [глава 8];
- связи между увеличением числа ВИЭ, возможностями и устойчивым развитием [глава 9];
- воздействие на безопасное энергоснабжение [глава 9];
- экономические и экологические расходы, выгоды, риски и последствия использования [главы 9 и 10];
- потенциал ресурсов возобновляемой энергии в области смягчения воздействий [глава 10];
- сценарии, показывающие, как ускоренное использование может быть достигнуто устойчивым образом [глава 10];

- наращивание потенциала, передача технологии и финансирование [глава 11]; и
- варианты политики, итоги и условия эффективности [глава 11].

Доклад содержит 11 глав. Глава 1 посвящена возобновляемым источникам энергии и изменению климата; главы 2-7 содержат информацию о шести технологиях ВИЭ, а в главах 8-11 рассматриваются вопросы интеграции (см. рисунок TP.1.1). Там где это уместно, в докладе говорится о неопределенности<sup>3</sup>. В настоящем Техническом резюме (ТР) дается обзор доклада, при этом кратко излагаются основные выводы.

Хотя обычно содержание ТР повторяет структуру полного доклада, ссылки на различные соответствующие главы и разделы показаны при помощи номеров соответствующих глав и разделов в квадратных скобках. С объяснением терминов, сокращений и химических символов, используемых в ТР, можно ознакомиться в приложении I. С положениями, касающимися условных обозначений и методологий для определения стоимости первичной энергии и других анализируемых тем, можно ознакомиться в приложении II. С информацией о нормированной стоимости ВИЭ можно ознакомиться в приложении III.

Выбросы ПГ, связанные с предоставлением энергоуслуг, являются главной причиной изменения климата. В ДО4 сделан вывод о том, что «большая часть наблюдаемого повышения глобальной средней температуры с середины XX века, весьма вероятно, объясняется наблюдаемым повышением антропогенных концентраций ПГ (парниковый газ)». Концентрации продолжали увеличиваться после ДО4 до уровня более 390 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> или на 39% превысили доиндустриальные уровни к концу 2010 года. Приблизительно с 1850 года глобальное использование ископаемых видов топлива (уголь, нефть и газ) возросло и стало доминировать в сфере энергоснабжения, результатом чего стал быстрый рост выбросов двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) [рисунок 1.6]. Количество углерода в запасах и ресурсах еще не сожженного ископаемого топлива [рисунок 1.7] обладает потенциалом для увеличения количества CO<sub>2</sub> в атмосфере, если они будут сожжены в течение ближайших столетий, в результате чего будет превышен диапазон любого сценария, рассмотренного в ДО4 [рисунок 1.5] или в главе 10 настоящего доклада. [1.1.3, 1.1.4]

Несмотря на существенную связанную с этим декарбонизацию, подавляющее большинство проекций, связанных с неприятием действий в отношении объемов выбросов, свидетельствуют о значительно больших выбросах в 2010 году по сравнению с 2000 годом, подразумевая при этом увеличение концентрации ПГ в свою очередь повышение глобальных средних температур. Для предотвращения подобных пагубных воздействий изменения климата на водные ресурсы, экосистемы, продовольственную безопасность, здоровье человека и прибрежные поселения с потенциально безвозвратными резкими изменениями в климатической системе Канкунские договоренности призывают к ограничению повышения глобальной средней температуры не более чем на 2 °C по сравнению с доиндустриальными значениями и постановили удержать это повышение на уровне 1,5 °C. Для того чтобы быть уверенным в достижении увеличения равновесной температуры в диапазоне лишь от 2 °C до 2,4 °C, необходимо будет стабилизировать атмосферные концентрации ПГ в пределах 445-490 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> экв. Это в свою очередь подразумевает, что необходимо будет сократить глобальные выбросы CO<sub>2</sub> к 2050 году на 50-85 % ниже уровня 2000 года и приступить к сокращению (вместо продолжающегося их увеличения в настоящее время) не позднее 2015 года. [1.1.3]

Для разработки стратегий по уменьшению выбросов CO<sub>2</sub> может быть использовано уравнение Кайя, применяемое для разбивки связанных с энергетикой выбросов CO<sub>2</sub> на четыре фактора: 1) население, 2) валовой внутренний продукт (ВВП) на

<sup>1</sup> Цифра 80% фигурирует в ДО4 и является результатом преобразования метода физического содержания для расчета потребляемой энергии в метод прямого эквивалента, поскольку последний метод применяется в настоящем докладе. За подробностями методологического характера просьба обращаться к разделу 1.1.9 и приложению II (раздел A.II.4).

<sup>2</sup> Вклады других источников и/или газов следующие: CO (в результате обезлесения, разложения биомассы и т.д. (17,3%); CO<sub>2</sub> из других источников (2,8%); CH<sub>4</sub> (14,3%); H<sub>2</sub>O (7,9%) и фторсодержащие газы (1,1%).

<sup>3</sup> В настоящем докладе говорится, например, о неопределенности посредством сообщения результатов анализов чувствительности и количественного представления диапазонов расходов, а также диапазонов сценарных результатов. В этом докладе не применяется формальная терминология МГЭИК по неопределенности, поскольку во время утверждения этого доклада указания МГЭИК по неопределенности находились в процессе редактирования.

## Специальный доклад о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата



**Рисунок ТР.1.1** | Структура доклада [рисунок 1.1]

душу населения, 3) энергоёмкость (т.е. общее предложение первичной энергии (ОППЭ) по отношению к ВВП), и 4) углеродоинтенсивность (т.е. выбросы CO<sub>2</sub> по отношению к ОППЭ). [1.1.4]

Выбросы CO<sub>2</sub> = население × (ВВП/население) × (ОППЭ/ВВП) × (CO<sub>2</sub>/ОППЭ)

Ежегодные изменения этих четырех компонентов показаны на рисунке ТР.1.2. [1.1.4]

Хотя ВВП на душу населения и рост населения оказывали самое значительное воздействие на увеличение выбросов в предыдущие десятилетия, уменьшение энергоинтенсивности существенным образом замедлило рост выбросов в период с 1971 по 2008 годы. В прошлом углеродоинтенсивность снижалась благодаря совершенствованиям в области энергоэффективности и переходу от угля к природному газу и расширению использования атомной энергии в 1970-е и 1980-е годы, которое происходило в первую очередь в странах, включенных в Приложение I<sup>4</sup>. В последние годы (2000-2007) увеличение углеродоинтенсивности было вызвано главным образом все большим использованием угля как в развитых, так и в развивающихся странах, хотя с 2007 года использование угля и нефти несколько сократилось. В 2008 году эта тенденция была нарушена в результате финансового кризиса. С начала 2000-х годов энергоснабжение стало более углеродоинтенсивным, содействуя, таким образом, увеличению этой интенсивности в результате роста ВВП на душу населения. [1.1.4]

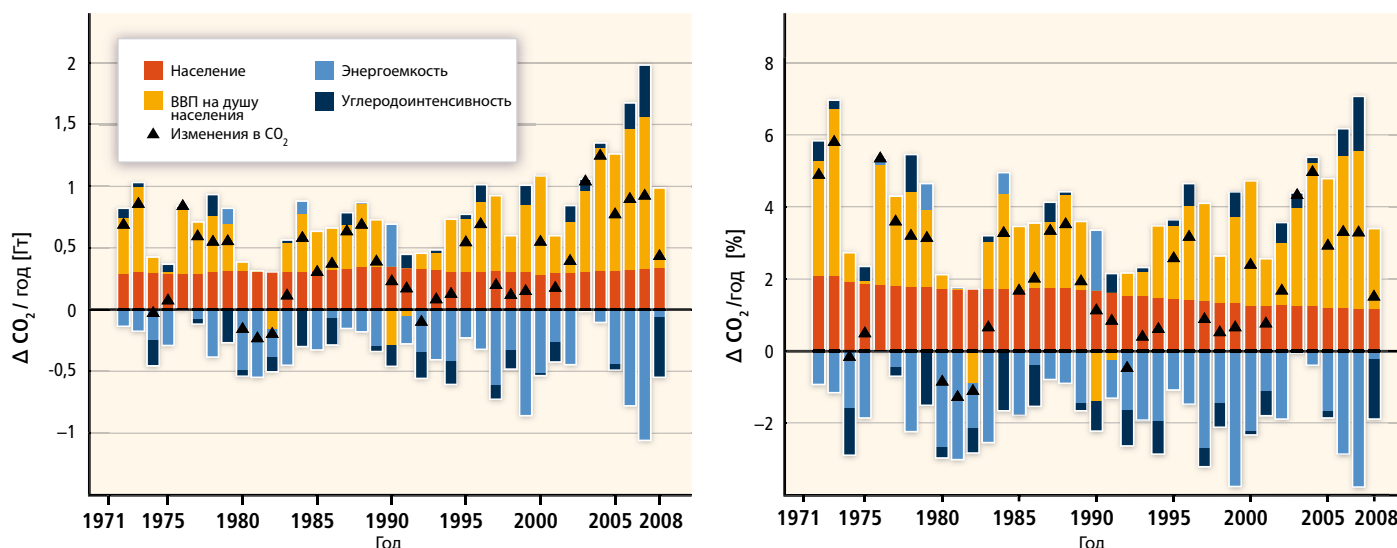
В глобальном масштабе, согласно оценкам, на долю ВИЭ приходилось 12,9 % общего предложения первичной энергии в 2008 году в 492 ЭДж. Крупнейшим источником возобновляемой энергии была биомасса (10,2 %), при этом большая часть (приблизительно 60 %) топлива из биомассы использовалась для традиционного приготовления пищи и в системах отопления в развивающихся

странах, однако также наблюдалось быстрое увеличение использования современной биомассы<sup>5</sup>. Доля гидроэлектроэнергии составляла 2,3 %, а других возобновляемых источников энергии – 0,4 % (рисунок ТР.1.3). В 2008 году на долю ВИЭ пришлось приблизительно 19 % общего объема электроснабжения (16 % – гидроэлектроэнергия, 3 % – другие ВИЭ). [1.1.5]

В последние годы наблюдались быстрые темпы роста использования ВИЭ. При большинстве условий для увеличения доли ВИЭ в энергетической структуре потребуются политика, направленная на стимулирование изменений в энергетической системе. Государственная политика, снижение стоимости многих технологий ВИЭ, изменения в ценах на ископаемые виды топлива и другие факторы способствовали постоянному расширению использования ВИЭ. Хотя доля ВИЭ является пока относительно незначительной, в последние годы она стала возрастать все более быстрыми темпами, как это показано на рисунке ТР.1.4. В 2009 году, несмотря на глобальные финансовые проблемы, потенциал ВИЭ продолжал быстро расти, включая энергию ветра (32 %, увеличение на 38 ГВт); гидроэлектроэнергию (3 %, увеличение на 31 ГВт<sub>терм.</sub>); фотоэлектрические элементы, соединенные с электросетью (53 %, увеличение на 7,5 ГВт); геотермальную энергию (4 %, увеличение на 0,4 ГВт) и солнечную энергию для нагрева воды/отопления (21 %, увеличение на 31 ГВт<sub>терм.</sub>). На долю биотоплива пришлось 2 % глобального спроса на горючее для дорожного транспорта в 2008 году и порядка 3 % в 2009 году. Ежегодное производство этанола возросло до 1,6 ЭДж (76 млрд литров) к концу 2009 года, а производство биодизельного топлива возросло до 0,6 ЭДж (17 млрд литров). Из приблизительно 300 ГВт нового потенциала для производства электроэнергии, добавленного в глобальном масштабе в период с 2008 по 2009 годы, около 140 ГВт пришлось на долю добавленных ВИЭ. В общей сложности глобальный потенциал для производства

<sup>4</sup> См. Глоссарий (приложение I) для определения стран, включенных в Приложение I.

<sup>5</sup> В данном случае не учитывается, а в официальных базах данных не оценивается 20-40% дополнительной традиционной биомассы, используемой в неофициальных секторах. [2.1]

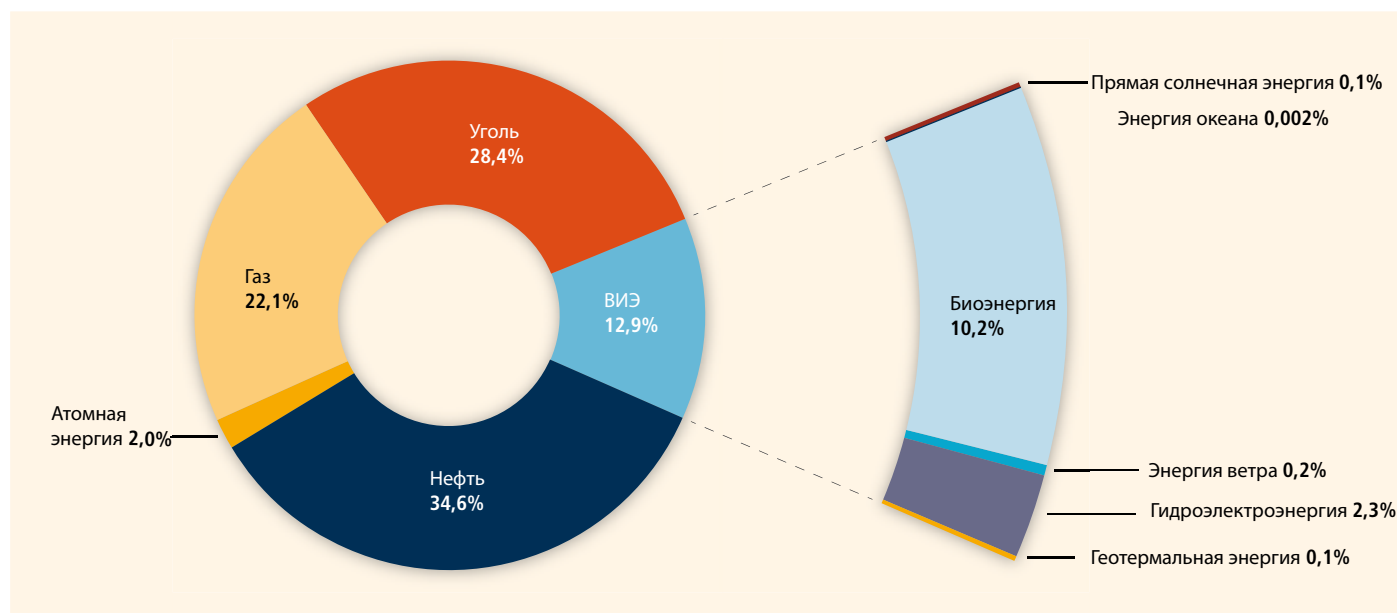


**Рисунок 1P.1.2** | Разбивка а) (слева) ежегодного абсолютного изменения и б) (справа) ежегодного показателя роста глобальных, связанных с энергией выбросов CO<sub>2</sub>, по факторам в системе Кайя; население (красный цвет), ВВП на душу населения (оранжевый цвет), энергоёмкость (голубой цвет) и углеродоинтенсивность (синий цвет) с 1971 по 2008 годы. Разным цветом показаны изменения, которые произошли бы вследствие каждого из этих факторов, при этом другие соответствующие показатели являются постоянными. Общие ежегодные изменения показаны черным треугольником [рисунок 1.8]

электроэнергии возобновляемыми источниками энергии в развивающихся странах составил 53% (включая электростанции всех размеров), при этом в 2009 году Китай обогнал все страны в области увеличения потенциала ВИЭ. В 2009 году доля США и Бразилии в глобальном производстве биоэтанола составила 54 и 35%, соответственно, при этом Китай занял лидирующее место в области использования солнечной энергии для нагрева воды. В конце 2009 года использование ВИЭ в системах для нагрева во-ды/отопления включало современную биомассу (270 ГВт<sub>терм</sub>), солнечную энергию (180 ГВт<sub>терм</sub>) и геотермальную энергию (60 ГВт<sub>терм</sub>). Возросло также использование ВИЭ (исключая традиционную биомассу) для удовлетворения потребностей в энергии в сельской местности, в том числе малых гидроэлектростанций, различных современных вариантов биомассы, а также домашних или деревенских систем фотоэлектрических панелей (ФЭ), ветряных или гибридных систем, которые сочетают многие технологии. [1.1.5]

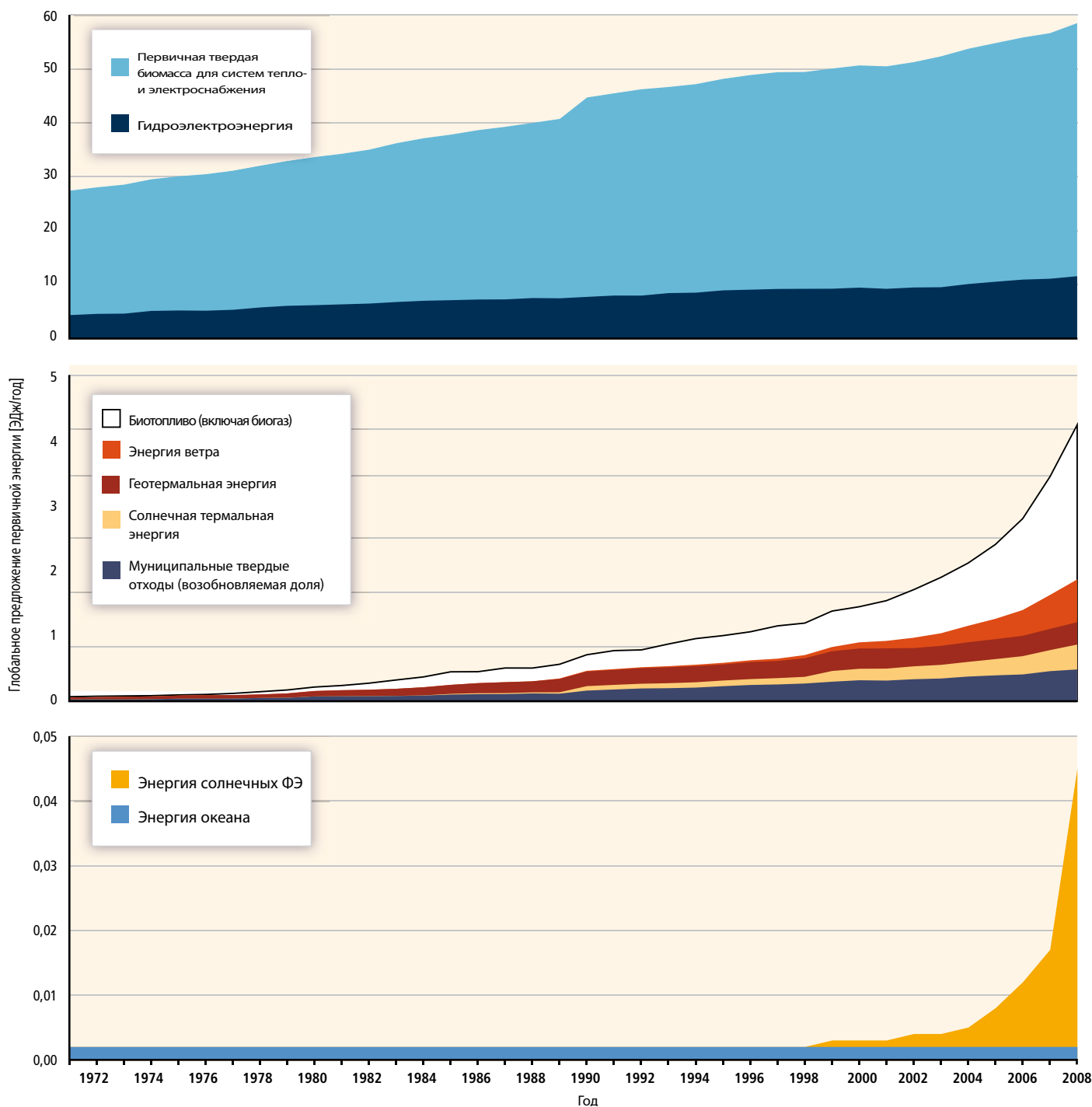
Имеются многочисленные способы для снижения выбросов ПГ из энергосистемы, обеспечивая, тем не менее, при этом желаемые энергоуслуги. В ДО4 определен ряд путей для снижения выбросов из теплоулавливающих источников энергии, обеспечивая, тем не менее, энергоуслуги [1.1.6]:

- Повышение эффективности энергоснабжения при преобразовании, передаче и распределении энергии, включая сочетание тепла и электроэнергии.
- Повышение эффективности спроса в соответствующих секторах и применениях (например, здания, промышленные и сельскохозяйственные процессы, перевозки, отопление, охлаждение и освещение).
- Переход от энергоносителей с высоким содержанием ПГ, таких как уголь и нефть, к энергоносителям с меньшим содержанием ПГ, таким как природный газ, атомное топливо и возобновляемые источники энергии.



**Рисунок 1P.1.3** | Доли источников энергии в общем глобальном предложении первичной энергии в 2008 году (492 ЭДж). В общей доле биомассы на современную биомассу приходится 38%. [рисунок 1.10]





**Рисунок ТР.1.4** | Ретроспективная динамика глобального предложения первичной энергии из возобновляемых источников энергии в период 1971-2008 годов. [рисунок 1.12]

Примечание: Технологии привязаны к отдельным вертикальным единицам только для демонстрационных целей. Базовые данные к этому рисунку были преобразованы в соответствии с методом учета предложения первичной энергии в виде «прямого эквивалента» [1.1.9, приложение II.4], за исключением того случая, когда энергетическое содержание биотоплива приводится в качестве вторичной энергии (первичная биомасса, используемая для производства биотоплива, будет более значительной из-за потерь в ходе переработки [2.3, 2.4]).

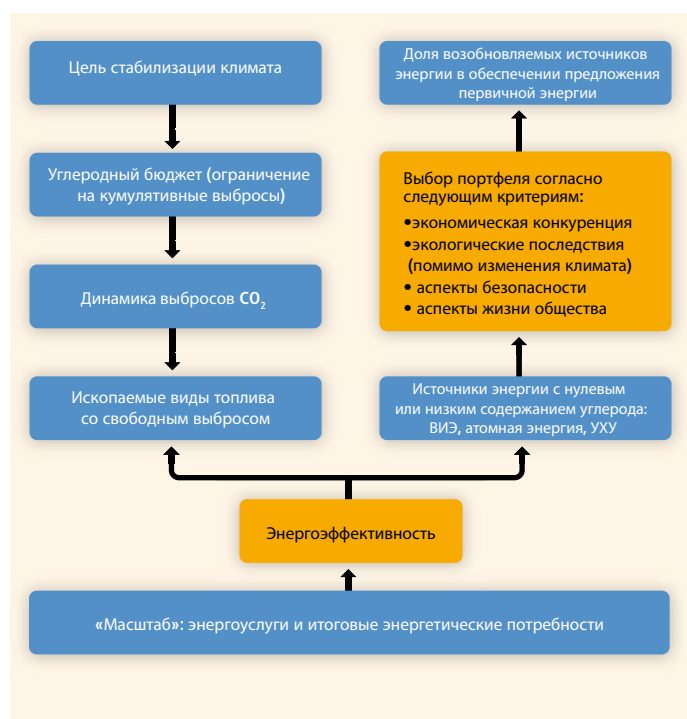
- Использование улавливания и хранения CO<sub>2</sub> (УХУ) для предотвращения попадания CO<sub>2</sub> в атмосферу в результате последующего сжигания или промышленных процессов. УХУ обладает потенциалом для удаления CO<sub>2</sub> из атмосферы в тех случаях, когда биомасса обрабатывается, например, посредством сжигания или ферментации.
- Изменение поведения для более рационального энергопользования или для использования меньшего количества углеродо- и энергоемких товаров и услуг.

Будущая доля применений ВИЭ будет в значительной мере зависеть от целей в области смягчения воздействий на изменение климата, уровня требуемых энергоуслуг и итоговых энергетических потребностей, а также их относительного достоинства в рамках портфеля технологий с нулевым или низким содержанием углерода (рисунок ТР.1.5). Всеобъемлющая оценка любого портфеля вариантов смягчения воздействия будет связана с оценкой их соответствующего потенциала в области смягчения воздействия, а также всех соответствующих рисков, расходов и их вклада в устойчивое развитие. [1.1.6]

При постановке задачи, связанной с защитой климата, с точки зрения допустимого изменения глобальной средней температуры, необходимо дать широкое определение соответствующего предела концентрации ПГ наряду с соответствующим бюджетом CO<sub>2</sub> и последующей, зависящей от времени траектории выбросов, т.е. предела, которых в свою очередь определяет допустимый объем свободно расходуемых ископаемых видов топлива. Дополнительный вклад энергии с нулевым или низким содержанием углерода в предложение первичной энергии зависит от «масштаба» требуемых энергоуслуг. [1.1.6]

Поскольку многие низкостоимостные варианты повышения общей энергоэффективности уже представляют собой часть сценариев невмешательства, ограниченными являются дополнительные возможности для снижения энергоемкости в целях смягчения воздействий на изменение климата. Для достижения амбициозных целей по защите климата недостаточно лишь повышения энергоэффективности и требуются дополнительные технологии с нулевым или низким выбросом углерода. Вклад, который ВИЭ внесут в рамках портфеля этих низкоуглеродных технологий, в значительной мере зависит от экономической конкуренции между этими технологиями, сравнения связанного с ними относительного экологического бремени (помимо изменения климата), а также аспектов, касающихся безопасности и жизни общества (рисунок TP.1.5). [1.1.6]

Значительной является совокупность различных знаний о ВИЭ и о возможном вкладе ВИЭ в достижение целей по смягчению последствий выбросов ПГ, которые собраны и оцениваются в настоящем докладе. Тем не менее, отчасти из-за привязки ВИЭ к конкретному месту, разнообразия технологий ВИЭ, многочисленных потребностей в энергоуслугах конечного использования, которые могли бы быть удовлетворены этими технологиями, диапазона рынков и нормативных положений, регулирующих интеграцию, а также из-за сложности процессов перехода к другим энергетическим системам, продолжается развитие знаний о ВИЭ и их потенциале в области смягчения воздействий на изменение климата. Еще предстоит обрести дополнительные знания в ряде широких



**Рисунок TP.1.5** | Роль возобновляемых источников энергии в рамках портфеля вариантов смягчения воздействий с нулевым или низким содержанием углерода (количественное описание). [рисунок 1.14]

областей, связанных с ВИЭ, и их возможной роли в сокращениях выбросов ПГ [1.1.8], а именно:

- будущая стоимость и сроки развертывания ВИЭ;
- реализуемый технический потенциал ВИЭ во всех географических масштабах;
- технические и институциональные проблемы и стоимость интегрирования различных технологий ВИЭ в энергетические системы и рынки;
- всеобъемлющая оценка социально-экономических и экологических аспектов ВИЭ и других энерготехнологий;
- возможности для удовлетворения потребностей развивающихся стран в устойчивых услугах ВИЭ; и
- политика, институциональные и финансовые механизмы, необходимые для обеспечения экономически эффективного применения ВИЭ в широком диапазоне контекстов.

Хотя многое уже известно в каждой из этих областей, как указывается в этом докладе, дополнительные исследования и опыт позволят также уменьшить неопределенности и соответственно будут способствовать принятию решений, касающихся использования ВИЭ для смягчения воздействий на изменение климата. [1.1.6]

## 1.2 Сводные сведения о ресурсах возобновляемых источников энергии и их потенциал

Возобновляемая энергия—это любая форма энергии от солнечных, геофизических или биологических источников, которая восполняется в результате естественных процессов темпами, которые равны или превосходят темпы их использования. Возобновляемую энергию получают благодаря постоянным или повторяющимся потокам энергии, происходящим в природной окружающей среде, и включает такие ресурсы, как биомасса, солнечная энергия, геотермальное тепло, гидроэлектроэнергия, приливы-отливы и волны, термальная энергия океана и энергия ветра. В то же время возможно использование биомассы более быстрыми темпами по сравнению с теми темпами, которыми она может расти, или извлечение тепла из геотермального источника более быстрыми темпами по сравнению с темпами, которыми оно может восполняться благодаря потокам тепла. С другой стороны, показатель использования прямой солнечной энергии не оказывает никакого воздействия на скорость, с которой она достигает Земли. Ископаемые виды топлива (уголь, нефть, природный газ) не подпадают под это определение, поскольку они не восполняются в течение срока, который является относительно коротким по сравнению с темпами их использования. [1.2.1]

Существует многоступенчатый процесс, во время которого первичная энергия преобразуется в энергоноситель, а затем в энергоуслугу. Технологии ВИЭ являются разнообразными и могут удовлетворять весь спектр потребностей в энергоуслугах. Различные типы ВИЭ могут снабжать электрической, термальной и механической энергией, а также производить топливо, которое способно удовлетворять многочисленные потребности в энергоуслугах. На рисунке TS.1.6 показаны многоступенчатые процессы преобразования. [1.2.1]

Поскольку люди нуждаются в энергоуслугах, а не в самой энергии, данный процесс следует осуществлять эффективным образом, что требует меньшего потребления первичной энергии с использованием низкоуглеродных технологий, минимизирующих выбросы CO<sub>2</sub>. Процессы преобразования тепловой энергии для производства электричества (включая биомассу и геотермальную энергию) характеризуются потерями порядка 40-90%, а потери порядка 80% происходят при снабжении механической энергией, необходимой для транспорта, использующего двигателя внутреннего сгорания. Эти потери в ходе преобразования повышают долю первичной энергии, получаемой из ископаемых

видов топлива, а также первичной энергии, которую необходимо получить из ископаемых видов топлива для производства электричества и механической энергии за счет тепла. Процессы преобразования прямой энергии, получаемой благодаря солнечным фотоэлектрическим панелям, гидроэнергии, энергии океана и ветра в электроэнергию, не имеют потерь в ходе термодинамического энергетического цикла (преобразование тепла в работу), хотя они, тем не менее, характеризуются другими недостатками преобразования при извлечении энергии из природных энергетических потоков, которые могут быть относительно большими и неподдающимися уменьшению (главы 2-7). [1.2.1]

Некоторые технологии ВИЭ могут применяться по месту использования (децентрализованного) в сельских и городских условиях, в то время как другие технологии применяются в первую очередь в рамках больших (централизованных) энергетических сетей. Хотя многие технологии ВИЭ являются технически совершенными и применяются в широких масштабах, другие технологии находятся на более раннем этапе технического совершенства и коммерческого использования. [1.2.1]

Технический потенциал для ВИЭ в значительной мере превышает существующий и прогнозируемый глобальный спрос на энергию, однако проблема заключается в том, чтобы овладеть существенной частью этого потенциала и использовать ее для предоставления желаемых энергоуслуг экономически эффективным и экологически благоприятным образом. [1.2.2]

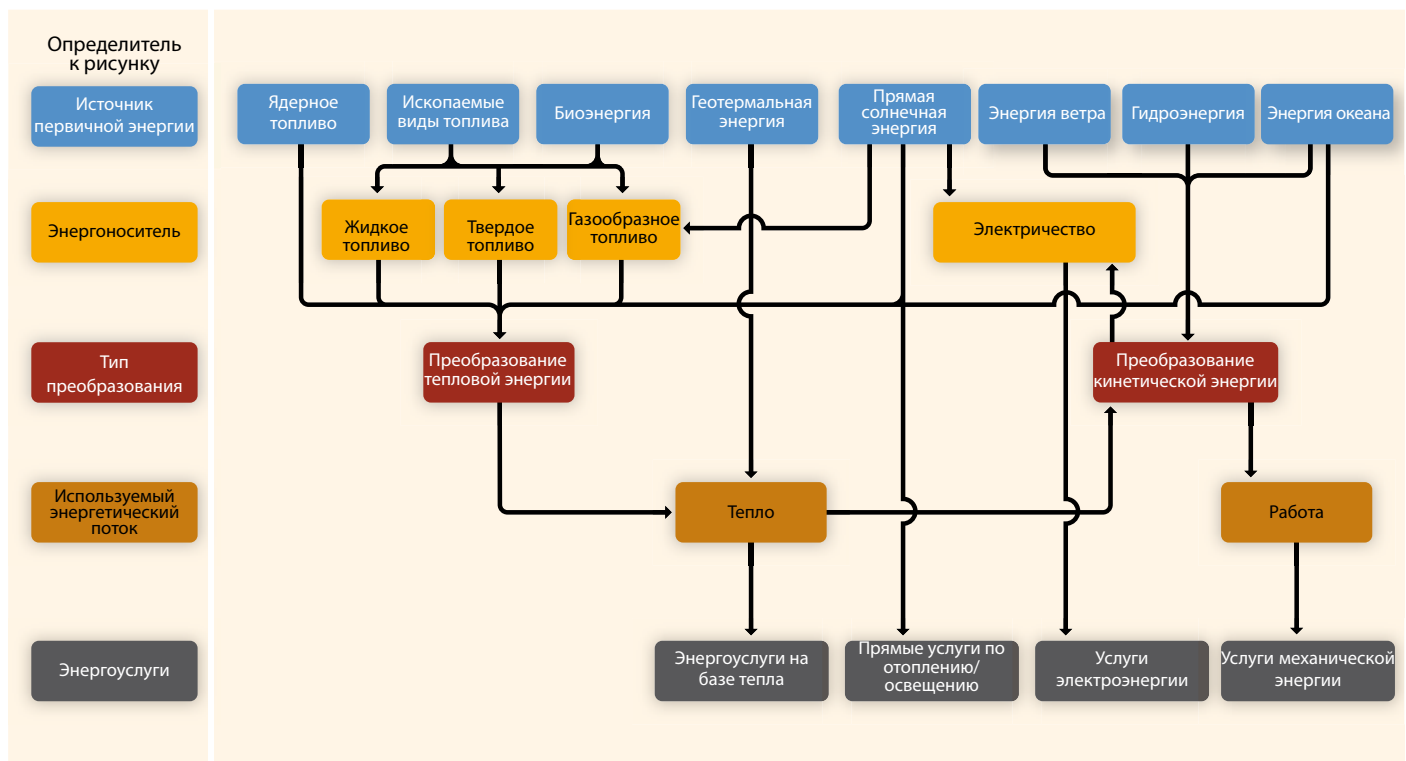
Глобальный технический потенциал возобновляемых источников энергии не будет также ограничивать постоянный рост рынка. В литературе содержится широкий перечень оценок, однако исследования неуклонно показывают, что общий глобальный технический потенциал ВИЭ значительно превышает как текущий, так и прогнозируемый будущий глобальный энергетический

спрос на энергию. Среди возобновляемых источников энергии технический потенциал солнечной энергии является наибольшим, но в то же время существенный технический потенциал имеется у всех видов ВИЭ. Абсолютный размер глобального технического потенциала ВИЭ в целом вряд ли ограничит использование возобновляемой энергии. [1.2.3]

На рисунке TP.1.7 показано, что технический потенциал<sup>6</sup> в значительной мере превосходит глобальный спрос на электричество и тепло, а также глобальное предложение первичной энергии в 2008 году. Хотя данный рисунок дает возможность читателю понять относительные объемы ресурсов ВИЭ в контексте существующего спроса на энергию и ее предложения, следует отметить, что технические потенциалы являются весьма неопределенными. Таблица A.1.1 в приложении к главе 1 содержит более подробные примечания и объяснения. [1.2.3]

Примечание: Упомянутые здесь технические потенциалы представляют собой мировые потенциалы ежегодно производимой возобновляемой энергии, и при этом не делается вычета какого-либо потенциала, который уже находится в процессе использования. Отметим, что ВИЭ, генерирующие электричество, могут быть также использованы для теплоснабжения, в том время как биомасса и солнечные ресурсы относятся только к первичной энергии, однако их можно использовать для удовлетворения различных потребностей в энергоуслугах. Диапазоны основаны на разных методах и применяются к разным годам в будущем; соответственно, итоговые диапазоны не являются строго сопоставимыми для разных технологий. Данные по этому рисунку и соответствующие дополнительные примечания см. в таблице A.1.1 (а также в нижеследующих главах).

<sup>6</sup> Полное определение технического потенциала см. в приложении I.



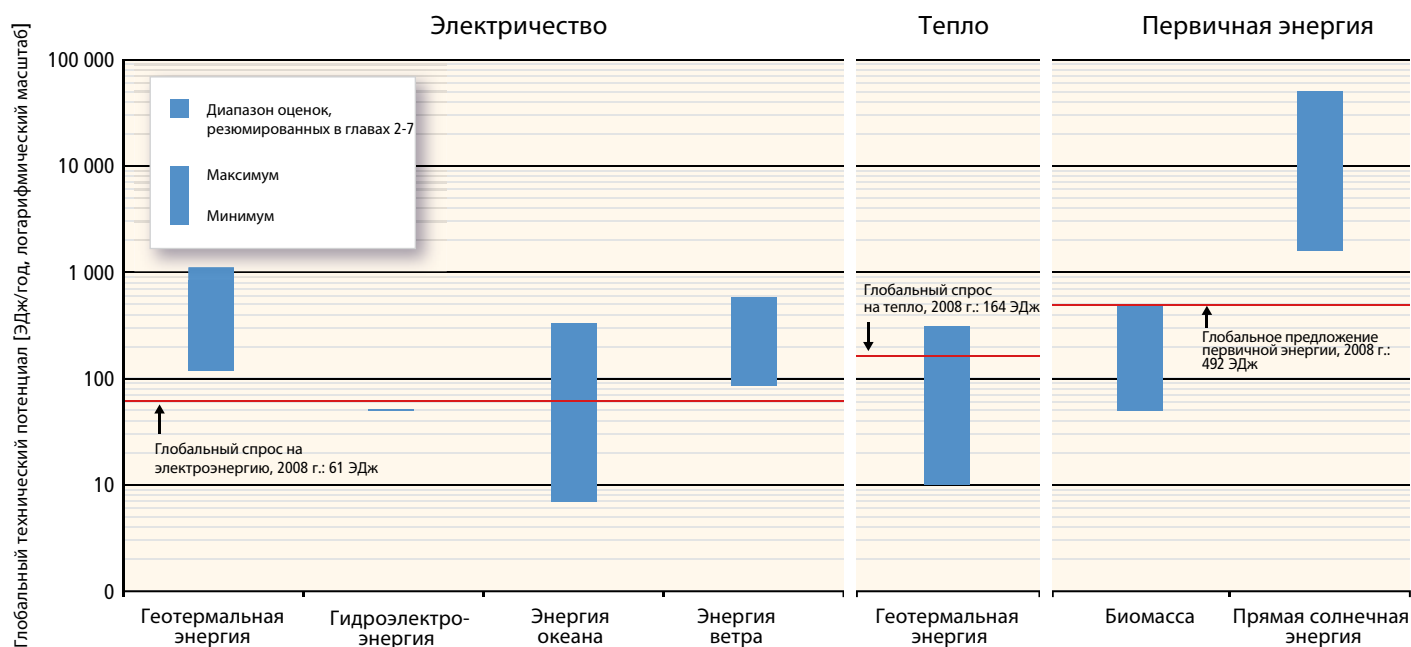
**Рисунок TP.1.6** | Схематическая иллюстрация направлений движения энергии от источника до услуги. Все соединяющие линии показывают возможные направления движения энергии. Энергоуслуги, предоставляемые пользователям, могут обеспечиваться с различными объемами энергии конечного пользования. Это в свою очередь может быть обеспечено за счет большего или меньшего количества первичной энергии из разных источников и при разных выбросах CO<sub>2</sub> и других экологических последствиях. [рисунок 1.16]

ВИЭ могут быть интегрированы во все типы электросистем – от крупных взаимосвязанных сетей континентального масштаба до небольших автономных зданий. Будь то электричество, отопление, охлаждение, газообразные или жидкие виды топлива – интеграция ВИЭ зависит от данных условий, конкретного места и имеет сложный характер. Частично диспетчируемая энергия ветра и солнца может быть интегрирована с большим трудом по сравнению с полностью диспетчируемой гидроэлектроэнергией, биоэнергией и геотермальной энергией. В связи со все более широким использованием ВИЭ с частично диспетчируемой электроэнергией более проблематичным и дорогостоящим становится поддержание надежности системы. Портфель решений по минимизации рисков и расходов, связанных с интеграцией ВИЭ, может включать разработку дополнительного гибкого генерирования, усиление и расширение сетей инфраструктуры и взаимосвязей, спрос на электроэнергию, который может реагировать сообразно имеющемуся предложению, технологии хранения энергии (включая производство гидроэлектроэнергии на основе водохранилищ), и модифицированные институциональные механизмы, в том числе нормативные и рыночные механизмы. В связи с расширением использования ВИЭ имеется необходимость в сочетании недорогих и эффективных коммуникационных систем и технологий, а также «умных» измерительных приборов. [1.2.4]

Энергоуслуги – это те задачи, которые выполняются с использованием энергии. Конкретная энергоуслуга может быть предоставлена многими способами и поэтому может характеризоваться высокой или низкой энергоэффективностью,

при этом предполагается выброс относительно меньших или больших объемов CO<sub>2</sub> (в рамках данной энергетической структуры). Снижение энергетических потребностей на этапе предоставления энергоуслуг посредством энергоэффективности является важным средством для уменьшения спроса на первичную энергию. Это особенно важно для ВИЭ, поскольку они, как правило, характеризуются меньшей энергоемкостью по сравнению с ископаемым или ядерным топливом. Меры по обеспечению эффективности часто являются самым дешевым вариантом для снижения спроса на энергию на этапе конечного использования. В настоящем докладе даются более конкретные определения для разных показателей эффективности. [1.2.5]

Экономия энергии благодаря мерам по обеспечению энергоэффективности не всегда полностью реализуется на практике. Может наблюдаться эффект отдачи, когда определенная часть данной меры компенсируется, поскольку меньшая общая стоимость энергии (в результате меньшего использования энергии) для осуществления конкретной энергоуслуги может привести к использованию большего числа энергоуслуг. Согласно оценкам, данный эффект отдачи ограничивается, вероятно, в результате эффектов насыщения от 10 до 30% для систем отопления домов и использования автомашин в странах – членах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), и этот эффект является весьма незначительным в случае более эффективных приборов и систем водяного отопления. Мера по обеспечению энергоэффективности, которая является успешной для снижения спроса на энергию в рамках всей экономики,



Диапазон оценок глобальных технических потенциалов

Макс (в ЭДж/год)	1109	52	331	580	312	500	49837
Мин (в ЭДж/год)	118	50	7	85	10	50	1575

**Рисунок ТР.1.7** | Диапазоны глобальных технических потенциалов возобновляемых источников энергии по данным исследований, представленных в главах 2-7. Биомасса и солнечная энергия показаны в качестве первичной энергии ввиду их многочисленных видов использования. Отметим, что данный рисунок представлен в логарифмическом масштабе в связи с широким диапазоном оцененных данных. [рисунок 1.17]

Примечания: Упомянутые здесь технические потенциалы представляют собой мировые потенциалы ежегодно производимой возобновляемой энергии, и при этом не делается вычета какого-либо потенциала, который уже находится в процессе использования. Отметим, что ВИЭ, генерирующие электричество, могут быть также использованы для теплоснабжения, в то время как биомасса и солнечные ресурсы относятся только к первичной энергии, однако их можно использовать для удовлетворения различных потребностей в энергоуслугах. Диапазоны основаны на разных методах и применяются к разным годам в будущем; соответственно, итоговые диапазоны не являются строго сопоставимыми для разных технологий. Данные по этому рисунку и соответствующие дополнительные примечания см. в таблице А.1.1 (а также в нижеследующих главах).

однако также снижает цену на энергию, что ведет в свою очередь к снижению расходов на энергию в рамках всей экономики и дополнительной экономии расходов (более низкие цены на энергию и меньший объем использования энергии). Предполагается, что эффект отдачи может быть более сильным в развивающихся странах и у малоимущих потребителей. Что касается изменения климата, то главной проблемой в связи с любым эффектом отдачи является его влияние на выбросы CO<sub>2</sub>. [1.2.5]

Утечка углерода может также снизить эффективность политики по уменьшению выбросов углерода. Если политика по сокращению выбросов углерода не применяется единообразно в разных секторах и сферах политической юрисдикции, то в таком случае может оказаться, что деятельность, связанная с выбросами углерода, может переместиться в сектор или страну, где подобная политика не проводится. Последние исследования показывают, вместе с тем, что оценки утечки углерода являются слишком высокими. [1.2.5]

### 1.3 Удовлетворение потребностей в энергоуслугах и текущий статус

На рисунке TP.1.8 показаны глобальные потоки возобновляемой первичной энергии на всей протяженности от энергоносителей до конечного использования и потери в 2008 году. [1.3.1]

В общей сложности в 2008 году порядка 56 % возобновляемой энергии использовалось для снабжения теплом частных домашних хозяйств, а также общественного и сервисного секторов. По существу речь идет в данном случае о дровах и древесном угле, широко используемых для приготовления пищи в развивающихся странах. С другой стороны, лишь небольшое количество возобновляемой энергии используется в транспортном секторе. На долю производства электроэнергии приходится 24% конечного потребления. Доля биотоплива составляла 2% от мирового объема топлива для дорожного транспорта в 2008 году, а традиционная биомасса (17%), современная биомасса (8%), солнечная термальная и геотермальная энергия (2%) обеспечили в общей сложности 27% общего глобального спроса на тепло в 2008 году. [1.3.1]

Хотя эти ресурсы являются, безусловно, значительными и теоретически могли бы обеспечить все энергетические потребности на длительный период в будущем, нормированная стоимость энергии для многих технологий ВИЭ в настоящее время выше по сравнению с существующими ценами на энергию, хотя во многих применениях ВИЭ уже являются экономически конкурентоспособными. Диапазоны текущей нормированной стоимости энергии для отдельных коммерчески доступных технологий ВИЭ являются широкими и зависят от ряда факторов, включая, но не ограничиваясь этим, характеристики и масштабы технологии, региональные разбросы в стоимости и эксплуатационных характеристиках и различных ставках дисконта (рисунок TP.1.9). [1.3.2, 2.3, 2.7, 3.8, 4.8, 5.8, 6.7, 7.8, 10.5, приложение III]

Стоимость большинства технологий ВИЭ снизилась, а ожидаемые дополнительные технические достижения приведут к дальнейшему уменьшению стоимости. Подобные уменьшения стоимости, а также монетизация внешней стоимости энергоснабжения повысит относительную конкурентоспособность ВИЭ. То же самое произойдет, если рыночные цены повысятся вследствие других причин. [1.3.2, 2.6, 2.7, 3.7, 3.8, 4.6, 4.7, 5.3, 5.7, 5.8, 6.6, 6.7, 7.7, 7.8, 10.5]

Вклад ВИЭ в снабжение первичной энергией существенно отличается в зависимости от страны и региона. В настоящее время происходит диверсификация географического распределения промышленного

производства, использования и экспорта возобновляемой энергии из развитых стран мира в другие развивающиеся регионы, особенно Азию, включая Китай. В показателях созданных мощностей для возобновляемой энергии Китай является сейчас мировым лидером, после которого следуют США, Германия, Испания и Индия. ВИЭ характеризуются более равномерным распределением по сравнению с ископаемыми видами топлива, и имеются страны или регионы, богатые конкретными ресурсами возобновляемой энергии. [1.3.3]

## 1.4 Возможности, барьеры и проблемы

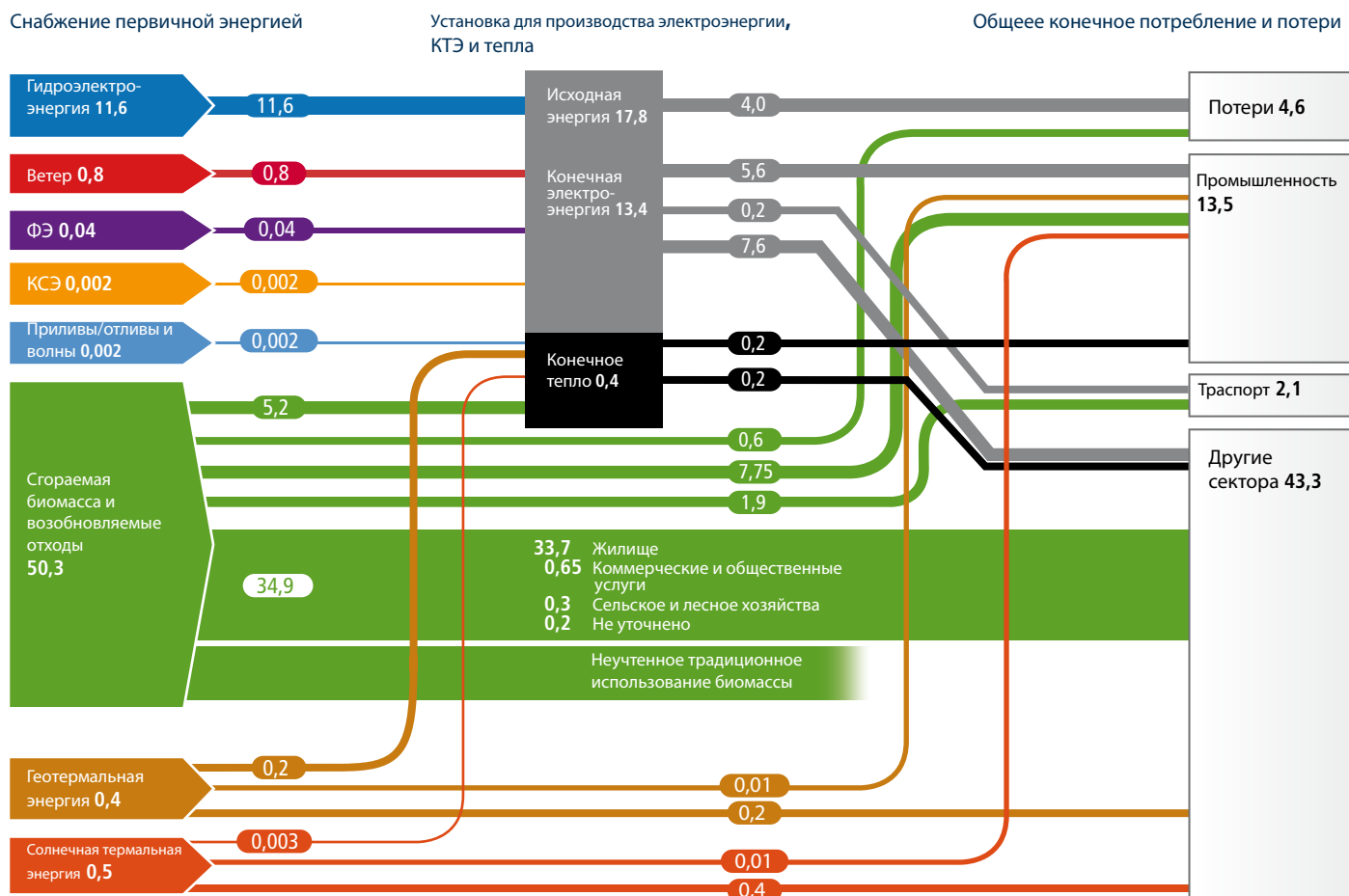
Главными энергетическими проблемами в мире являются обеспечение безопасности энергоснабжения для удовлетворения растущего спроса, предоставление всеобщего доступа к энергоуслугам и ограничение влияния энергетики на изменение климата. Для развивающихся стран, особенно самых бедных, энергия необходима для стимулирования производства, получения дохода и социального развития, а также для уменьшения числа серьезных проблем здоровья, вызванных использованием в качестве топлива дров, древесного угля, навоза и сельскохозяйственных отходов. У промышленно развитых стран к числу первоочередных причин для поощрения ВИЭ относятся сокращения выбросов в целях смягчения воздействий на изменение климата, проблемы безопасного энергоснабжения и создание рабочих мест. ВИЭ могут открывать возможности для решения этих многочисленных масштабных вопросов охраны окружающей среды и социально-экономического развития, включая адаптацию к изменению климата. [1.4, 1.4.1].

Определенные виды возобновляемых источников имеются в любой части мира, например солнечная радиация, ветер, падающая вода, волны, приливы-отливы и сохраняющееся тепло от океана или Земли. Кроме того, существуют технологии, которые позволяют использовать такие формы энергии. Хотя возможности [1.4.1] представляются значительными, имеются барьеры [1.4.2] и проблемы [1.4.3], которые замедляют внедрение ВИЭ в современное хозяйственное обращение. [1.4]

Возможности могут быть определены как обстоятельства для действий с элементом вероятности. В политическом контексте этим могло бы быть ожидание дополнительных выгод, которые могут быть получены благодаря использованию ВИЭ, но которые не являются целевой задачей. Они включают четыре основные области для возможностей: социально-экономическое развитие; доступ к энергии; энергетическая безопасность; и смягчение воздействий на изменение климата и уменьшение последствий для окружающей среды и здоровья. [1.4.1, 9.2-9.4]

В целом доходы на душу населения, а также такие более широкие показатели, как индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), характеризуются позитивной взаимосвязью с использованием энергии на душу населения, и экономический рост может быть определен как наиболее соответствующий фактор, определяющий возрастающее потребление энергии в последние десятилетия. Экономическое развитие было связано с переходом от прямого сжигания топлива к более эффективному электричеству. [1.4.1, 9.3.1]

Связь между социально-экономическим развитием и потребностью в современных энергоуслугах является особенно очевидной для развивающихся стран. Доступ к чистой и надежной энергии представляет собой важную предпосылку для основополагающих факторов человеческого развития, способствуя, в частности, экономической деятельности, получению дохода, сокращению масштабов нищеты, здравоохранению, образованию и гендерному равенству. Благодаря своему децентрализованному характеру, технологии ВИЭ могут играть важную роль в ускорении развития сельских районов. Создание (новых) возможностей занятости рассматривается в качестве позитивного долгосрочного эффекта ВИЭ как в развитых, так и развивающихся странах. [1.4.1, 9.3.1.4, 11.3.4]



**Рисунок TP.1.8** | Глобальные энергопотоки (ЭДж) в 2008 году из первичных ВИЭ посредством носителей до конечных видов использования и потери (согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА)). «Другие сектора» включают сельское хозяйство, промышленные и жилые здания, общественные услуги и другие конкретно не указанные сектора. «Транспортный сектор» включает дорожный транспорт, международную авиацию и международных морских буксировщиков. [рисунок 1.18]

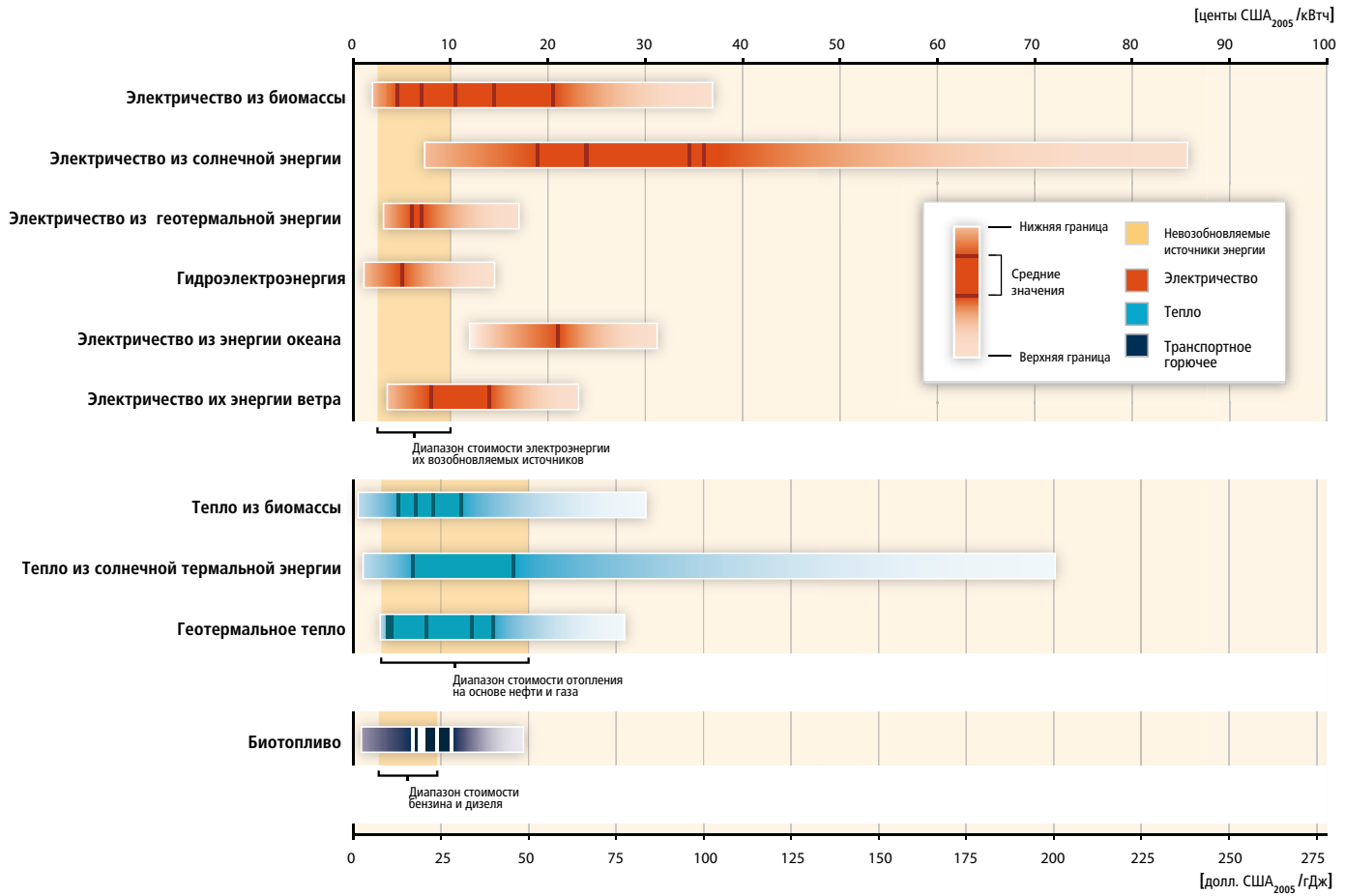
Благодаря ВИЭ может быть расширен доступ к современным энергоуслугам. В 2008 году 1,4 млрд человек во всем мире испытывали недостаток электричества, при этом почти 85 % из них в сельских районах, а число людей, зависящих от традиционного использования биомассы для приготовления пищи, оценивается в 2,7 млрд человек. В частности, опора на ВИЭ в сельскохозяйственных применениях, использование биоэнергии местного производства для выработки электроэнергии и доступ к чистым приспособлениям для приготовления пищи будут способствовать достижению всеобщего доступа к современным энергоуслугам. Переход к использованию современной энергетики упоминается в качестве движения вверх по энергетической лестнице и предполагает движение от традиционных к более современным устройствам/видам топлива, которые являются экологически благоприятными и характеризуются меньшими негативными последствиями для здоровья. Осуществление этого перехода зависит от уровня дохода. [1.4.1, 9.3.2]

Благодаря использованию ВИЭ могут быть решены проблемы энергетической безопасности, которые могут быть охарактеризованы как наличие и распределение ресурсов, а также изменчивость и надежность энергоснабжения. Поскольку технологии ВИЭ помогают диверсифицировать портфель источников энергии и уменьшить уязвимость экономики для ценовой неустойчивости и переориентировать потоки иностранной валюты в направлении уменьшения импорта энергии, они снижают социальное неравенство в области энергоснабжения. Доминирующую роль в текущих энергопоставках играют ископаемые виды топлива (нефть и природный газ), цены на которые были неустойчивыми и имели серьезные

последствия для социальной, экономической и экологической стабильности в последние десятилетия, особенно для развивающихся стран и стран с высокой долей импортируемого топлива. [1.4.1, 9.2.2, 9.3.3, 9.4.3]

Смягчение воздействий на изменение климата является одной из ключевых движущих сил, определяющих растущий спрос на технологии ВИЭ. Помимо снижения выбросов ПГ, технологии ВИЭ могут также обеспечить преимущества в отношении загрязнения воздуха и здравоохранения по сравнению с ископаемыми видами топлива. В то же время для оценки общего бремени, создаваемого энергетической системой для окружающей среды и общества, и определения потенциальных компромиссов и синергий, необходимо также учитывать экологические последствия помимо выбросов и категорий ПГ. Данный ресурс также может быть затронут изменением климата. Оценки жизненного цикла способствуют количественному сравнению выбросов «от колыбели до могилы» среди разных энергетических технологий. На рисунке TS.1.10 показана структура жизненного цикла для анализа выбросов CO<sub>2</sub> и указан качественный аспект относительных последствий ПГ для ВИЭ, атомной энергии и ископаемых видов топлива. [1.4.1, 9.2.2, 9.3.4, 11.3.1]

Использование традиционной биомассы вызывает последствия для здоровья в результате высоких концентраций твердых частиц и окиси углерода наряду с другими загрязняющими веществами. В этом контексте технологии производства возобновляемой энергии, не связанных со сжиганием, обладают потенциалом для существенного уменьшения загрязнения воздуха на местном



Примечания: Средние значения показаны для нижеследующих подкатегорий, приведенных в том же порядке, в котором они фигурируют в соответствующих диапазонах (слева направо)

Электричество	Тепло	Транспортное топливо
<p><b>Биомасса:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Совместное сжигание</li> <li>2. Небольшие комбинированные установки по производству тепла и энергии, КТЭ (газификация двигателя внутреннего сгорания)</li> <li>3. Специальная топка прямого действия и КТЭ</li> <li>4. Небольшая установка КТЭ (паровая турбина)</li> <li>5. Небольшая установка КТЭ (органический цикл Ренкина)</li> </ol> <p><b>Солнечное электричество:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Концентрированная солнечная энергия</li> <li>2. Подходящие для использования фотоэлектрические панели (одна ось и фиксированный угол наклона)</li> <li>3. Фотоэлектрические панели на крыше коммерческого здания</li> <li>4. Фотоэлектрические панели на крыше жилого здания</li> </ol> <p><b>Геотермальное электричество:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установка для быстрой конденсации</li> <li>2. Установка с бинарным циклом</li> </ol> <p><b>Гидроэнергетика:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Все типы</li> </ol> <p><b>Электричество океана:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приливно-отливная плотина</li> </ol> <p><b>Электричество ветра:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наземная</li> <li>2. Прибрежная</li> </ol>	<p><b>Тепло биомассы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установки КТЭ, работающие на муниципальных твердых отходах</li> <li>2. Установки КТЭ, работающие на анаэробном осадке</li> <li>3. Установки КТЭ с паровой турбиной</li> <li>4. Бытовая система теплоснабжения на топливных гранулах</li> </ol> <p><b>Солнечное тепловое тепло:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Бытовые системы горячей воды в Китае</li> <li>2. Нагрев воды и отопление помещений</li> </ol> <p><b>Геотермальное тепло:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплицы</li> <li>2. Открытые выборовадные пруды</li> <li>3. Центральное теплоснабжение</li> <li>4. Геотермальные тепловые насосы</li> <li>5. Геотермальное теплоснабжение зданий</li> </ol>	<p><b>Биотопливо:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кукурузный этанол</li> <li>2. Соевое дизельное топливо</li> <li>3. Пшеничный этанол</li> <li>4. Этанол из тростникового сахара</li> <li>5. Биодизельное топливо из пальмового масла</li> </ol>

Нижний диапазон нормированной стоимости энергии для каждой технологии ВИЭ определяется сочетанием наиболее благоприятных исходных значений, в то время как верхний диапазон определяется сочетанием наименее благоприятных исходных значений. Справочные диапазоны на втором плане рисунка для вариантов невозобновляемых источников энергии являются показателем нормированной стоимости централизованного производства электроэнергии невозобновляемыми источниками. Справочные диапазоны для тепла являются показателем текущих расходов на нефть и газ, основанных на вариантах теплоснабжения. Справочные диапазоны для транспортного горючего основаны на последних спотовых ценах на сырую нефть в 40-130 долл. США/баррель и соответствующей стоимости дизельного топлива и бензина, исключая налоги.

**Рисунок TP.1.9** | Диапазон текущей нормативной стоимости энергии для отдельных коммерчески доступных технологий ВИЭ по сравнению с текущей стоимостью невозобновляемой энергии. Для получения этого рисунка были агрегированы технологические подкатегории и дисконтные ставки. Соответствующие цифры с меньшим агрегированием или без такого агрегирования см. [1.3.2, 10.5, приложение III]. Дополнительная информация, касающаяся стоимости вариантов энергоснабжения из невозобновляемых источников, приводится в [10.5]. [рисунок 10.28]

и региональном уровнях и уменьшения соответствующих последствий для здоровья по сравнению с выработкой энергии на основе ископаемого топлива. Повышение эффективности использования традиционной биомассы может снизить негативные последствия для устойчивого развития (УР), включая загрязнение воздуха на локальном уровне и внутри помещений, выбросы ПГ, обезлесение и деградацию лесов. [1.4.1, 2.5.4, 9.3.4, 9.3.4, 9.4.2]

Воздействия энергетических систем на водные ресурсы в значительной степени зависят от выбора технологии и местных условий. Производство электроэнергии путем использования ветра и солнечных фотоэлектрических панелей, например, требует весьма малого количества воды по сравнению с технологиями термальной конверсии и не оказывает никаких воздействий на качество воды или воздуха. Ограниченное количество имеющейся воды для охлаждения тепловых электростанций снижает их эффективность, что может отрицательно сказаться на установках, действующих на угле, биомассе, газе, атомной или сконцентрированной

солнечной энергии. В последние годы в периоды засухи в США и Франции наблюдалось значительное уменьшение мощности электростанций, работающих на атомном или угольном топливе. Основные изменения рельефа суши вызываются в первую очередь открытыми разработками угля; угольные шахты могут являться причиной дренажа кислых шахтных вод, а в результате хранения угольной золы может происходить загрязнение поверхностных и грунтовых вод. Добыча и транспортировка нефти привела к масштабным разливам нефти на суше и в воде. Большинство технологий возобновляемых источников энергии производит меньше традиционных загрязнителей воздуха и воды, по сравнению с ископаемыми видами топлива, однако для них могут потребоваться большие земельные территории, например для таких технологий, как производство гидроэлектроэнергии на основе водохранилищ, использования энергии ветра и биотоплива. Поскольку в определенной степени изменение климата является в настоящее время неизбежным, адаптация к изменению климата также является существенным компонентом устойчивого развития. [1.4.1, 9.3.4]

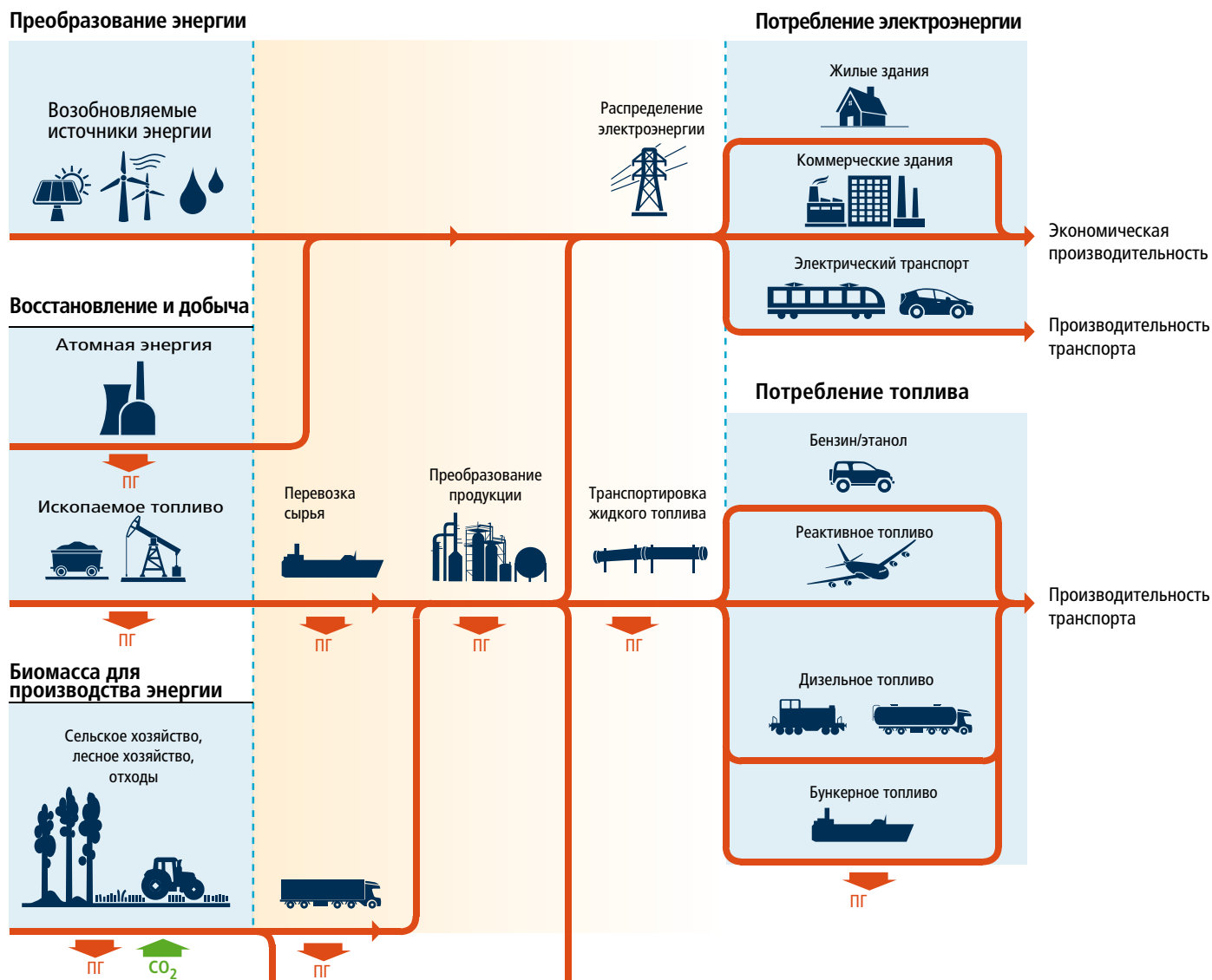


Рисунок ТР.1.10 | Примерная система производства и использования энергии, иллюстрирующая роль ВИЭ наряду с другими вариантами выработки продукции. Требуется систематический подход для проведения оценок жизненного цикла. [рисунок 1.22]



Барьеры определяются в ДО4 как «любое препятствие на пути достижения цели, потенциала адаптации или потенциала смягчения последствий, которое может быть преодолено или уменьшено с помощью политики, программы или меры». Различные барьеры для использования ВИЭ могут быть классифицированы в качестве сбоев рыночного регулирования или экономических барьеров, барьеров для информации и осведомленности, социально-культурных барьеров, а также институциональных и политических барьеров. В главе 11 дается подробная оценка политических мер и механизмов финансирования для преодоления этих барьеров. В тех случаях когда барьер имеет особое отношение к конкретной технологии, он рассматривается в соответствующих «технологических» главах этого доклада [главы 2–7]. В таблице 1.5 главы 1 дается резюме барьеров и потенциальных политических инструментов для преодоления этих барьеров. Сбои рыночного регулирования часто объясняются внешними воздействиями. Причиной этого является деятельность человека, когда хозяйствующие стороны, отвечающие за данную деятельность, не учитывают в полной мере воздействие результатов этой деятельности на другие стороны. Другим сбоем рынка является присвоение дохода монополистическими субъектами хозяйственно-экономической деятельности. В случае применения ВИЭ эти сбои рынка могут проявляться в виде недостаточных капиталовложений в создание и внедрение технических новшеств в технологии ВИЭ, недооценки экологических последствий и рисков использования энергии, а также появления держав, обладающих монополией (один продавец) или монополией (один покупатель) на энергетических рынках. К числу других экономических барьеров относятся авансовые инвестиционные расходы и финансовые риски, при этом финансовые риски иногда возникают в результате несовершенства технологии. [1.4.2, 1.5, 11.4]

*Барьеры для информации и осведомленности* включают нехватку данных о природных ресурсах, которая часто объясняется спецификой данного места (например, местные режимы ветра), нехватку квалифицированных людских ресурсов (потенциала), особенно в сельских районах развивающихся стран, а также нехватку общественной и институциональной осведомленности. Социально-культурные барьеры неразрывно связаны с ценностями и нормами общества и личности, которые негативно влияют на восприятие и приемлемость возобновляемой энергии и изменение которых происходит медленными темпами. Институциональные и политические барьеры включают существующую промышленность, инфраструктуру и регулирование энергетического рынка. Несмотря на либерализацию энергетических рынков в нескольких странах в 1990-годах, существующие промышленные структуры по-прежнему характеризуются высокой концентрацией, а нормативно-правовые положения, регулирующие деятельность энергетических предприятий во многих странах, по-прежнему составляются с учетом монопольных или практически монопольных поставщиков. Технические правила и стандарты менялись исходя из предположения о том, что энергетические системы являются крупными и централизованными, а также характеризуются высокой энергоемкостью и/или высоким электрическим напряжением. Дополнительными барьерами могут обуславливаться права на интеллектуальную собственность, тарифами в сфере международной торговли и оказанием недостаточной государственной финансовой поддержки. [1.4.2]

*Проблемы* нелегко поддаются решению при помощи политики и программ. Проблема заключается в том, что данный ресурс может быть слишком малым для того, чтобы быть полезным в конкретном месте или для конкретной цели. Некоторые ресурсы возобновляемой энергии, такие как ветер или солнечная энергия, являются изменчивыми, и ими не всегда можно воспользоваться для энергоснабжения в случае необходимости. Более того, плотность энергии многих возобновляемых источников энергии является относительно низкой, и поэтому их мощность может быть недостаточной сама по себе для отдельных целей, таких как весьма крупные промышленные предприятия. [1.4.3]

## 1.5 Роль политики, стратегии в области исследований и разработок, внедрения и осуществления

Все большее число и разнообразие политических мер в области ВИЭ, мотивированных самыми разными факторами, стимулировали ускоренный рост числа технологий ВИЭ в последние годы. Для политиков, желающих оказать поддержку разработке и применению технологий ВИЭ для целей смягчения воздействий на изменение климата, исключительно важно рассматривать потенциал ВИЭ для целей сокращения выбросов в перспективе жизненного цикла, о чем говорится в каждой главе этого доклада, посвященной разным технологиям. Были разработаны разные направления политики для рассмотрения каждого этапа процесса разработки, включающего научные исследования и опытно-конструкторские разработки (НИОКР), тестирование, использование, коммерциализацию, подготовку рынка, внедрение на рынок, техническую эксплуатацию и мониторинг, а также интеграцию в существующие системы. [1.4.1, 1.4.2, 9.3.4, 11.1.1, 11.2, 11.4, 11.5]

Обычно рассматриваются два ключевых сбой рынка: 1) внешняя стоимость выбросов ПГ не оценивается на должном уровне; и 2) использование низкоуглеродных технологий, таких как ВИЭ, приносит выгоды обществу, иные, нежели выгоды, полученные новаторами, результатом чего являются недостаточные инвестиции в подобную деятельность. [1.4, 1.5, 11.1, 11.4]

Политики и ответственные за принятие решения лица применяют различные подходы к рынку. Не существует никакого согласованного в мировом масштабе списка вариантов или классификации политических мер в области ВИЭ. С целью упрощения в настоящем докладе политика в области НИОКР и использования была структурирована в рамках следующих категорий [1.5.1, 11.5]:

- **фискальный стимул:** участникам (частные лица, коммунальные хозяйства, предприятия) предоставляется скидка на их вклад в государственную казну через подоходный и другие налоги;
- **государственное финансирование:** государственная поддержка, в соответствии с которой предполагается финансовое возмещение (ссуды, оплаченная часть капитала) или за которую берется финансовое обязательство (гарантия); и
- **регулирование:** правовая норма для руководства или контроля действий тех, к кому она применяется.

НИОКР, инновация, распространение и применение новых низкоуглеродных технологий приносят пользу обществу в дополнение к той, которую приносят разработчики, что приводит к недофинансированию подобной деятельности. Таким образом, государственные НИОКР могут играть важную роль в развитии технологий ВИЭ. Государственные инвестиции в НИОКР являются наиболее эффективными в тех случаях, когда они дополняются другими политическими инструментами, в частности политикой применения ВИЭ, которая одновременно повышает спрос на новые технологии ВИЭ. [1.5.1, 11.5.2]

Некоторые элементы политики зарекомендовали себя в качестве более эффективных и действенных в процессе быстрого расширения использования ВИЭ, однако не существует никакой универсальной политики. Опыт показывает, что различные виды политики или сочетаний этих видов могут быть более эффективными и действенными в зависимости от таких факторов, как уровень технологической разработанности, доступный капитал, легкость интеграции в существующую систему, а также местная и национальная ресурсная база для ВИЭ:

- Согласно выводам нескольких исследований некоторые стимулирующие тарифы были эффективными и действенными для поощрения производства возобновляемой электрической энергии, главным образом, благодаря

сочетанию фиксированной на долгое время цены или выплатам страховой премии, сетевым соединениям и гарантированной закупки всей возобновляемой электрической энергии. Политика квот может быть эффективной и действенной, если она разработана для снижения риска, например, благодаря долгосрочным контрактам.

- Все большее число правительств применяет бюджетно-налоговые стимулы в целях использования ВИЭ для теплоснабжения и охлаждения. Обязательства по использованию ВИЭ для теплоснабжения привлекают внимание благодаря их потенциалу, обеспечивающему поощрение роста, который не зависит от государственной финансовой поддержки.
- В секторе перевозок предписания в отношении качества топлива или смешивания топливных компонентов для ВИЭ являются ключевыми определяющими факторами в области развития самых современных отраслей, использующих биотопливо. Другие виды политики включают прямые государственные выплаты или налоговые сокращения. Эта политика оказала влияние на развитие международной торговли биотопливом и брикетами.

Одной из важных проблем является нахождение того способа, посредством которого политика в отношении ВИЭ и политика установления цен на углерод взаимодействуют таким образом, чтобы их преимущественной стороной являлись скорее синергия, а не компромиссы. В долгосрочном плане поддержка приобретения технологических знаний о ВИЭ может способствовать сокращению расходов на смягчение воздействий, а установление цены на углерод может повысить конкурентоспособность ВИЭ. [1.5.1, 11.1, 11.4, 11.5.7]

Технологии ВИЭ могут играть более важную роль, если они внедряются совместно с «благоприятной» политикой. Льготные или «благоприятные» условия для ВИЭ могут быть созданы путем рассмотрения позитивных взаимодействий данной политики с другими видами политических мер в области ВИЭ, а также с другими не связанными с ВИЭ направлениями политики, и наличие «благоприятных» условий может повысить эффективность и результативность политики, направленной на поощрение ВИЭ. Поскольку все виды улавливания и производства возобновляемой энергии связаны с пространственными факторами, в рамках соответствующей политики необходимо учитывать такие конкретные элементы, как землепользование, занятость, транспортные перевозки, сельское хозяйство, водные ресурсы, продовольственная безопасность и торговля, существующая инфраструктура, а также другие секторальные факторы. Направления государственной политики, которые дополняют друг друга, характеризуются большей вероятностью достижения успеха. [1.5.2, 11.6]

Развитие технологий ВИЭ в секторе электроэнергетики потребует, например, чтобы в рамках соответствующей политики учитывалась необходимость их интеграции в системы передачи и распределения как с технической [глава 8], так и институциональной [глава 11] точек зрения. Сеть должна быть в состоянии справляться как с традиционным – зачастую более централизованным – энергоснабжением, так и с энергоснабжением на основе ВИЭ, которое часто является непостоянным и подлежащим распределению. [1.5.2, 11.6.5]

В транспортном секторе необходимо решить вопросы, связанные с инфраструктурными потребностями в биотопливе, заправкой водородом, электромобилями на аккумуляторах или гибридными электромобилями, которые «заправляются» от электросети или от внесетевого возобновляемого источника электроэнергии.

Если лица, отвечающие за принятие решений, намерены увеличить долю ВИЭ и в то же время выполнить амбициозные задачи по смягчению воздействий на климат, то в таком случае исключительно важное значение будут иметь долгосрочные обязательства и гибкий подход к извлечению уроков из имеющегося опыта. Для достижения международных уровней

стабилизации концентрации ПГ, которые включают значительные доли ВИЭ, в течение последующих нескольких десятилетий потребуются структурный сдвиг в современных энергетических системах. Имеющийся промежуток времени ограничен несколькими десятилетиями, и необходимо разработать и интегрировать ВИЭ в систему, созданную в контексте существующей энергетической структуры, которая весьма отличается от того, что могло бы потребоваться в случае более широкого внедрения ВИЭ в будущем. [1.5.3, 11.7]

Структурный сдвиг в направлении всемирной энергетической системы, основанной, главным образом, на ВИЭ, может начаться с важной роли энергоэффективности, связанной с ВИЭ. Потребуется дополнительная политика, выходящая за пределы НИОКР, чтобы оказать поддержку развитию технологий; созданию благоприятных условий, в том числе повышение уровня образования и осведомленности; и систематической разработке интеграционной политики с привлечением большего числа секторов, включая сельское хозяйство, транспортные перевозки, управление водными ресурсами и городское планирование. Соответствующее и надежное сочетание инструментов имеет даже еще большее значение в тех случаях, когда энергетическая структура еще не разработана и ожидается существенное увеличение спроса на энергию в будущем. [1.2.5, 1.5.3, 11.7, 11.6, 11.7]

## 2. Биоэнергия

### 2.1 Введение к биомассе и биоэнергии

Биоэнергия является комплексным компонентом глобальных систем биомассы, используемых для производства продовольствия, фуража, фибры и лесоматериалов, а также для рационального обращения с отходами. Пожалуй, самым важным является то, что биоэнергия играет существенную и жизненно важную роль в обеспечении повседневных средств к существованию миллиардов людей в развивающихся странах. На рисунке TP.2.1 показаны типы биомассы, используемой для получения биоэнергии в развивающихся и развитых странах. Существенное расширение производства биоэнергии потребует сложного управления землепользованием и водопользованием; увеличения глобальной продуктивности использования сырья для получения продовольствия, фуража, фибры, лесоматериалов и энергии; значительных усовершенствований технологии преобразования; и более глубокого понимания комплексных социальных, энергетических и экологических взаимодействий, связанных с производством и использованием биоэнергии.

В 2008 году биомасса обеспечивала около 10 % (50,3 ЭДж/год) глобального предложения первичной энергии (см. таблицу TP.2.1). Основные виды использования биомассы делятся на две широкие категории:

- низкоэффективная традиционная биомасса<sup>7</sup>, такая как древесина, солома, навоз и другие экскременты, используются для приготовления пищи, освещения и отопления помещений, как правило, более бедными слоями населения в развивающихся странах. Чаще всего эта биомасса сжигается, создавая серьезные негативные последствия для здоровья и условий жизни. Во все большей степени древесный уголь становится вторым энергоносителем в сельских районах благодаря возможностям для создания продуктивных сетей. В качестве иллюстрации масштабов использования традиционной биомассы на рисунке TP.2.1 b) показано, что глобальное предложение первичной энергии

<sup>7</sup> Традиционная биомасса определяется как биомасса, потребляемая в жилищном секторе в развивающихся странах, и часто означает нестабильное использование дров, древесного угля, сельскохозяйственных отходов и навоза животных для приготовления пищи и отопления. Вся другая используемая биомасса определяется как современная биомасса; далее в этом докладе проводится различие между высокоэффективной современной биоэнергией и промышленными применениями биоэнергии с различными степенями эффективности. [приложение I] Возобновляемость и устойчивость использования биомассы обсуждается, главным образом, в разделах 2.5.4 и 2.5.5, соответственно (см. также раздел 1.2.1 и приложение I).

на основе традиционной биомассы соответствует мировому промышленному производству древесины. [2.5.4, 2.3, 2.3.2.2, 2.4.2, 2.5.7]

- для высокоэффективной современной биоэнергии используются более пригодные твердые вещества, жидкости и газы в качестве вторичных энергоносителей для производства тепла, электроэнергии, комбинированного тепла и электроэнергии (КТЭ) и транспортировки топлива для разных секторов. Жидкие виды биотоплива включают этанол и биодизель для дорожного транспорта и некоторых видов промышленного использования по всему миру. Для производства электроэнергии, тепла или того и другого используются газы на основе биомассы, получаемые в результате анаэробной ферментации сельскохозяйственных отходов и переработки муниципальных твердых отходов (МТО). Основой для наиболее важного исходного элемента для этих энергоуслуг являются твердые вещества, такие как щепы, брикеты, рекуперированная ранее использованная древесина и другие материалы. Теплоснабжение включает отопление помещений и снабжение горячей водой,

как, например, в системах центрального теплоснабжения. Общее оценочное предложение первичной биомассы для современной биоэнергетики составляет 11,3 ЭДж/год, а вторичная энергия, поставляемая конечным потребителям, составляет приблизительно 6,6 ЭДж/год. [2.3.2, 2.4, 2.4.6, 2.6.2]

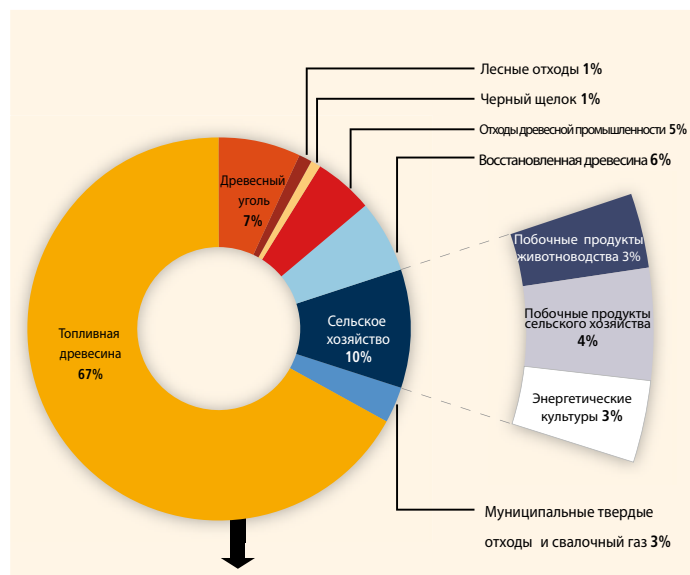
Кроме того, промышленный сектор, например отрасли, выпускающие целлюлозу и бумагу, лесоматериалы и продукты питания, ежегодно потребляет приблизительно 7,7 ЭДж биомассы, главным образом, как источника для промышленного технологического пара. [2.7.2, 8.3.4]

## 2.2 Потенциал биоэнергетических ресурсов

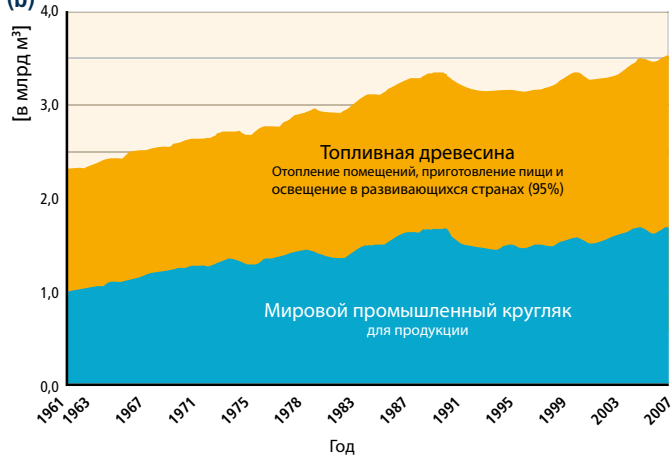
Комплексность, присущая ресурсам биомассы, делает оценку их комбинированного технического потенциала противоречивой и трудной для описания. Приводимые в литературе оценки лежат в пределах от нулевого технического потенциала (полное отсутствие биомассы для производства энергии) до максимального теоретического потенциала, составляющего согласно глобальному моделированию максимальный теоретический потенциал порядка 1 500 ЭДж. На рисунке TP.2.2 приводится резюме технических потенциалов, выявленных в основных исследованиях, включая данные из сценарного анализа в главе 10. Если рассматривать технический потенциал биомассы для получения энергии в перспективе, то глобальная биомасса, используемая для производства энергии, составляет в настоящее время приблизительно 50 ЭДж/год, а вся биомасса, используемая для получения продуктов питания, фуража и фибры, выраженная в калорийном эквиваленте, содержит порядка 219 ЭДж/год (данные 2000 года); для достижения к 2050 году объема использования биоэнергии в 150 ЭДж/год потребуется почти весь собираемый в настоящее время глобальный объем биомассы. [2.2.1]

Согласно оценке технического потенциала, основанной на анализе литературы, имеющейся в 2007 году, и дополнительных исследований при помощи моделирования, был сделан вывод о том, что верхняя граница дополнительного потенциала в 2050 году могла бы составить порядка 500 ЭДж, что показано в виде составного прямоугольника на рисунке TP.2.2. Исследование предполагает политическую рамочную основу, которая обеспечивает эффективное управление землепользованием и значительные усовершенствования в области управления сельским хозяйством и учитывает ограниченность водных ресурсов, защиту биоразнообразия, деградацию почвы и конкуренцию с продуктами питания. Отходы, получаемые от лесного хозяйства, сельского хозяйства, а также органические отходы (включая органическую фракцию МТО), навоз, технологические отходы и т.д., оцениваются приблизительно в 40-170 ЭДж/год, при этом средняя оценка равна приблизительно 100 ЭДж/год. Эта часть технического потенциала является относительно определенной, однако конкурирующие применения могут сдвинуть конечное наличие энергетических источников к нижнему краю диапазона. Избыточные лесные продукты, помимо отходов лесного хозяйства, обладают дополнительным техническим потенциалом порядка 60-100 ЭДж/год. Нижняя оценка производства энергетических культур с точки зрения возможных излишков, сельскохозяйственных и пастбищных угодий хорошего качества составляет 120 ЭДж/год. Потенциальный вклад земель со скудными водными ресурсами, а также маргинальных и деградированных земель, мог бы достигнуть дополнительных 70 ЭДж/год. Это будет включать обширную территорию, на которой скудность водных ресурсов налагает ограничения, а деградация почвы является более суровой. Предполагаемое тщательное изучение сельскохозяйственной технологии с целью совершенствования управления в области сельского хозяйства и животноводства добавит 140 ЭДж/год. Согласно этому анализу, результатом добавления всех этих трех категорий будет являться технический потенциал, достигающий порядка 500 ЭДж/год (рисунок TP.2.2).

(a)



(b)



**Рисунок TP.2.1** | (a) Доли источников глобальной первичной биомассы для производства энергии; и (b) топливная древесина, используемая в развивающихся странах, в сравнении с объемами мирового производства промышленного кругляка<sup>1</sup> [рисунок 2.1]

Примечание: 1. Продукция из кругляка включает пиловочное бревно и фанерный край для промышленности, выпускающей лесные продукты, и древесную щепу, которая используется для получения балансовой древесины, применяемой для выпуска бумаги, газетной бумаги и крафт-бумаги. В 2009 году в результате экономического спада объем производства сократился до 3,25 (общий) и 1,25 (промышленный) млрд м³.

**Таблица TP.2.1** | Примеры традиционных и отдельных современных энергетических потоков биомассы в 2008 году; примечания по отдельным потокам и проблемам учета см. в таблице 2.1. [таблица 2.1]

Тип	Приблизительная первичная энергия (Эдж/год)	Приблизительная средняя эффективность (%)	Приблизительная вторичная энергия (Эдж/год)
<b>Традиционная биомасса</b>			
Учено в статистике энергобаланса МЭА	30,7	10–20	3–6
Оценка для неформальных секторов (например, древесный уголь) [2.1]	6–12		0,6–2,4
<b>Всего традиционной биомассы</b>	<b>37–43</b>		<b>3,6–8,4</b>
<b>Современная биоэнергия</b>			
Электроэнергия и КТЭ на основе биомассы, муниципальных твердых отходов (МТО) и биогаза	4,0	32	1,3
Отопление в жилых, общественных/коммерческих зданиях на основе твердой биомассы и биогаза	4,2	80	3,4
Горячее дорожного транспорта (этанол и биодизель)	3,1	60	1,9
<b>Итого современной биоэнергии</b>	<b>11,3</b>	<b>58</b>	<b>6,6</b>

Развитие этого технического потенциала потребует значительных политических усилий, и поэтому фактическое использование будет, вероятно, на более низком уровне, а база ресурсов биомассы будет в значительной мере ограничена долей отходов биомассы и органических отходов, определенным объемом выращивания биоэнергетических культур на маргинальных и деградированных землях и некоторыми регионами, в которых биомасса является более дешевым вариантом предложения энергии по сравнению с основными эталонными вариантами (например, производство этанола из сахарного тростника). [2.2.2, 2.2.5, 2.8.3]

На основе имеющейся научной литературы сделаны следующие выводы экспертного обзора: [2.2.2-2.2.4]

- Существенные факторы включают: 1) население и развитие экономики/технологии; спрос на продовольствие, фураж и фибру (включая пищевые рационы); изменение ситуации в сельском и лесном хозяйствах; 2) воздействия изменения климата на будущее землепользование, в том числе его адаптационную способность; и 3) масштабы деградации земли, скудость водных ресурсов, биоразнообразии и требования к сохранению природы.
- Потоки отходов в сельском и лесном хозяйствах и неиспользованные (или экстенсивно используемые и, таким образом, становящиеся маргинальными/деградированными) сельскохозяйственные земли являются важными источниками для расширения производства биомассы с целью получения энергии как в ближайшей, так и долгосрочной перспективе. Ограничения, вызванные биоразнообразием, и необходимость обеспечивать сохранение



**Прогнозы на 2050 г.**

**Рисунок TP.2.2** | Резюме основных прогнозов технического потенциала глобальной земной биомассы на 2050 год для производства энергии и возможные уровни использования по сравнению с предложением глобальной общей первичной энергии и биомассы в 2008 году, а также эквивалентной энергии общего урожая биомассы в мире. [рисунок 2.25]

жизнеспособных экосистем и предотвращение деградации почв устанавливают пределы для извлечения отходов в сельском и лесном хозяйствах.

- Выращивание подходящих культур (например, многолетние культуры или древесные породы) может обеспечить более высокие технические потенциалы благодаря возможности производства биоэнергии на землях, менее подходящих для традиционных продовольственных культур, учитывая также при этом, что выращивание традиционных культур на таких землях может являться причиной выбросов углерода из почвы.
- Многофункциональные системы землепользования с производством биоэнергии, интегрированные в системы сельского и лесного хозяйств, могли бы внести вклад в сохранение биоразнообразия и способствовать восстановлению/поддержанию продуктивности почв и здоровых экосистем.
- Регионы со скудными водными ресурсами могут характеризоваться ограниченным производством. Необходимо учитывать возможность того, что перевод земель на плантации биомассы снижает наличие воды ниже створа водопользования. Использование подходящих, устойчивых к засухе энергетических культур может способствовать адаптации к ситуациям со скудными водными ресурсами. При подготовке оценок потенциалов ресурсов биомассы необходимо более тщательно учитывать ограничения и возможности, связанные с наличием воды и альтернативными видами использования.

В соответствии с вышеизложенными ограничениями в экспертном обзоре делается вывод о том, что потенциальные уровни использования биомассы для производства энергии могут находиться к 2050 году в пределах от 100 до 300 ЭДж. В то же время этот потенциал характеризуется существенными неопределенностями, такими как рыночные и политические условия, и существует сильная зависимость от показателя повышения эффективности в сельскохозяйственном секторе при производстве продуктов питания, фуража и фибры, а также лесоматериалов. Один из взятых из литературы примеров свидетельствует о том, что показатель биоэнергии может увеличиться от приблизительно 100 ЭДж/год в 2020 году до 130 ЭДж/год в 2030 году и может достигнуть 184 ЭДж/год в 2050 году. [2.2.1, 2.2.2, 2.2.5]

Для достижения верхнего предела освоения, указанного в экспертном обзоре, в 300 ЭДж/год (показано на рисунке TP.2.2) потребуются серьезные политические усилия, особенно направленные на усовершенствования и повышение эффективности в секторе сельского хозяйства, и рациональное управление землепользованием, такое как зонирование.

## 2.3 Биоэнергетические технологии и применения

Коммерческие биоэнергетические технологии и применения включают производство тепла в масштабах от домашнего приготовления пищи на плитах до крупных систем центрального теплоснабжения; производства энергии из биомассы на основе сжигания, КТЭ или совместного сжигания биомассы и ископаемых видов топлива; и жидкого топлива первого поколения из масляных культур (биодизель), сахарные и крахмальные культуры (этанол), как это показано сплошными линиями на рисунке TP.2.3. На этом рисунке также показаны способы получения сырьевых материалов (например, акватической биомассы), методы переработки и продукты<sup>8</sup> [2.3, 2.6, 2.7, 2.8]

В разделе 2.3 рассматриваются ключевые вопросы, связанные с производством биомассы и логистикой снабжения сырьевым материалом пользователей (частные лица в случае традиционной или современной биомассы, фирмы,

которые применяют и производят вторичные энергетические продукты, а также во все большей степени неформальный сектор производства и распределения древесного угля). Технологии преобразования, которые трансформируют биомассу в удобные вторичные энергоносители, пользуются термохимическими, химическими или биохимическими процессами, и их краткое описание дается в разделах 2.3.1-2.3.3 и 2.6.1-2.6.3. В главе 8 рассматривается интеграция энергетической продукции в существующие или развивающиеся энергосистемы. [2.3.1-2.3.3, 2.6.1-2.6.3]

## 2.4 Глобальный и региональный статус рынков и развития промышленности

Обзор рынков и политики, связанных с биомассой, показывает, что биоэнергетика характеризовалась быстрыми темпами развития в последние годы, например использование современной биомассы для производства жидких и газообразных энергоносителей (увеличение на 37 % с 2006 по 2009 годы). Согласно, в частности, прогнозам МЭА, использование биомассы приведет к существенному увеличению доли ВИЭ, стимулом чего в некоторых случаях являются поставленные национальные задачи. Объем международной торговли биомассой и биотопливом также стал значительно большим за последние годы, при этом на 6 % увеличилась доля биотоплива (только этанол и биодизель) (доходившая до 9 % в 2008 году), которое продавалось на международном рынке, а производство гранулированной продукции для энергетических целей увеличилось на одну треть в 2009 году. Это производство способствовало как более широкому использованию биомассы в регионах, поставки в которые были затруднены, так и мобилизации ресурсов из районов с недостаточным спросом. В то же время сохраняются многочисленные барьеры в области развития эффективной товарной торговли биомассой и биотопливом, которые соответствуют критериям устойчивости. [2.4.1, 2.4.4]

Во многих странах политический контекст для биоэнергии, и, в частности, биотоплива, быстро и резко менялся в последние годы. Обсуждение вопроса о конкуренции между использованием биомассы для производства продуктов питания или топлива, а также о все большей озабоченности по поводу других конфликтов привело к решительному сдвигу в области разработки и осуществления критериев и рамочной основы устойчивости, а также к изменениям в целевых уровнях и сроках для биоэнергии и биотоплива. Кроме того, благодаря поддержке передовых вариантов биообработки и биотоплива следующего поколения<sup>9</sup> использование биоэнергии становится все более устойчивым. [2.4.5]

Последовательная и стабильная политическая поддержка была ключевым фактором в наращивании потенциала для производства биомассы и рынков, что требует наличия инфраструктуры и конверсионного потенциала, который со временем становится все более конкурентоспособным. Эти условия привели к столь успешному осуществлению бразильской программы, что расходы на производство этанола являются сейчас более низкими по сравнению с расходами на производство бензина. Благодаря выжимке волокна сахарного тростника получают тепло и электроэнергию, при этом структура энергетического портфеля в значительной мере основана на ВИЭ и это сводит к минимуму импорт иностранной нефти. В Швеции и Финляндии также наблюдается существенный рост возобновляемой электроэнергии и повышение эффективности управления комплексными ресурсами, результатом чего является неуклонное внедрение инноваций, таких как промышленный симбиоз смежных отраслей. США сумели быстро увеличить производство благодаря согласованию национальной и субнациональной политики в области энергетики в 1980-1990-е годы и

<sup>8</sup> Виды биотоплива, произведенного на основе новых процессов, также называют передовыми видами биотоплива или видами биотоплива следующего поколения, например, лигноцеллюлозное биотопливо.

<sup>9</sup> Биотопливо, производимое на основе новых процессов (например, из лингоцеллюлозной биомассы), также именуется передовым биотопливом..

биотоплива в период с 1990-х до настоящего времени, поскольку увеличились цены на нефть и нестабильность в ключевых странах-производителях, и ускорить развитие сельских районов и обеспечить безопасность энергоснабжения. [2.4.5]

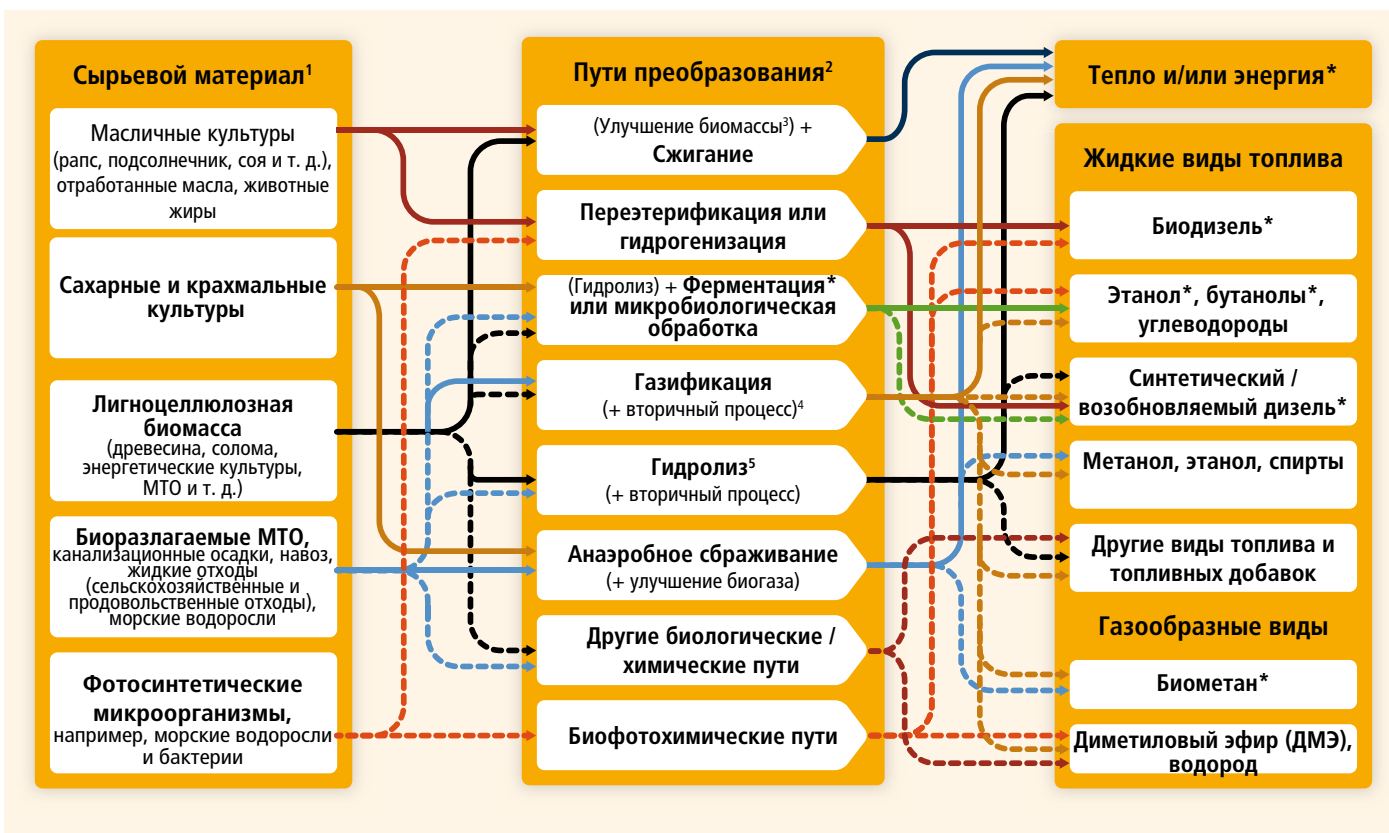
Страны отличаются друг от друга в плане их приоритетов, подходов, технологических выборов и схем поддержки для дальнейшего развития биоэнергетики. Сложные ситуации, связанные с рынком и политикой, возникают в тех случаях, когда страны пытаются сбалансировать конкретные приоритетные задачи в области сельского хозяйства и землепользования, энергетической политики и безопасности, развития сельских районов и охраны окружающей среды, учитывая при этом специфический этап развития, географический доступ к ресурсам, а также наличие и стоимость ресурсов. [2.4.5, 2.4.7]

Одна общая тенденция заключается в том, что политика, связанная с биоэнергией и биотопливом, становится более целостной, а устойчивость становится более значимым критерием на отправной точке. Это относится к ЕС, США и Китаю, а также ко многим развивающимся странам, таким как Мозамбик и Танзания. Это позитивное событие, которое, однако, ни в коей мере не характеризуется стабильным характером. Результатом фрагментации усилий могут стать 70 зарегистрированных во всем мире к 2009 году инициатив, направленных на разработку и внедрение рамочных структур устойчивости и систем сертификации для биоэнергии и биотоплива, а также сельского и лесного хозяйств. Широко подчеркивается необходимость в согласовании, а также международном и многостороннем сотрудничестве и диалоге. [2.4.6, 2.4.7]

## 2.5 Экологические и социальные последствия

Производство биоэнергии характеризуется сложными взаимодействиями с другими социальными и экологическими системами. Проблемы, лежащие в диапазоне от здравоохранения и нищеты до биоразнообразия и дефицита и качества воды, меняются в зависимости от многих факторов, включая местные условия, выбор технологий и сырьевых материалов, разработку критериев устойчивости, а также проектирование и осуществление конкретных проектов. Пожалуй, наиболее важным является общее руководство и управление землепользованием в тех случаях, когда биомасса производится для энергетических целей на пределе спроса в отношении продовольствия и других потребностей в продукции сельского хозяйства, животноводства и производстве фибры. [2.5]

Прямые изменения в землепользовании (ПИЗП) происходят, когда производство биоэнергетического сырья меняет существующее землепользование, результатом чего является изменение накоплений углерода выше и ниже поверхности земли. Косвенные ИЗП (КИЗП) происходят, когда изменение в объеме производства сельскохозяйственной продукции (т.е. уменьшение объема продовольственной или кормовой продукции, вызванное переводом сельскохозяйственных земель на производство биоэнергетического сырья), приводит к стимулированному рынком сдвигу в деятельности, связанной с управлением землями (т.е. ПИЗП) за пределами региона расширения первичного производства). КИЗП не проявляется непосредственным образом, и его сложно смоделировать и трудно



**Рисунок TP.2.3** | Схематическое изображение разнообразных коммерческих (сплошные линии) и развивающихся биоэнергетических маршрутов (пунктирные линии) от сырьевой биомассы через термохимические, химические, биохимические и биологические маршруты преобразования в тепло, электроэнергию, КТЭ и жидкие или газообразные виды топлива. Коммерческие продукты помечены звездочкой. [рисунок 2.2, 2.1.1]

Примечания: 1. Части каждого сырьевого материала могут быть использованы в других маршрутах. 2. Каждый маршрут может также производить побочные продукты. 3. Улучшение биомассы включает процессы уплотнения (такие, как гранулирование, пиролиз, прокалывание и т.д.). 4. Процессы анаэробного сбраживания разных газов, которые могут быть улучшены для получения биометана, главным образом, метана - основного компонента природного газа. 5. Могут быть другие маршруты термальной обработки, такие как гидротермальная обработка, сжижение и т.д. Другие химические маршруты включают преобразование в водной фазе. ДМЭ=диметиловый эфир.

объяснить одной лишь причиной, поскольку многочисленные действующие факторы, а именно промышленность, страны, политика и рынки, динамично взаимодействуют. [2.5.3, 9.3.4.1]

В тех случаях когда расширение землепользования в связи с производством биомассы для получения биоэнергии сопровождается повышением эффективности сельскохозяйственного управления (например, интенсификация производства многолетних культур и животноводства на деградированных землях), можно избежать нежелательных последствий КИЗП. При отсутствии управления могут возникать конфликты. Общая эффективность работы систем по производству биоэнергии взаимосвязана поэтому с управлением использованием землями и водными ресурсами. Эти факторы характеризуются возможностью компромиссов, и их необходимо регулировать на основе надлежащих стратегий и принятия решений (рисунок ТР.2.4). [2.5.8]

Большинство биоэнергетических систем могут способствовать смягчению воздействий на изменение климата в том случае, если они заменяют использование традиционных видов ископаемого топлива и если низкими являются выбросы при производстве биоэнергии. Значительные выбросы закиси азота при производстве сырьевых материалов и использовании ископаемых видов топлива (особенно угля) в процессе преобразования биомассы могут оказать значительное воздействие на уменьшение объемов ПГ. Варианты сокращения выбросов ПГ включают наилучшую практику в области рационального использования удобрений, технологическую интеграцию для минимизации потерь, использование избыточного тепла, а также использование биомассы или других низкоуглеродных источников энергии в качестве технологического топлива. В то же время коэффициент замещения (выбросы ПГ относительно содержания углерода в биомассе) может быть низким, когда дополнительная сырьевая биомасса используется для технологической энергии в процессе преобразования, за исключением получения перемещенной энергии из угля. Если сырьевая биомасса может производить как жидкое топливо, так и электроэнергию, то коэффициент перемещения может быть высоким. [2.5.1–2.5.3]

Существуют различные методы оценки выбросов ПГ для ключевых вариантов производства биотоплива первого и второго поколений. Хорошо управляемые биоэнергетические проекты могут существенно сократить выбросы ПГ по сравнению с альтернативными вариантами ископаемого топлива, особенно когда для получения электроэнергии и тепла используются лигноцеллюлозная биомасса и когда этот сырьевой материал доступен для коммерческой реализации. Преимущества могут быть достигнуты благодаря надлежащему использованию сельскохозяйственных и органических отходов, главным образом, отходов животноводства. Более распространенные системы производства биотоплива характеризуются существенными сокращениями выбросов ПГ по сравнению с типами перемещенного топлива, если не принимать во внимание никаких КИЗП. На рисунке ТР.2.5 показаны диапазоны выбросов ПГ в течение цикла жизни их источника, связанных с различными технологиями производства энергии на основе современной биомассы в сравнении с соответствующими стандартными системами на основе ископаемого топлива, обычно используемых в этих секторах. Коммерческие цепочки, такие как прямая энергия биомассы, энергия на основе биогаза, получаемого посредством анаэробного сбраживания, и весьма эффективные современные технологии отопления показаны справа и обеспечивают значительные сокращения ПГ по сравнению с ископаемыми видами топлива. Более подробное мета-аналитическое исследование ПГ, в котором сравниваются многие технологии производства электроэнергии на основе биомассы, приводятся на рисунке 2.11, на котором показано, что большинство оценок выбросов ПГ в течение срока жизни их источника группируется в диапазоне от 16 до 74 г CO<sub>2</sub>экв/кВтч.

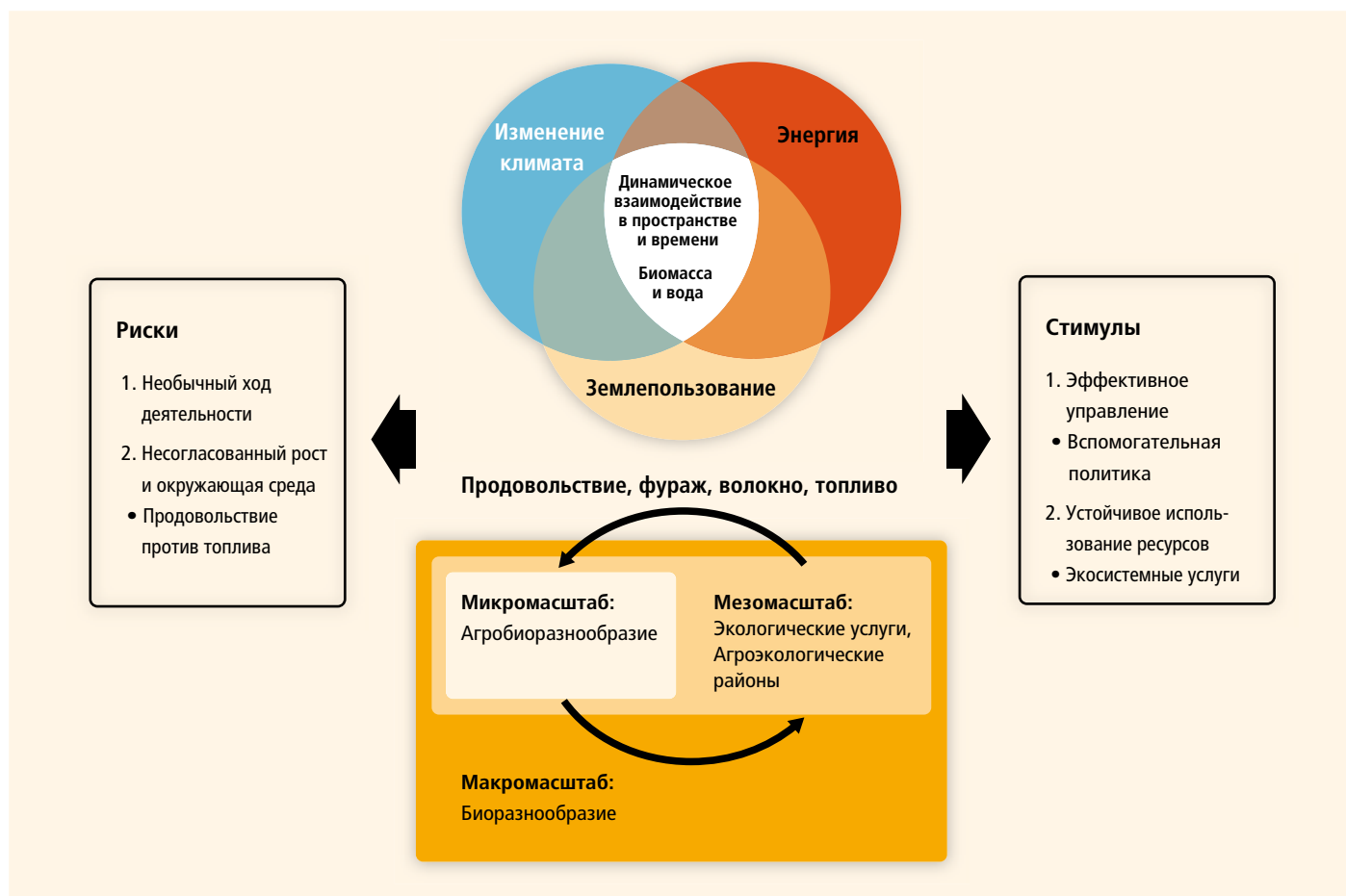
Транспортный сектор рассматривается с точки зрения сегодняшней и завтрашней технологий. Для применения транспортных средств малой грузоподъемности сахарный тростник сегодня и лигноцеллюлозное сырье в среднесрочной перспективе могут обеспечить существенные сокращения выбросов по сравнению с бензином. В случае дизеля диапазон выбросов ПГ зависит от исходного углеродного следа. Полученный из биомассы биометан также может сократить выбросы (по сравнению с природным газом) в транспортном секторе. [2.5.2, 9.3.4.1]

Если с целью производства биоэнергии меняется пользование землями с высоким содержанием углерода (особенно лесов и лесов на осушенных торфяных почвах), предварительные выбросы могут вызвать отставание по времени от десятилетий до веков до того, как будут достигнуты чистые сокращения выбросов. В отличие от этого создание биоэнергетических плантаций на маргинальных и деградированных почвах может привести к ассимиляции CO<sub>2</sub> в почвах и наземной биомассе и после сбора урожая для производства энергии это заменит использование ископаемого топлива. Исключительно важным для достижения хороших экономических показателей являются надлежащее управление землепользованием (например, правильное зонирование) и выбор систем для производства биомассы. Использование органических отходов бывших в употреблении материалов и побочные продукты от деятельности сельскохозяйственной и лесной отраслей промышленности не являются причиной изменений в землепользовании, если эти источники биомассы не использовались для альтернативных целей. [2.5.3]

Лигноцеллюлозное сырье для биоэнергии может уменьшить давление на первичные пахотные земли. Стимулирование более высокой продуктивности при всех формах землепользования снижает нагрузку, связанную с изменениями в землепользовании. [2.2.4.2, 2.5.2]

Анализ имеющейся литературы по КИЗП показывает, что исходным моделям не хватало географической разрешающей способности, из-за чего более высокая доля землепользования была отнесена к категории обезлесения. Хотя в исследовании 2008 года фигурировал коэффициент КИЗП в 0,8 (потеря 0,8 га лесных земель на каждый гектар земли, используемый для получения биоэнергии), в более поздних исследованиях (2010 год) утверждалось, что результаты совмещенных макроэкономических и биофизических моделей свидетельствовали о сокращении до коэффициента 0,15-0,3. Главными факторами являются показатель повышения эффективности управления в сельском хозяйстве и животноводстве и показатель использования биоэнергетической продукции. Результаты, полученные благодаря повышению сложности моделей и точности данных о фактической динамике распределения земель в основных странах – производителях биотоплива, позволяют уменьшить общие последствия изменений в землепользовании, однако они все еще характеризуются значительными неопределенностями. Во всех исследованиях признается, что ключевым фактором является управление землепользованием в целом. Исследования, направленные на совершенствование методов оценки и изменений в землепользовании (ИЗП), а также улучшение доступности и повышение качества информации о текущем землепользовании, продукции, полученной с использованием биоэнергии, и других потенциальных движущих факторах ИЗП могут способствовать проведению оценки и обеспечить механизмы для уменьшения риска ИЗП, вызванных биоэнергией. [2.5.3, 9.3.4.1]

Последствия биоэнергии для загрязнения воздуха зависят как от биоэнергетической технологии (включая технологии контроля загрязнения), так и технологии передачи энергии. Усовершенствованные кухонные плиты для использования традиционной биомассы могут обеспечить значительное и экономически эффективное уменьшение выбросов ПГ наряду с существенными



**Рисунок TP.2.4** | Сложные динамические взаимодействия между обществом, энергией и окружающей средой, связанные с биоэнергией. Практическими примерами обычного хода деятельности являются подходы, связанные с несогласованным производством продовольствия и топлива, которые возникают при неэффективном управлении землепользованием. [рисунок 2.15]

побочными выгодами для 2,7 млрд человек, которые зависят от традиционной биомассы в качестве топлива для приготовления пищи и отопления, в том, что касается здоровья и качества жизни. [2.5.4, 2.5.5]

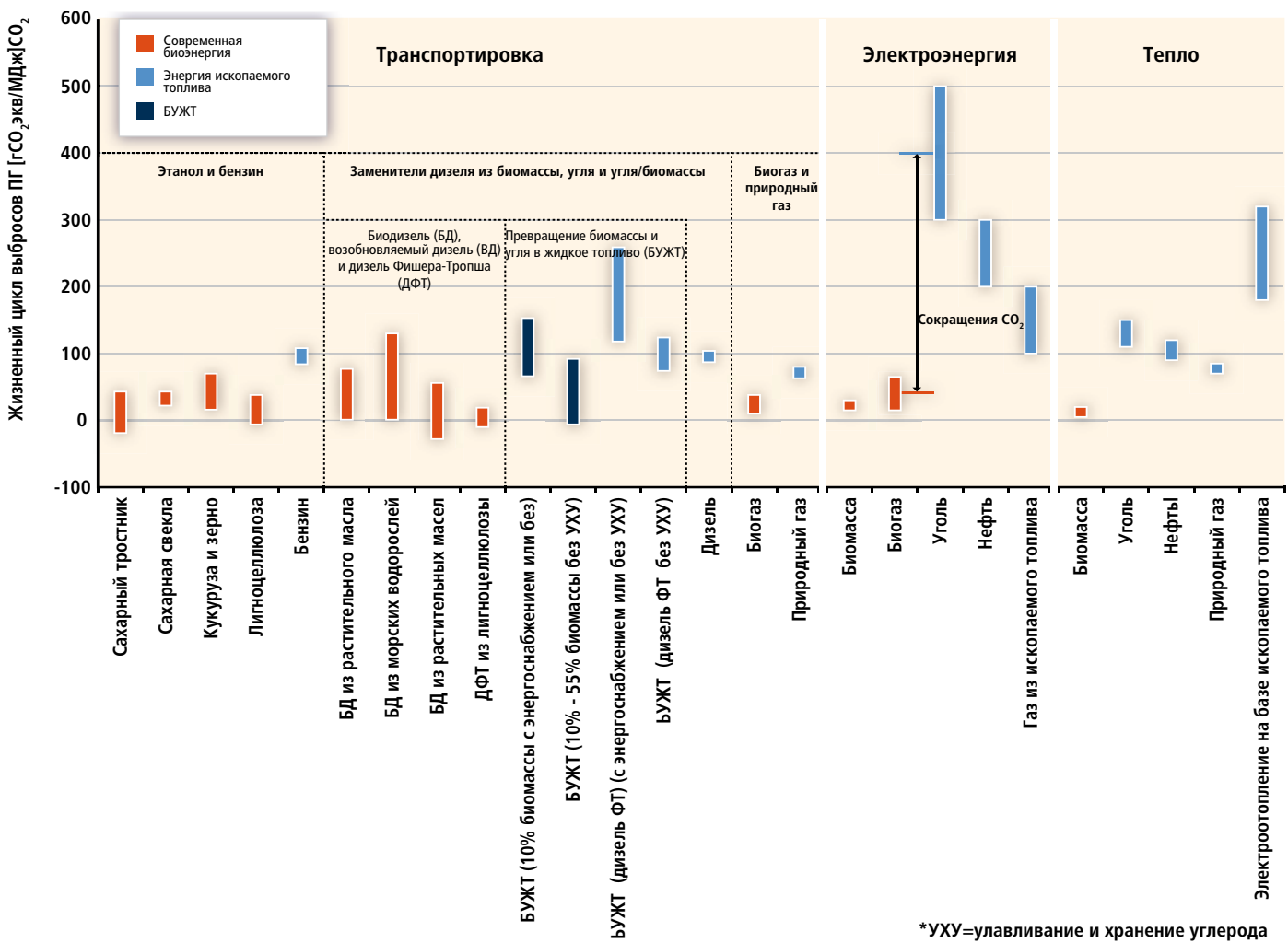
Без наличия должного управления возросшее производство биомассы могло бы столкнуться с усиленной конкуренцией за водные ресурсы в критических областях, что является весьма нежелательным. Вода – это жизненно важный вопрос, который требует более тщательного анализа на региональном уровне для понимания всех последствий изменений в управлении озеленением и землепользованием. Последние исследования показывают, что можно добиться значительного повышения эффективности использования воды в традиционном сельском хозяйстве, выращивании биоэнергетических культур и в зависимости от данного места и климата системах выращивания многолетних культур посредством совершенствования мер по удержанию воды и уменьшению прямой эвапорации из почвы. [2.5.5, 2.5.5.1]

Аналогичные замечания можно сделать в отношении биоразнообразия, хотя в данном случае существует большая научная неопределенность, вызванная продолжающимся обсуждением методов оценки последствий биоразнообразия. Очевидно, что стимулирование крупномасштабных монокультур за счет природных районов является пагубным для биоразнообразия, что было отражено в Конвенции о биологическом разнообразии 2007 года. В то же время объединение разных многолетних трав с древесными культурами в сельскохозяйственных ландшафтах может также повысить содержание углерода

в почве и ее продуктивность, уменьшить возможность поверхностных оползней и местных внезапных паводков, обеспечить экологические коридоры, ослабить ветры и водную эрозию, а также уменьшить количество наносов и питательных веществ, переносимых в речные системы. Сбор лесной биомассы может улучшить условия для пересадки растений, повысить продуктивность и темпы роста оставшихся лесонасаждений и снизить риск случайных лесных пожаров. [2.5.5.3]

Социальные последствия, связанные со значительным расширением производства биоэнергии, являются сложными и трудными для количественного определения. Спрос на биотопливо является одним из движущих факторов роста спроса в сельскохозяйственном и лесном секторах и поэтому способствует глобальному увеличению цен на продовольствие. Даже учитывая выгоду от повышения цен для малоимущих фермеров, более высокие цены на продовольствие негативно скажутся на прожиточном минимуме различных слоев населения, продовольственной безопасности и питания детей. С другой стороны, биотопливо может также предоставить развивающимся странам возможности для достижения прогресса в развитии сельских районов и увеличении сельскохозяйственного производства, особенно когда этот рост является экономически устойчивым. Кроме того, могут быть снижены расходы на импортируемое ископаемое топливо. В то же время вопрос о том, окажутся ли сельские фермеры конечными выгодоприобретателями, в значительной мере зависит от того, каким образом организована производственная цепочка и как осуществляется управление землепользованием. [2.5.7.4-2.5.7.6, 9.3.4]





**Рисунок TP.2.5** | Диапазоны выбросов ПГ на единицу производства энергии (МДж) из основных современных сетей биоэнергетики в сопоставлении с существующими и отдельными передовыми энергосистемами на ископаемом топливе (связанные с землепользованием чистые изменения в запасах углерода и последствия управления землями исключаются). Показаны коммерческие и разрабатываемые системы (например, биотопливо из морских водорослей, процесс Фишера-Тропша) для технологий на основе биомассы и ископаемого топлива. Если технологии УХУ являются эффективными, улавливание и поглощение выбросов углерода из биомассы может компенсировать выбросы при производстве энергии на основе ископаемого топлива. [рисунок 2.10]

Развитие устойчивой рамочной основы и стандартов может уменьшить потенциальные негативные последствия, связанные с производством биоэнергии, и привести к более высокой эффективности по сравнению с существующими сегодня системами. Биоэнергия может способствовать смягчению воздействий на изменение климата, безопасному и диверсифицированному энергоснабжению, а также экономическому развитию как в развитых, так и в развивающихся странах, однако влияние биоэнергии на экологическую устойчивость может быть позитивным или негативным в зависимости от местных условий, а также от того, каким образом определяются критерии и каким образом проекты разрабатываются и осуществляются, среди многих прочих факторов. [2.4.5.2, 2.8.3, 2.5.8, 2.2.5, 9.3.4]

## 2.6 Перспективы совершенствования и интеграции технологии

Дальнейшее совершенствование в области производства сырьевой биомассы и конверсионных технологий является вполне возможным и необходимым, если биоэнергия должна способствовать глобальному энергоснабжению в той степени, которая отражена в виде высоких уровней использования, показанных на рисунке TP.2.2. Повышение продуктивности земли, будь-то для целей производства продовольствия или энергии, является исключительно важной предпосылкой для реализации будущего крупномасштабного использования биомассы для получения энергии, поскольку

более обширные площади будут предоставляться для выращивания биомассы и будет снижен связанный с этим спрос на землю. Кроме того, многофункциональные системы земле- и водопользования могли бы развиваться наряду с биоэнергетикой и предприятиями по биопереработке, интегрированными в системы сельского и лесного хозяйств, способствуя сохранению биоразнообразия и помогая восстанавливать/сохранять производительность почвы и здоровые экосистемы. [2.6.1]

Лигноцеллюлозное сырье является весьма перспективным, поскольку оно 1) не конкурирует непосредственным образом с производством продовольствия; 2) может производиться конкретно для энергетических целей, способствуя более высокой производительности на единицу земной площади и обширному рынку энергетических продуктов; 3) может собираться в качестве отходов от выращивания культур и других систем, что повышает эффективность землепользования; и 4) обеспечивает интеграцию операций по удалению отходов с целым рядом других отраслей промышленности, открывая перспективы для совместной работы отраслей промышленности на местном уровне. Литература о конверсионных технологиях и инвестиционные тренды в этом секторе свидетельствуют о том, что промышленность готова увеличить диверсификацию продукции, как это было сделано нефтяной промышленностью, уделяя при этом повышенное внимание видам топлива с высокой энергоемкостью, предназначенных для воздушного транспорта – применения, для которого другие безуглеродные виды топлива не были определены. [2.6.4]

Новое поколение сырья из аквакультур, производящего растительные липиды, позволяющие получать дизель, авиакеросин или более ценные продукты из CO<sub>2</sub> и воды при помощи солнечного света, может стать основой для стратегий, предназначенных для уменьшения воздействий на землепользование, поскольку водоросли могут произрастать в солоноватой воде, в почвах, не пригодных для культивации, и в промышленных сточных водах. Водорослевые организмы могут функционировать в темноте и метаболизировать сахара для получения топлива и химических веществ. Многие микробы могут стать микроскопическими фабриками для производства конкретных продуктов, топлива и материалов, благодаря чему уменьшается зависимость общества от ископаемых источников энергии. [2.6.1.2, 2.7.3]

Несмотря на достижение большого технического прогресса, более сложная переработка, необходимая для твердой лигноцеллюлозной биомассы, и внедрение ряда новых мер требуют времени и оказания поддержки для прохождения «долины смерти» на демонстрационных установках или первых установках подобного рода в целях ранней коммерциализации. Прогнозируемая стоимость биотоплива из широкого ряда источников и технологические переменные в большой степени зависят от стоимости сырья и находятся в пределах 10-30 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж. Национальные академии США прогнозируют 40-процентное сокращение оперативных расходов на биохимические маршруты, которые составят к 2035 году 12-15 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж. [2.6.3, 2.6.4]

Газификация биомассы дает в настоящее время около 1,4 ГВт в промышленных и термических применениях и совместном сжигании. Со временем повысилась эффективность мелкомасштабных систем – от кухонных печей и систем анаэробной переработки до небольших газогенераторов. Многие лица проявляют особый интерес к энергоустановкам комбинированного цикла комплексной газификации (КЦКГ), которые используют биоэнергию в качестве сырья. Согласно прогнозам, эти установки будут более эффективными по сравнению с традиционными системами паровых турбин, однако они не достигли еще полноценной коммерциализации. В то же время они также могут быть включены в системы УХУ более эффективным образом. Помимо производства энергии, сингаз из установок для газификации может быть использован для производства широкого ассортимента топлива (метанол, этанол, бутанолы и синдизель) или может использоваться в комбинированном процессе производства энергии и топлива. До сих пор технические и инженерные проблемы мешали более быстрому использованию этого технологического варианта. В процессе преобразования биомассы в жидкости используется коммерческая технология, разработанная для ископаемых видов топлива. На рисунке TP.2.5 показаны прогнозируемые выбросы в результате процесса превращения угля в жидкие виды топлива и компенсация выбросов, которая может быть обеспечена биомассой в течение всего процесса удаления ПГ из атмосферы в случае сочетания с технологиями УХУ. Газообразные продукты (водород, метан, синтезированный природный газ) характеризуются меньшими расчетными производственными затратами и находятся на раннем этапе коммерциализации. [2.6.3, 2.6.4]

Пиролизное и гидротермальное масла – это масла, транспортировка которых обходится дешево, которые используются в тепловых устройствах или устройствах для УХУ и могут стать сырьем для повышения качества либо в отдельных установках, либо в сочетании с процессом обработки на нефтехимических предприятиях. [2.3.4, 2.6.3, 2.6.4, 2.7.1]

Производство биогаза из разнообразных потоков отходов и повышение его качества до уровня биометана уже выходит на небольшие рынки для многочисленных применений, включая транспорт в небольших сетях в Швеции, а также тепло- и энергоснабжение в скандинавских и европейских странах. Ключевым фактором является комбинация потоков отходов, включая сельскохозяйственные отходы. Требуется также более совершенный процесс повышения качества и снижение затрат. [2.6.3, 2.6.4]

Многочисленные технологии получения биоэнергии/биотоплива создают широкие возможности для сокращения и поглощения выбросов при помощи системы УХУ. По мере дальнейших разработок и испытаний технологий УХУ сочетание процесса ферментации с концентрированными потоками CO<sub>2</sub> или КЦКГ создает возможности для получения углероднейтральных видов топлива, а в некоторых случаях негативных чистых выбросов. Достижению этой цели будут способствовать правильно спроектированные системы, которые объединяют отбор биомассы, систему поставки сырья, преобразование во вторичный энергоноситель и интеграцию этого носителя в существующие или будущие энергосистемы. [2.6.3, 2.6.4, 9.3.4]

## 2.7 Текущие затраты и тенденции

Компонентами стоимости конечных продуктов являются производство биомассы, логистика поставок и конверсивные процессы. [2.3, 2.6, 2.7]

Экономические показатели и продуктивность сырьевых материалов колеблется в широких пределах в зависимости от региона мира и вида сырья, при этом затраты лежат в пределах 0,9-16 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж (данные за период 2005-2007 годов). Производство сырья для получения биоэнергии конкурирует с лесным и продовольственным секторами, однако комплексные производственные системы, такие как агролесное хозяйство или культивирование смешанных культур, могут обеспечить синергию наряду с дополнительными экологическими услугами. Обработка и транспортировка биомассы с места производства к установкам по ее преобразованию может повысить общие затраты на производство биоэнергии на 20-50%. Такие факторы, как расширение масштабов и технологические инновации усиливают конкуренцию и способствуют снижению экономических и энергетических затрат в цепях поставки более чем на 50%. Для транспортировки на расстояния свыше 50 км требуется увеличение концентрации посредством гранулирования или брикетирования. [2.3.2, 2.6.2]

Конкурентоспособным может быть использование существующих сегодня нескольких важных биоэнергетических систем, главным образом, получение этанола из сахарного тростника и производство тепло- и электроэнергии из отходов, в том числе отходов биомассы. [таблицы 2.6, 2.7]

На рисунке TP.2.6 кратко изложены оценочные производственные затраты для коммерческих биоэнергетических систем разных масштабов, основанные на стандартизированной методологии, описанной в приложении II, и данные о затратах и производственных характеристиках, кратко изложенные в приложении III, с учетом в определенной степени географических регионов. Соответствующие величины включают затраты, связанные с производством, логистикой поставок и преобразованием. [1.3.2, 2.7.2, 10.5.1, приложение II, приложение III]

Затраты меняются в зависимости от региона мира, типов сырья, затрат на поставку сырьевого материала, масштабов производства биоэнергии, а также времени производства в течение года, которое часто носит сезонный характер. Примерами оценочных нормированных коммерческих затрат на биоэнергию<sup>10</sup> являются такие приблизительные диапазоны, как 2-48 долл. США<sub>2005</sub> для жидких и газообразных видов биотоплива; приблизительно 3,5-25 центов США<sub>2005</sub>/кВтч (10-50 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж для электроэнергии или систем УХУ, мощность которых превышает почти 2 МВт (при стоимости сырья 3 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж и стоимости теплоснабжения в 5 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж для пара или 12 долл. США<sub>2005</sub>/

<sup>10</sup> Как и в случае производства электроэнергии в системах КТЭ, когда при расчетах предполагалось определенное значение для совместно производимого тепла, в отношении биотопливных систем имеются случаи, когда получаются два побочных продукта; например, при превращении сахарного тростника в сахар, этанол и электроэнергию. Доход от побочной продукции сахара может составить порядка 2,6 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж и при этом показателе стать ниже стоимости этанола.

ГДж для горячей воды); и приблизительно 2-77 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж для систем бытового или центрального теплоснабжения при стоимости сырья в диапазоне 0-20 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж (твердые отходы – древесные топливные гранулы). Эти расчеты относятся к данным 2005-2008 годов и выражены в долл. США<sub>2005</sub> при 7-процентной дисконтной ставке. Стоимостные диапазоны для биотоплива, фигурирующие на рисунке TP.2.6, охватывают американский континент, Индию, Китай и европейские страны. Для систем теплоснабжения эти затраты касаются, главным образом, европейских стран, а расходы на электроснабжение и УХУ относят, главным образом, к крупным странам-потребителям. [2.3.1-2.3.3, 2.7.2, приложение III]

В среднесрочной перспективе эксплуатационные характеристики существующих биоэнергетических технологий еще могут быть значительно улучшены, в то время как новые технологии предлагают перспективу более эффективного и конкурентоспособного использования биомассы для производства энергии (и материалов). Биоэнергетические системы, а именно для производства этанола и биоэнергии, характеризуются процессом обучения в сфере технологий и соответствующими сокращениями стоимости при темпах обучения, сопоставимыми с темпами других технологий ВИЭ. Это относится к системам земледелия (благодаря прогрессу в управлении сельскохозяйственным производством сахарного тростника и маиса), системам поставок и логистики (что наблюдается в скандинавских странах и в сфере международной логистики) и конверсионным технологиям (производство этанола, энергии и биогаза), как это показано в таблице TP.2.2.

Хотя не все варианты биоэнергии, рассмотренные в главе 2, были подробно проанализированы с точки зрения процесса обучения в области технологий, несколько важных биоэнергетических систем снизили свои затраты и повысили экологические характеристики. В то же время они до сих пор, как правило, нуждаются в правительственных субсидиях, предоставляемых для целей экономического развития (например, уменьшение масштабов нищеты и безопасное энергоснабжение) и по другим соображениям, конкретно относящимся к данной стране. Что касается традиционной биомассы, то древесный уголь, изготовленный из биомассы, является основным топливом в развивающихся странах, и ее использованию должно способствовать применение высокоэффективных обжиговых печей. [2.3, 2.6.1, 2.6.2, 2.6.3, 2.7.2, 10.4, 10.5]

Конкурентоспособность производства биоэлектрoэнергии (на основе метана или биотоплива) зависит от интеграции с системами конечного пользования, технических характеристик таких альтернатив, как энергия ветра и солнца, разработка технологий УХУ в сочетании с переработкой угля, а также атомная энергия. Успешное использование УХУ в сочетании с переработкой биомассы могло бы привести к удалению ПГ из атмосферы и привлекательным уровням издержек на смягчение воздействия, однако до сих пор этому методу не придавалось существенного значения. [2.6.3.3, 8.2.1, 8.2.3, 8.2.4, 8.3, 9.3.4]

Таблица TP.2.3 показывает, что в ближней и среднесрочной перспективе ожидается снижение затрат на определенную ключевую биоэнергетическую технологию. В отношении лигноцеллюлозных видов биотоплива последние анализы свидетельствовали о том, что потенциал для совершенствования является достаточно значительным для конкуренции с нефтью при ценах 60-80 долл. США<sub>2005</sub>/баррель (0,38-0,44 долл. США<sub>2005</sub>/л). Имеющиеся в настоящее время сценарные анализы показывают, что в случае существенной поддержки НИОКР и рынка в краткосрочной перспективе технологический прогресс может обеспечить их коммерциализацию приблизительно в 2020 году (в зависимости от цен на нефть и уголь). Некоторые сценарии также показывают, что это будет означать значительный сдвиг в области применения биомассы для производства энергии, поскольку в результате конкурентоспособного производства использование

будет отделено от политических целей (мандатов) и спрос на биомассу сместится с продовольственных культур на отходы биомассы, лесную биомассу и системы выращивания многолетних культур. Последствия подобного (быстрого) сдвига пока еще плохо изучены. [2.8.4, 2.4.3, 2.4.5]

В нескольких странах продолжается процесс разработки и демонстрационного использования лигноцеллюлозного этанола. Главным этапом процесса разработки является предварительная переработка, с тем чтобы решить проблему сопротивляемости клеточной стенки древесных, травяных или сельскохозяйственных отходов, чтобы карбогидратные полимеры можно было подвергать гидролизу (например, при помощи энзимов) и обеспечивать ферментацию сахаров для выработки этанола (или бутанола) и лигнина с целью получения технологического тепла или электроэнергии. Многие меры могут также сочетаться при одновременной биологической обработке с участием многих организмов. Обзор прогресса в области ферментации показывает, что к 2030 году благодаря совершенствованию технологий можно ожидать снижения затрат на 40%, в результате чего оценочная стоимость продукции снизится с 18-22 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж (экспериментальные данные) до 12-15 долл. США/ГДж, т.е. стоимости в пределах конкурентоспособности. [2.6.3]

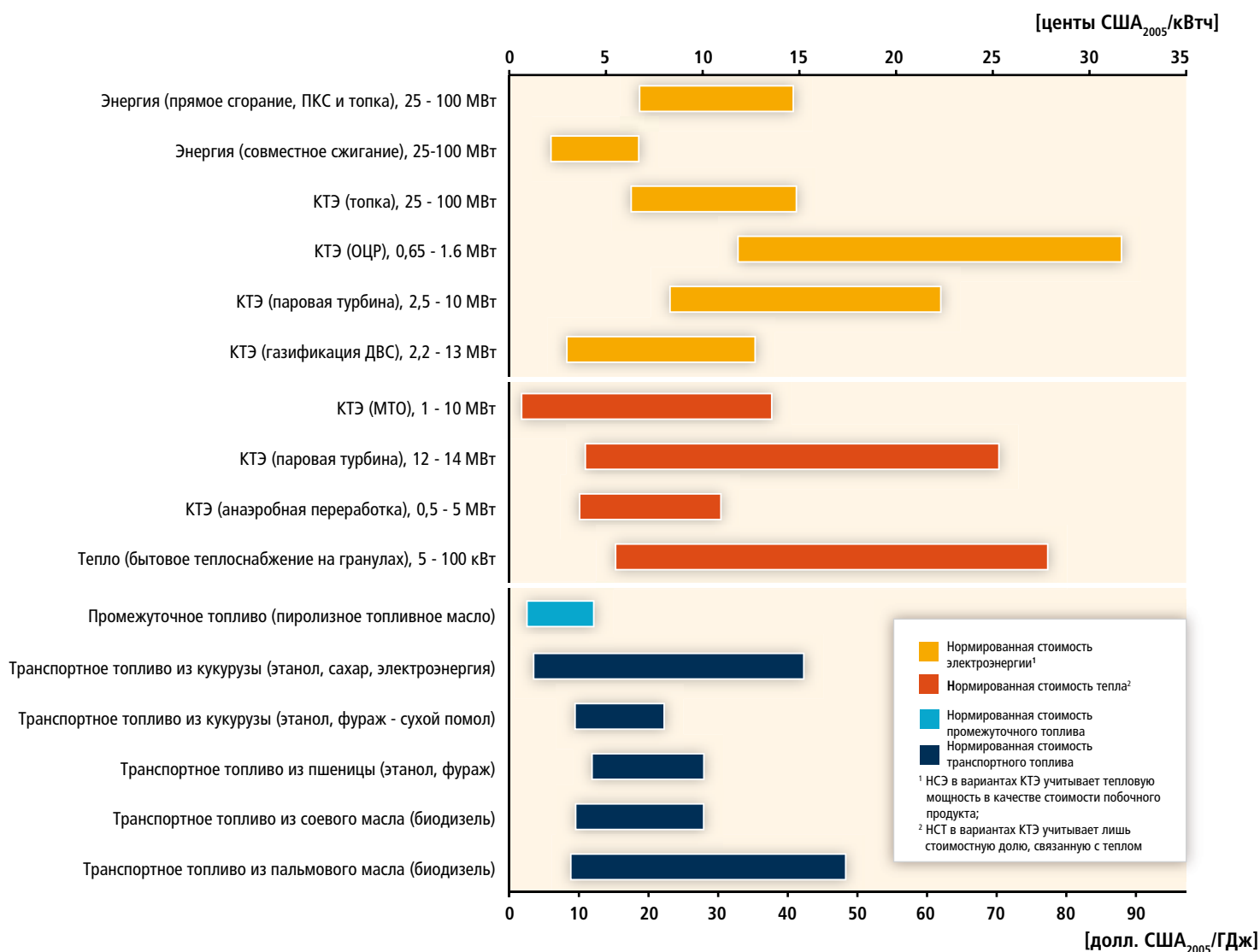
Кроме того, совместно с нефтяной промышленностью разрабатываются пиролизные технологии биомассы и гидротермальные концепции, которые технически продемонстрировали, что возможным является доведение уровня масел до качественных продуктов в виде смесевых компонентов бензина или дизеля и даже авиационного керосина. [2.6.3]

Фотосинтетические организмы, такие как водоросли, производят (используя CO<sub>2</sub>, воду и солнечный свет) разнообразные углеводороды и липиды, которые могут быть использованы непосредственным образом или для производства биотоплива. Эти разработки обладают существенным долгосрочным потенциалом, поскольку фотосинтетическая эффективность водорослей в значительной мере превышает соответствующую эффективность масляных культур. Потенциальная биоэнергетика на основе растений является весьма неопределенной, однако, поскольку для ее выработки могут использоваться солончаковые воды и сильно засоленные почвы, ее использование является стратегическим направлением ввиду незначительных последствий для ИЗП. [2.6.2, 3.3.5, 3.7.6]

Имеющиеся данные о производстве биоматериалов являются ограниченными, оценки стоимости химических веществ из биомассы редко появляются в рецензируемой литературе, а информация о прогнозах будущего и показателях обучения появляется еще реже. Это обстоятельство отчасти связано с тем фактом, что успешная биопродукция поступает на рынок либо в виде частичных компонентов продукции, получаемой в противном случае из ископаемых видов топлива, либо в качестве совершенно новых синтетических полимеров, таких как полилактиды на основе молочной кислоты, получаемые в результате ферментации сахара. Помимо производства биоматериалов для замены ископаемых видов топлива, результаты анализов свидетельствуют о том, что последовательное использование биоматериалов и последующее использование отходов для производства энергии могут обеспечить более эффективное и крупномасштабное смягчение воздействий в расчете на один гектар или тонну использованной биомассы. [2.6.3.5]

## 2.8 Потенциальные уровни использования

В период с 1990 по 2008 годы использование биоэнергии увеличивалось со среднегодовыми темпами на 1,5% для твердой биомассы, в то время как использование более современной биомассы для вторичных носителей, таких



**Рисунок ТР.2.6** | Характерная текущая нормированная стоимость энергоуслуг, предоставляемых коммерческими биоэнергетическими системами при дисконтной ставке в 7%, рассчитанная с учетом года стоимости исходного сырья и которая разнится в зависимости от технологии. Эта стоимость не включает процентную ставку, налоги, истощение ресурсов и амортизацию. [рисунок 2.18] Нормированная стоимость электроэнергии (НСЭ), тепла (НСТ), видов топлива (НСФ), промежуточного топлива (НСПТ); ПКС - пузырьковый кипящий слой; ОЦР - органический цикл Ренкина; и ДВС - двигатель внутреннего сгорания. Для видов биотоплива диапазон НСФ отражает производство в большом числе стран, в то время как НСЭ и НСТ приводятся лишь для основных рынков пользователей технологий, по которым имеются данные. Расчеты основаны на высокой теплотворной способности.

как жидкие и газообразные виды, увеличилось на 12,1 и 15,4% соответственно. В результате этого доля биотоплива, используемого всеми видами наземного транспорта, составила 2% в 2008 году. Производство этанола и биодизеля возросло на 10 и 9% соответственно, в 2009 году до 90 млрд литров, в связи с чем доля биотоплива составила около 3% для всех видов дорожного транспорта в 2009 году, при этом впервые с 1980 года уменьшился спрос на нефть. Политика, проводимая правительствами в разных странах, привела к пятикратному увеличению глобального производства биотоплива с 2000 по 2008 годы. Производство электроэнергии из биомассы и возобновляемых отходов составило 259 ТВтч (0,93 ЭДж) в 2007 году и 267 ТВтч (0,96 ЭДж) в 2008 году, или 1% мирового производства электроэнергии и в два раза превысило показатель 1990 года (с 131 ТВтч (0,47 ЭДж)). [2.4]

В разных исследованиях приводятся весьма отличные друг от друга данные о предполагаемом постоянном использовании биомассы для производства энергии в период 2020-2050 годов. Главная идея, вытекающая из обзора

имеющихся аналитических данных, заключается в том, что крупномасштабное использование биомассы в значительной мере зависит от устойчивого развития ресурсной базы, управления землепользованием, улучшения инфраструктуры и снижения стоимости ключевых технологий, например, эффективного и полноценного использования первичной биомассы для производства энергии на основе наиболее перспективных сырьевых материалов первого поколения и лигноцеллюлозной биомассы нового поколения. [2.4.3, 2.8]

Изложенные в сценарии результаты, резюме которых приводится на рисунке ТР.2.7, являются следствием разнообразия групп моделирования и широкого спектра предположений, включая рост спроса на энергию, стоимость и наличие конкурирующих низкоуглеродных технологий, а также стоимость и наличие технологий ВИЭ. В большинстве сценариев прогнозируется сокращение использования традиционной биомассы, в то время как использование жидких видов биотоплива, биогаза, электроэнергии и водорода, полученных из биомассы, характеризуется тенденцией повышения. Результаты использования

**Таблица ТР.2.2** | Кривые освоения производства для основных компонентов биоэнергетических систем и конечных энергоносителей, выраженные в виде снижения (%) стоимости (или цены) удваивания суммарного производства. Показатель обучения (ПО); N – число удваиваний суммарного производства; R2 – коэффициент корреляции статистических данных; ЭТО – эксплуатация и техническое обслуживание. [таблица 2.17]

Система обучения	ПО (%)	Период времени	Регион	N	R <sup>2</sup>
<b>Производство сырья</b>					
Сахарный тростник (тонны сахарного тростника)	32±1 45±1,6	1975–2005 годы 1975–2005 годы	Бразилия США	2,9 1,6	0,81 0,87
<b>Логистические цепочки</b>					
Лесная древесная щепа (Швеция)	15–12	1975–2003 годы	Швеция/ Финляндия	9	0,87–0,93
<b>Инвестиции и затраты на ЭТО</b>					
Установки КТЭ	19-25	1983–2002 годы	Швеция	2,3	0,17–0,18
Биогазовые установки	12	1984–1998 годы		6	0,69
Производство этанола из сахарного тростника	19±0,5	1975–2003 годы	Бразилия	4,6	0,80
Производство этанола из зерновых (только затраты на ЭТО)	13±0,15	1983–2005 годы	США	6,4	0,88
<b>Конечные энергоносители</b>					
Этанол из сахарного тростника	7 29	1970–1985 годы 1985–2002 годы	Бразилия	~6,1 4,6	Данные отсутствуют 0,84
Этанол из сахарного тростника	20±0,5	1975–2003 годы	Бразилия	6,4	0,96
Этанол из зерновых	18±0,2	1983–2005 годы	США	~9	0,85–0,88
Электроэнергия из КТЭ на основе биомассы	9-8	1990–2002 годы	Швеция	Данные отсутствуют	Данные отсутствуют
Электроэнергия из биомассы	15	Данные отсутствуют	ОЭСР	~10	0,97
Биогаз	0–15	1984–2001 годы	Дания		

**Таблица ТР.2.3** | Прогнозируемые диапазоны производственных затрат для разрабатываемых технологий. [таблица 2.18]

Выборочные биоэнергетические технологии	Энергетический сектор (электроэнергия, теплоэнергетика, транспорт) <sup>6</sup>	Прогнозируемые производственные затраты в 2020-2030 годах (долл. США <sub>2005</sub> /ГДж)
Комбинированный цикл комплексной газификации <sup>1</sup>	Электроэнергия и/или транспорт	12,8–19,1 (4,6–6,9 центов/кВтч)
Возобновляемый дизель и авиакеросин из масличных растений	Транспорт и электроэнергия	15–30
Лигноцеллюлозное биотопливо на основе сахара <sup>2</sup>	Транспорт	6–30
Лигноцеллюлозное биотопливо на основе сингаза <sup>3</sup>		12–25
Лигноцеллюлозное биотопливо на основе пиролиза <sup>4</sup>		14–24 (компоненты топливной смеси)
Газообразное биотопливо <sup>5</sup>	Теплоэнергетика и транспорт	6–12
Топливо и химические вещества, получаемые из водных растений	Транспорт	30–140

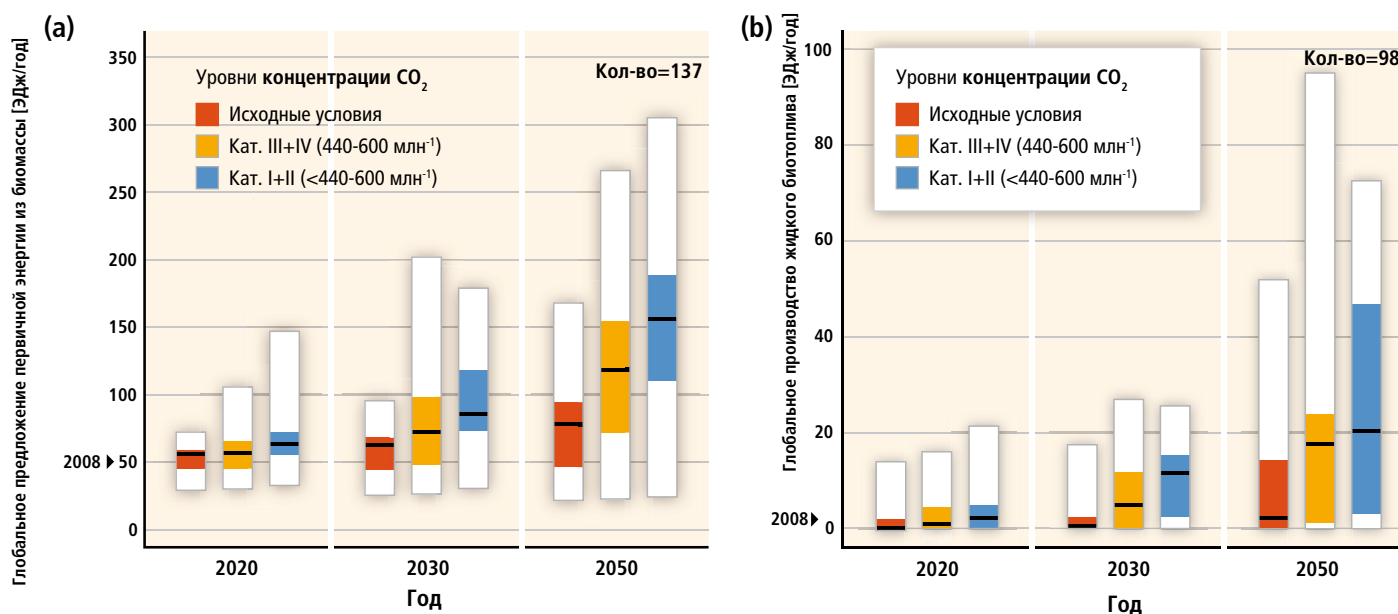
Примечания: 1. Стоимость фуража 3,1 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж, КЦКГ (будущий): 30-300 МВт, срок службы 20 лет, дисконтная ставка 10%. 2. Этанол, бутанолы, микробиальные углеводороды и микробиальные углеводы из сахара, крахмалосодержащих культур или лигноцеллюлозных сахаров. 3. Синдизель, метанол и бензин и т.д.; технологии ферментации сингаза в этанол. 4. Пиролиз и каталитическая конверсия биомассы в бензин и компоненты смешанного дизельного топлива или авиакеросина. 5. Синтопливо – синтезированный природный газ, метан, диметилэфир, водород, получаемые в результате термохимической и анаэробной переработки биомассы (крупный масштаб). 6. Несколько применений могут сочетаться с УХУ в тех случаях, когда эти технологии, включая УХУ, являются технически разработанными и соответственно могут удалять ПГ из атмосферы.

биомассы для производства энергии согласно данным этих сценариев для 2020, 2030 и 2050 годов представлены в трех диапазонах стабилизации ПГ, основанных на ДО4: категориях III и IV (440-600 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>), категориях I и II (<440 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>) и исходных условиях (>600 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>) – и все это до 2100 года. [10.1-10.3]

Прогнозируется увеличение глобального использования биомассы для получения энергии, характеризующееся более амбициозными уровнями стабилизации концентрации ПГ, что свидетельствует о ее долгосрочной роли в сокращении глобальных выбросов ПГ. Средние уровни находятся в пределах 75-85 ЭДж и 120-155 ЭДж для двух сценариев смягчения воздействий в 2030 и 2050 годах соответственно, т.е. почти в два или три раза выше уровня использования в 2008 году в 50 ЭДж. Эти уровни использования аналогичны тем уровням среднего диапазона, которые были указаны в экспертном обзоре для 2050 года. Глобальное производство биотоплива, показанное на рисунке ТР.2.7 б) для 2020 и 2030 годов, находится на весьма низких уровнях, однако в большинстве моделей отсутствует подробное описание разных конверсионных технологий

и соответствующего потенциала обучения. [2.7.3] Для сценария с показателем смягчения воздействий <440 млн<sup>-1</sup> производство биотоплива достигает шестикратного (2030 год) и десятикратного (2050 год) превышения фактического показателя 2008 года в 2 ЭДж. [2.2.5, 2.8.2, 2.5.8, 2.8.3]

Внедрение биоэнергии на секторальном уровне лучше всего объясняется при помощи единой модели с подробным представлением транспортного сектора, такой как Прогноз мировой энергетики (ПМЭ) МЭА, в котором также моделируются как традиционные, так и современные применения биомассы и учитываются предполагаемые промышленные и государственные инвестиции и цели. Эта модель прогнозирует очень значительное увеличение использования современной биоэнергии и уменьшение использования традиционной биомассы. Количественные показатели этих прогнозов совпадают с результатами, изложенными в главе 10. В 2030 году для сценария смягчения воздействий ПМЭ в 450 млн<sup>-1</sup> МЭА прогнозирует, что 11% топлива для глобального транспорта будет обеспечиваться за счет биотоплива, при этом доля биотоплива второго



**Рисунок 2P.2.7** | (a) Глобальное предложение первичной энергии из биомассы в долгосрочных сценариях по электроэнергии, теплу и биотопливу, которые полностью учитываются в качестве первичной энергии; и (b) глобальное производство биотоплива в долгосрочных сценариях, о котором говорится как о вторичной энергии. Для сравнения исторические уровни в 2008 году показаны маленькими черными стрелками по левой оси. [рисунок 2.23]

поколения составит 60% в прогнозируемом объеме в 12 ЭДж и, согласно прогнозам, половина этого объема будет поставлена благодаря продолжению нынешней политики. Биомасса и возобновляемые отходы обеспечат 5% мирового производства электроэнергии или 1,380 ТВтч/год (5 ЭДж/год), из которого 555 ТВтч/год (2 ЭДж/год) явятся результатом жесткой стратегии в области смягчения воздействий на изменение климата. Использование биомассы как с целью получения технологического пара для промышленного теплоснабжения, так и теплоснабжения помещений и горячего водоснабжения зданий (3.3 ЭДж в 2008 году) удвоится в абсолютных показателях по сравнению с уровнями 2008 года. В то же время прогнозируется уменьшение общего спроса на теплоснабжение из-за предполагаемого сокращения объема традиционной биомассы. Теплоснабжение рассматривается в качестве ключевой области для постоянного роста современной биоэнергетики. Согласно прогнозам, благодаря биотопливу выбросы сократятся к 2030 году на 17% для дорожного транспорта и на 3% для воздушного транспорта. [2.8.3]

### 2.8.1 Выводы в отношении использования: ключевые положения, касающиеся биоэнергии

Долгосрочные сценарии, рассмотренные в главе 10, показывают увеличение снабжения биоэнергией при все более амбициозных уровнях стабилизации концентрации ПГ, что свидетельствует о том, что биоэнергия может играть существенную долгосрочную роль в сокращении глобальных выбросов ПГ. [2.8.3]

В настоящее время биоэнергия является крупнейшим источником возобновляемой энергии и, вероятно, останется одним из крупнейших таких источников в течение первой половины этого века. Она характеризуется значительным потенциалом роста, однако требует активного развития. [2.8.3]

- Оценки, содержащиеся в современной литературе, показывают, что технический потенциал биомассы для энергетических целей может составить 500 ЭДж/год к 2050 году. В то же время существует большая неопределенность в отношении таких важных факторов, как рыночные и политические условия, которые сказываются на этом потенциале. [2.8.3]

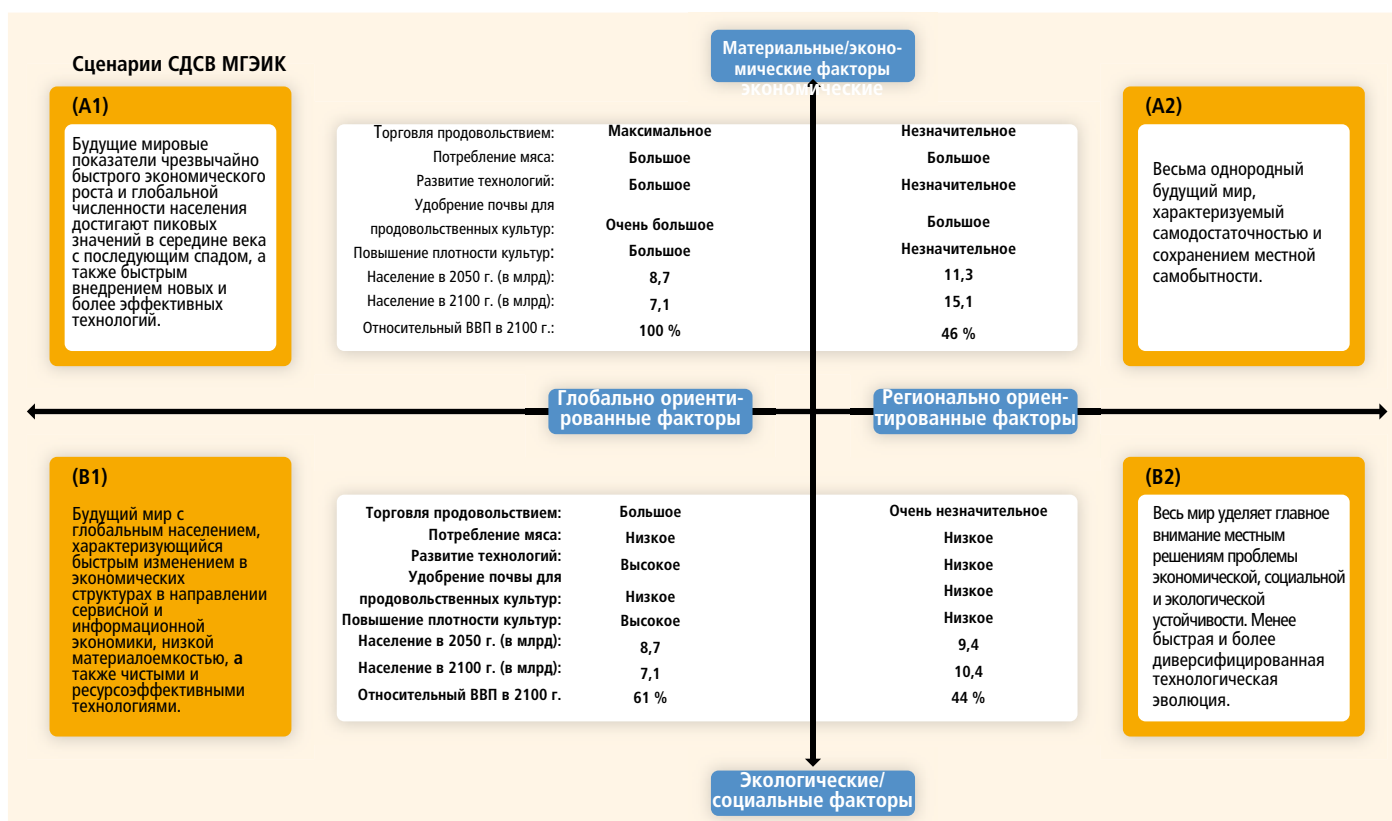
- Экспертная оценка, изложенная в главе 2, показывает уровни потенциального использования к 2050 году в диапазоне 100-300 ЭДж/год. Реализация этого потенциала представляет собой основную проблему, однако внесет существенный вклад в удовлетворение мирового спроса на первичную энергию в 2050 году, который приблизительно равен эквивалентному теплосодержанию сегодняшней мировой биомассы, получаемой в сельском и лесном хозяйствах. [2.8.3]
- Биоэнергия обладает существенным потенциалом для смягчения влияния ПГ в том случае, если ресурсы постоянно разрабатываются и применяются эффективные технологии. Некоторые из существующих ныне систем и ключевые будущие варианты, включая многолетние культуры, лесную продукцию, отходы биомассы и передовые конверсивные технологии, могут обеспечить значительное сокращение выбросов ПГ, а именно на 80-90% по сравнению с базовым сценарием получения энергии из ископаемого топлива. В то же время изменения в землепользовании и управлении лесным хозяйством, результатом которых являются огромные потери накопленных углерода, а также КИЗП, могут уменьшить, а в некоторых случаях более чем нейтрализовать чистые положительные последствия деятельности по сокращению выбросов ПГ. [2.8.3]
- Чтобы достичь высоких потенциальных уровней использования биомассы для получения энергии, увеличение конкурирующего спроса на продовольствие и волокно должно быть умеренным, управление землями должно быть соответствующим, а объем сельскохозяйственной и лесной продукции должен возрасти существенным образом. Расширение использования биоэнергии при отсутствии мониторинга и надлежащего управления землепользованием чревато риском серьезных конфликтов, связанных со снабжением продовольствием, водными ресурсами и биоразнообразием, а также риском незначительной пользы от сокращения выбросов ПГ. В отличие от этого, последующие меры по реализации рамочных механизмов обеспечения эффективной устойчивости могли бы смягчить подобные конфликты и дать возможность для получения позитивных результатов, например в области развития сельских районов, улучшения качества земель и смягчения воздействий на изменение климата, включая возможности для комбинирования адаптационных мер. [2.8.3]

- Последствия и технические результаты производства и использования биомассы зависят от конкретного региона или места. В этой связи в качестве одного из элементов эффективного управления землепользованием и развития сельских районов при проведении политики в области биоэнергии необходимо учитывать региональные условия и приоритеты наряду с ситуацией в сельском (сельскохозяйственные культуры и животноводство) и лесном секторах. Потенциальные ресурсы биомассы испытывают воздействия последствий изменения климата и связаны с ними, однако конкретные последствия до сих пор плохо изучены; в этом отношении будут иметь место существенные региональные различия. Биоэнергия и новые системы выращивания (многолетних культур) также открывают возможности для комбинирования адаптационных мер (например, защита почв, задержание влаги и модернизация сельского хозяйства) с производством ресурсов биомассы. [2.8.3]
- Несколько важных биоэнергетических вариантов (т.е. производство этанола из сахарного тростника в Бразилии, отдельные системы получения энергии из отходов, эффективные кухонные печи с использованием биомассы, КТЭ на основе биомассы) являются сегодня конкурентоспособными и могут обеспечить важную синергию с долгосрочными вариантами. Концепции замены бензина, дизеля и авиакеросина лигноцеллюлозными видами топлива, передовые варианты получения биоэлектроэнергии и биопереработки могут обеспечить конкурентоспособное использование биоэнергии к 2020-2030 годам. Сочетание преобразования биомассы с УХУ расширяет возможности

для удаления ПГ из атмосферы в долгосрочной перспективе – необходимое требование для существенных сокращений выбросов ПГ. Новаторские биоматериалы являются перспективными как для экономических факторов производства биоэнергии, так и для смягчения воздействий, хотя данный потенциал не столь хорошо изучен, равно как и потенциальная роль биомассы аквакультур (водорослей), которая является весьма неопределенной. [2.8.3]

- Быстро меняющийся политический контекст, последние события на рынке, усиливающая поддержка передовых технологий биопереработки и получения лигноцеллюлозного биотоплива, в частности разработка критериев и рамочных механизмов устойчивости, – все эти факторы обладают потенциалом для стимулирования биоэнергетических систем и их использования для обеспечения устойчивости. Для достижения этой цели потребуются стабильные инвестиции, которые снизят стоимость ключевых технологий, повысят эффективность производства биомассы и инфраструктуры снабжения, а также стратегий осуществления, которые могут получить общественное и политическое признание. [2.8.3]

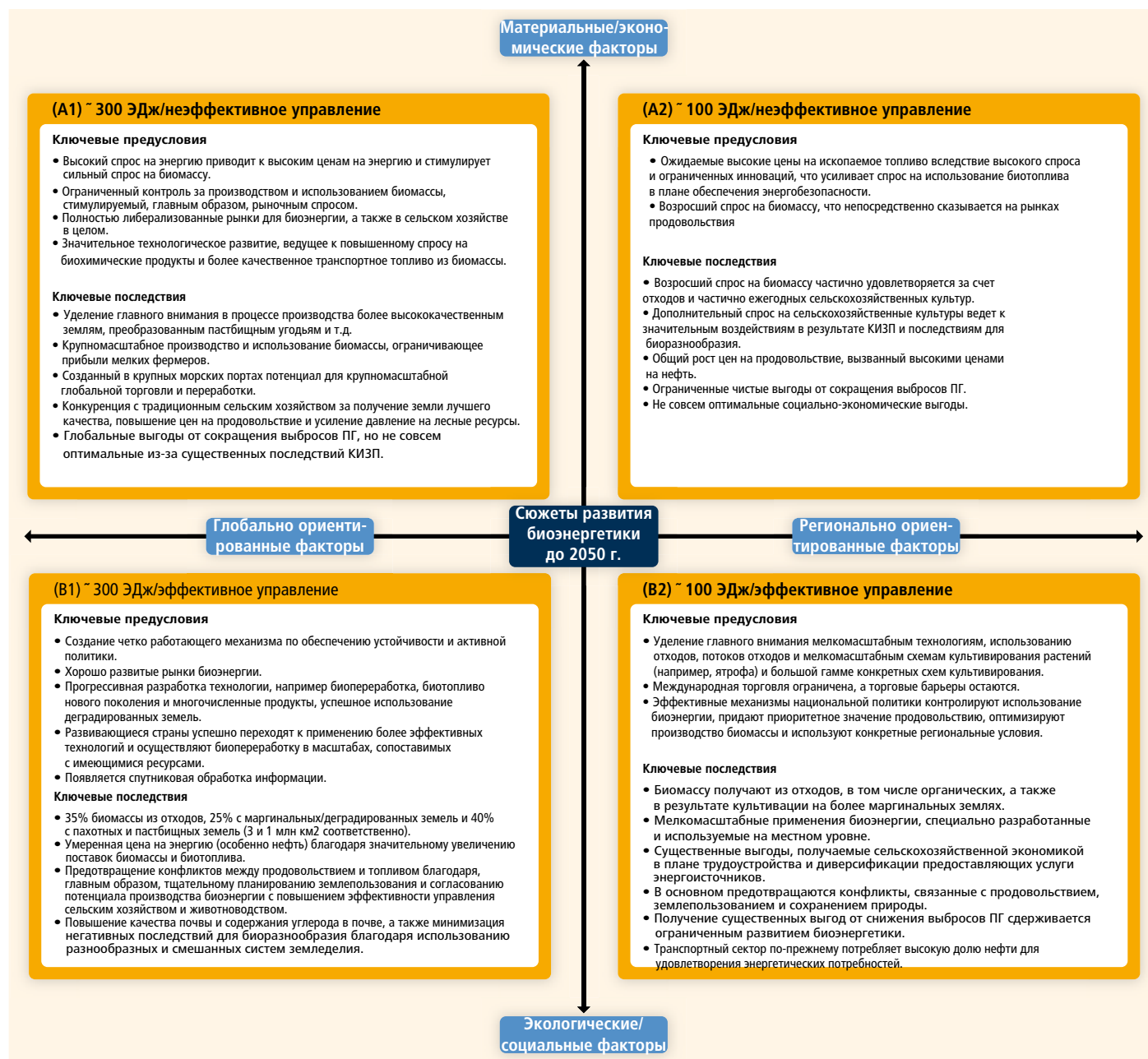
В качестве заключения и иллюстрации взаимосвязей между сценарными переменными величинами (см. рисунок TP.2.8), ключевыми предварительными условиями, в соответствии с которыми идет развитие потенциала для производства биоэнергии, а также того, какими могут быть итоговые воздействия, на рисунке TP.2.8 приводятся четыре разных схематических описания использования биомассы для производства энергии в глобальном



**Рисунок TP.2.8** | Сюжеты для ключевых переменных величин сценариев СДСВ, использованные для моделирования биомассы и биоэнергии; основа для описаний ситуации в 2050 году, адаптированных к настоящему докладу и использованных для построения столбчатой диаграммы, показывающей технический потенциал биомассы на рисунке TP.2.2. [рисунок 2.26]

масштабе к 2050 году. Диапазон в 100-300 ЭДж, который является производным итогом обзора ресурсного потенциала, очерчивает нижний и верхний пределы использования. Предполагаемые сюжеты приблизительно следуют определениям, содержащимся в Специальном докладе о сценариях выбросов (СДСВ) МГЭИК, применяемым к биоэнергии и кратко изложенным на рисунке TP.2.9, которые также использованы для расчета технического потенциала, показанного в выведенном прямоугольнике на рисунке TP.2.2. [2.8.3]

Биомасса и многочисленные энергопродукты из нее могут изготавливаться наряду с продовольствием, фуражом, волокном и лесной продукцией как устойчивым, так и неустойчивым образом. Как следует из сюжетных линий и описаний, содержащихся в сценариях МГЭИК, высокие и низкие уровни внедрения могут быть достигнуты с учетом и без учета устойчивого развития и вариантов смягчения воздействий на изменение климата. На основе этих сюжетных линий может быть достигнуто понимание технологических достижений в области биоэнергии и интегрированных систем. [2.8.3]



**Рисунок TP.2.9** | Возможные будущие варианты использования биомассы для производства энергии в 2050 году: четыре иллюстративных сравнительных описания ключевых предусловий и последствий существующих в мире условий согласно сюжетным линиям СДСВ МГЭИК, кратко изложенным на рисунке TP.2.8. [рисунок 2.27]



## 3. Прямая солнечная энергия

### 3.1. Введение

Технологии использования прямой солнечной энергии являются разными по своему характеру. Они образуют семейство технологий, поскольку эта энергия применяется людьми разнообразными способами, такими как теплоснабжение, электроснабжение и топливо. В настоящем резюме главное внимание уделяется четырем основным типам: 1) тепловая солнечная энергия, которая включает как активное, так и пассивное теплоснабжение зданий; солнечная система нагрева воды для бытовых и промышленных нужд; нагрев воды в плавательных бассейнах и технологическое тепло для промышленности; 2) производство электричества при помощи фотоэлементов (ФЭ) посредством прямого преобразования солнечного света в электричество фотоэлектрическими элементами; 3) выработка электроэнергии посредством концентрации солнечной энергии (КСЭ) путем оптической концентрации солнечной энергии для получения высокотемпературных жидкостей или материалов для приведения в движение тепловых машин и электрогенераторов; и 4) методы производства солнечных видов топлива, использующих солнечную энергию для получения полезных видов топлива. [3.1]

Термин «прямая» солнечная энергия означает энергетическую базу для тех технологий ВИЭ, которые основаны на непосредственном использовании энергии Солнца. Определенные технологии, основанные на использовании возобновляемых источников энергии, таких как ветер и тепло океана, используют солнечную энергию после ее поглощения на Земле и преобразования в другие формы. (В остальной части этого раздела прилагательное «прямая», применяемое к солнечной энергии, будет часто опускаться, поскольку является понятным.) [3.1]

### 3.2. Ресурсный потенциал

Солнечная энергия представляет собой тепловую радиацию, излучаемую внешней поверхностью Солнца. Сразу за пределами атмосферы Земли эта радиация, именуемая солнечным излучением, характеризуется величиной, составляющей в среднем  $1\,367\text{ Вт/м}^2$  для поверхности, перпендикулярной к лучам Солнца. На наземном уровне, обычно определяемом как уровень моря, когда Солнце находится прямо над головой, это излучение смягчается атмосферой до порядка  $1\,000\text{ Вт/м}^2$  при безоблачном небе и в течение нескольких дневных часов – условие, именуемое «максимально яркое солнце». За пределами атмосферы энергия Солнца переносится в виде электромагнитных волн, длина которых лежит в диапазоне от 0,25 до 3 мкм. Часть солнечного излучения составляют лучи, идущие непосредственно от Солнца без рассеивания в атмосфере. Это «лучевое» излучение, которое можно концентрировать при помощи зеркал и линз, чаще всего присутствует в районах с низкой облачностью. Остальная часть излучения именуется рассеянным излучением. Суммарное лучевое и рассеянное излучение именуется глобальным солнечным излучением. [3.2]

Теоретический потенциал солнечной энергии, который показывает количество излучения на поверхности Земли (суша и океан) и который теоретически имеется для энергетических целей, оценивается в  $3,9 \times 10^6$  ЭДж/год. Эта цифра, безусловно, предназначенная лишь для иллюстративных целей, потребовала бы полноценного использования всей имеющейся поверхности суши и моря при 100-процентном коэффициенте преобразования. Более полезной метрической величиной является технический потенциал; он требует оценки части суши, имеющей практическое значение для преобразовательных устройств с использованием более реалистичного коэффициента преобразования. Оценки технического потенциала солнечной энергии лежат в диапазоне от 1 575 до 49 837 ЭДж/год, т.е. приблизительно в 3-100 раз выше мирового потребления первичной энергии в 2008 году. [3.2, 3.2.2]

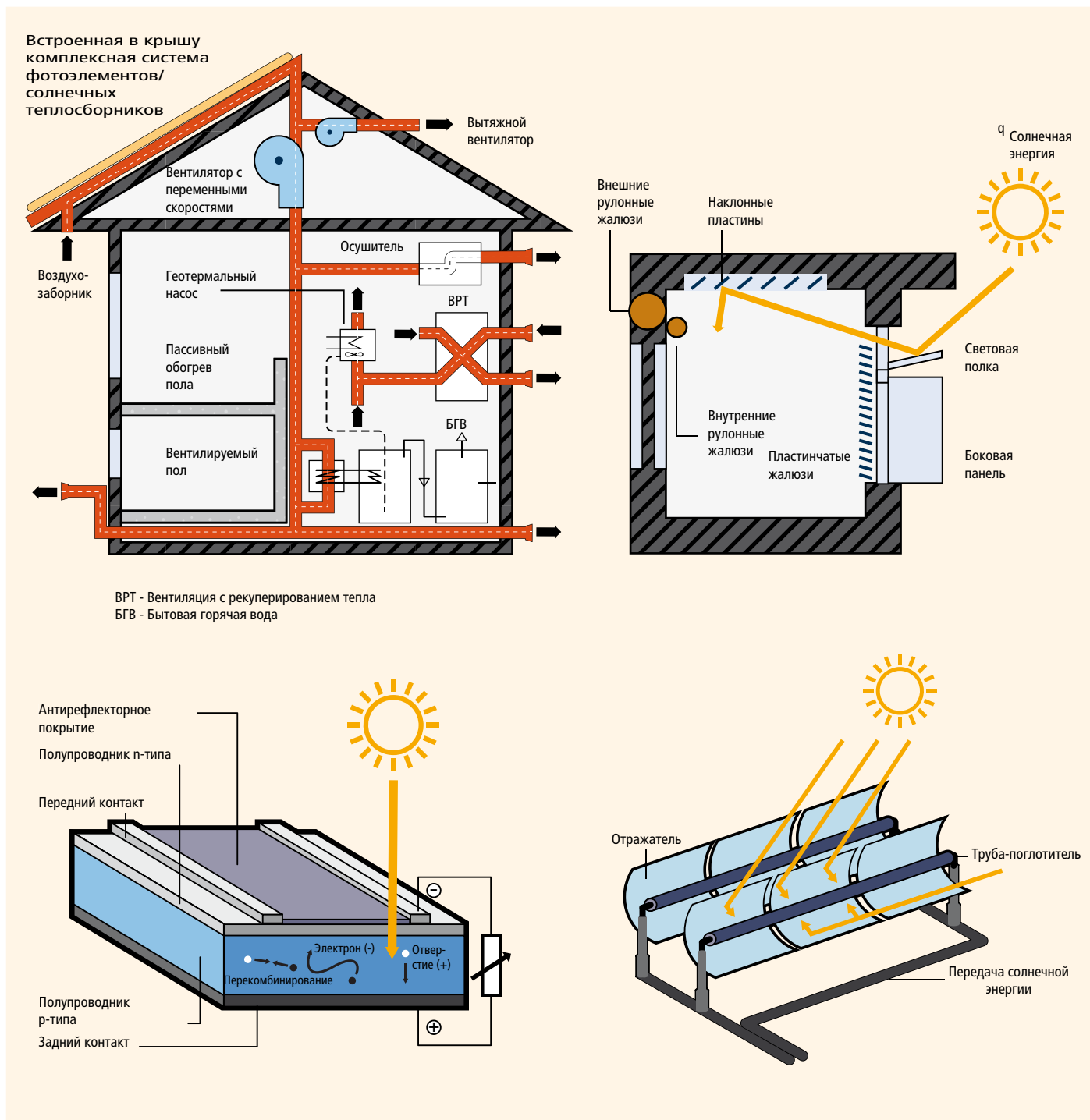
### 3.3. Технология и применения

На рисунке ТР.3.1 показаны виды пассивных и активных солнечных технологий, используемых в настоящее время для улавливания энергии Солнца с целью предоставления как бытовых энергоуслуг, так и непосредственного производства электроэнергии. В данном резюме подробно рассматриваются только технологии, применяемые для активного тепло- и энергоснабжения. [3.3.1-3.3.4]

**Солнечная теплоэнергия:** Ключевым компонентом в активных солнечных теплосистемах является солнечный коллектор. Плоский солнечный коллектор состоит из черной пластины с подсоединенными трубками, через которые проходит нагреваемая жидкость. Плоские коллекторы можно классифицировать следующим образом: неполированные, которые подходят для сбора тепла при температурах, которые превышают температуру окружающей среды на несколько градусов; полированные, которые имеют стеклянную пластину или другой прозрачный материал, расположенный параллельно данной пластине и помещенный на несколько сантиметров выше ее, что позволяет передавать тепло при температурах выше  $30\text{--}60\text{ }^\circ\text{C}$ ; или вакуумные коллекторы, которые аналогичны полированным, однако в пространстве между пластиной и стеклом создан вакуум, благодаря чему этот вид коллектора подходит для передачи тепла при температурах порядка  $50\text{--}120\text{ }^\circ\text{C}$ . Для того чтобы выдержать вакуум, пластины вакуумного коллектора обычно помещаются внутри стеклянных трубок, которые являются как полированной поверхностью коллектора, так и его контейнером. В вакуумном коллекторе специальное черное покрытие, именуемое «селективной поверхностью» создается на пластине, с тем чтобы предотвратить переизлучение поглощенного тепла; такие покрытия часто используются также в коллекторах невакуумного типа с полированной поверхностью. Обычно КПД солнечных коллекторов, применяемых в их собственном температурном диапазоне, находится в пределах от 40 до 70% при максимально ярком солнце. [3.3.2.1]

Плоские коллекторы обычно используются с целью нагрева воды для бытовых и коммерческих целей, однако они также могут применяться для активного солнечного теплоснабжения, с тем чтобы обеспечить комфортное отопление зданий. Солнечное охлаждение может быть обеспечено посредством использования солнечных коллекторов для получения тепла, необходимого обеспечения абсорбционного холодильного цикла. Другие применения солнечного тепла включают промышленное технологическое тепло, такие сельскохозяйственные применения, как сушка зерновых культур, а также приготовление пищи. Водные баки чаще всего применяются для сохранения тепла в течение дня/ночи или в короткие периоды пасмурной погоды. Эти системы, дополняемые другими энергоисточниками, обычно удовлетворяют 40-80% спроса на теплоэнергию целевого назначения. [3.3.2.2-3.3.2.4]

Что касается пассивного солнечного отопления, то само здание как таковое, особенно его окна, выступают в качестве солнечного коллектора, и применяются естественные методы для распределения и сохранения тепла. Базовыми элементами архитектуры пассивного теплоснабжения являются высокоэффективные окна, выходящие в сторону экватора, а также большая внутренняя масса тепла. Здания также должны быть хорошо изолированными и оборудованными такими приспособлениями, как жалюзи для предотвращения перегрева. Другим характерным элементом пассивного солнечного тепла является «дневное освещение», которое включает специальные режимы для максимального использования естественного (солнечного) освещения зданий. Согласно результатам исследований при существующей технологии использование подобных режимов в новых зданиях в северной части Европы или Северной Америке может уменьшить спрос на отопление зданий на 40%. Для существующих, а не новых зданий, построенных с учетом концепции пассивного теплоснабжения, возможна экономия тепла до 20%. [3.3.1]



**Рисунок TP.3.1** | Отдельные примеры (вверху) солнечной теплоэнергии - как пассивной, так и активной, - интегрированной в здания; (внизу слева) схематическое изображение фотоэлектрического устройства для прямого преобразования солнечной энергии в электричество; и (внизу справа) один общий вид технологии концентрации солнечной энергии - параболический коллектор. [взято из рисунков 3.2, 3.5, 3.7]

**Выработка электроэнергии фотоэлементами:** Подробное описание того, каким образом работают ФЭ, дается во многих учебниках. Если говорить кратко, то тонкая пластина полупроводникового материала, такого как кремний, помещается под солнечными лучами. Эта пластина, известная под названием элемент, состоит из двух отдельных слоев, образуемых в результате наличия примесей в кремнии, благодаря чему образуется слой n-типа и слой p-типа, которые соединяются на их стыке. Солнечные фотоны, попадающие на этот элемент, образуют электронно-дырочные пары, которые отделяются друг от

друга в пространстве в результате воздействия внутреннего электрического поля в месте соединения. Это создает отрицательные заряды с одной стороны взаимодействия и положительные заряды с другой стороны. В результате разделения зарядов создается напряжение. Когда две стороны освещенного элемента подсоединяются к нагрузке, происходит течение тока от одной стороны данного устройства через соответствующую нагрузку к другой стороне элемента, генерирующего электричество. [3.3.3]

Одновременно разрабатывались различные технологии применения ФЭ. К числу имеющихся промышленных технологий ФЭ относятся ФЭ из кристаллического полупроводникового материала, а также тонкопленочные технологии производства солнечных элементов на основе медь-индий-дисульфида/диселенида галлия (МИДДГ), теллурида кадмия (CdTe), тонкопленочного кремния (аморфный и микрокристаллический кремний) и сенсibilизированных красителем солнечных элементов. Кроме того, существуют промышленные технологии концентрирующих ФЭ, в которых весьма высокоэффективные элементы (такие, как материалы на основе арсенида галлия (GaAs)) помещаются в центре концентрирующих зеркал или других коллекторов, таких как линзы Френеля. Моно- и мульткристаллические (иногда именуемые «поликристаллическими») ФЭ на кремниевых пластинах (включая ленточные технологии) являются доминирующими технологиями на рынке ФЭ, при этом в 2009 году их доля на рынке составила порядка 80%. Максимальные КПД, достигнутые различными видами элементов, составляют более 40% у концентрирующих элементов на основе GaAs, порядка 25% для монокристаллических элементов, 20% для мульткристаллических элементов и МИДДГ, 17% у CdTe, и порядка 10% у аморфного кремния. Как правило, группы элементов монтируются рядом друг с другом под прозрачным покрытием (обычно стекло) и соединяются последовательно в виде «модуля» с размерами в пределах 1 м x 1 м. При рассмотрении вопроса о КПД важно проводить различие между КПД элемента (приводится выше) и КПД модуля; последний составляет как правило 50-80% от ранее упомянутого. Производители продолжают улучшать технические характеристики и снижать стоимость посредством автоматизации, более быстрой обработки элементов и малозатратного и крупносерийного производства. Работа модулей обычно гарантируется производителями на срок от 20 до 30 лет. [3.3.3.1, 3.3.3.2]

Применение ФЭ для получения полезной энергии связано не только с элементами и модулями; система ФЭ, к примеру, будет много раз включать инвертор для преобразования постоянного тока из элементов в переменный ток для обеспечения совместимости с общими сетями и приборами. Для автономных применений данная система должна включать такие устройства для хранения энергии, как аккумулятор. Ведется работа по обеспечению большей надежности этих устройств, снижению их стоимости и продлению их срока жизни, с тем чтобы они были сопоставимы с соответствующими характеристиками модулей. [3.3.3.4]

Энергосистемы на ФЭ классифицируются по двум основным типам: автономные и соединенные с электросетью. Соединенные с электросетью системы сами классифицируются по двум типам: распределенные и централизованные. Распределенная система состоит из многочисленных небольших местных энергоустановок, некоторые из которых снабжают электроэнергией, главным образом, локальных потребителей, при этом остающаяся электроэнергия подается в сеть. С другой стороны, централизованная система действует в качестве одной крупной энергоустановки. Автономные системы, как правило, предназначаются для одного потребителя или небольшой группы потребителей, и им обычно необходим элемент для хранения электроэнергии или резервная батарея. Эти системы обладают значительным потенциалом в неэлектрифицированных районах. [3.3.3.5]

**Производство электроэнергии путем концентрации солнечной энергии:** На основе технологии КСЭ электроэнергия вырабатывается посредством концентрации солнечных лучей для нагрева рабочей среды, которая затем используется (либо прямо, либо косвенно) в тепловой машине (например, паровая турбина) для приведения в действие электрогенератора. КСЭ использует только лучевой компонент солнечного излучения, и поэтому ее максимальная отдача, как правило, ограничена географическими пределами. Концентратор направляет солнечные лучи в определенную точку (точечный фокус) при их использовании в

системе с центральным приемником или системе с параболическим зеркалом, и в линию (линейный фокус) при использовании в параболической системе или линейной системе Френеля. (Те же самые системы могут также применяться для того, чтобы вызывать термохимические процессы с целью производства топлива, как это описывается ниже.) В параболических концентраторах длинные ряды параболических отражателей, следующих за движением Солнца, концентрируют солнечное излучение с усилением в 70-100 раз на элементе сбора тепла (ЭСТ), смонтированным вдоль фокальной линии отражателя. ЭСТ состоит из затемненной внутренней трубки (с селективной поверхностью) и внешней стеклянной трубки с вакуумным пространством между ними. В современных коммерческих моделях масляный теплоноситель циркулирует через стальную трубку, в которой он нагревается (почти до 400 °C), однако в настоящее время демонстрируются системы, использующие другие материалы в качестве теплоносителей, такие как циркулирующий солевой расплав или острый пар. [3.3.4]

Во втором виде системы с линейным фокусом – линейной системе Френеля – в качестве концентратора используются длинные параллельные полосковые зеркала, также с фиксированным линейным приемником. В одной из двух систем с точечным фокусом – центральном приемнике (также именуемом установкой башенного типа) – используется находящаяся на земле батарея зеркал (гелиостатов), каждая из которых отслеживает движение Солнца по двум осям, с тем чтобы фокусировать лучи Солнца в точке, находящейся на вершине высокой башни. Фокальная точка ориентирована на приемник, который состоит либо из фиксированной вогнутой раковины и/или трубок, в которых циркулирует жидкий теплоноситель. Температура в этой системе может достигать более высоких значений (до 1 000 °C) по сравнению с системами с линейным фокусом, что позволяет тепловой машине конвертировать, по меньшей мере теоретически, большее количество собранного тепла в энергию. Во втором типе систем с точечным фокусом для концентрации применяется параболический концентратор, представляющий собой единый параболический отражатель (в отличие от батареи отражателей), отслеживающий движение Солнца по двум осям. Параболическое зеркало фокусирует солнечные лучи на приемнике, который не фиксируется, а перемещается вместе с зеркалом, находясь при этом на расстоянии от приемника равном диаметру зеркала. Температуры на приемном устройстве могут достигать 900 °C. В одном из популярных вариантов реализации этой концепции двигатель Стирлинга, приводящий в движение элек-трогенератор, монтируется в точке фокуса. Агрегаты солнечной тарелки Стирлинга имеют относительно небольшой размер и обычно вырабатывают 10-25 кВт, однако они могут быть соединены в конфигурацию поля для выработки электроэнергии в качестве более крупной центральной электростанции. [3.3.4]

Четыре различных типа установок КТЭ характеризуются относительными преимуществами и недостатками. [3.3.4] Все четыре типа были смонтированы и продемонстрированы. Важным преимуществом технологий КТЭ (за исключением тарелок) является их способность сохранять теплоэнергию после ее сбора в приемнике и до ее поступления в тепловой двигатель. В число применяемых носителей входят солевой расплав, сжатый воздух, накопители сжатого воздуха или пара (только для краткосрочного хранения), твердые керамические частицы, высокотемпературные фазопеременные вещества, графит и высокотемпературный бетон. Промышленные установки КТЭ производятся с теплоаккумулирующей емкостью, достигающей 15 часов, что позволяет КТЭ обеспечивать диспетчируемую энергию. [3.3.4]

**Производство солнечного топлива:** Технологии производства солнечного топлива конвертируют солнечную энергию в химические виды топлива, такие как водород, синтезированный газ, а также такие жидкости, как метанол и дизель. Тремя базовыми процессами для получения солнечного топлива, которые могут осуществляться самостоятельно или в сочетании с другими, являются следующие

процессы: (1) электрохимический; (2) фотохимический/фотобиологический; и (3) термохимический. В первом процессе водород получают в результате электролиза, вызываемого электроэнергией, выработанной из солнечной энергии, которая может генерироваться системой ФЭ или КСЭ. Электролиз воды является старой и хорошо понятой технологией, с помощью которой обычно достигается 70-процентная эффективность преобразования электроэнергии в водород. Во второй технологии солнечные фотоны используются для проведения фотохимической или фотобиологической реакции, продуктами которых является топливо: т.е. они имитируют то, что делается растениями и организмами. В качестве альтернативы может быть использован полупроводниковый материал в качестве анода для поглощения солнечного света в фотоэлектрохимических элементах, которые также генерируют водород в результате разложения воды. В случае третьей технологии получаемое на основе солнечной энергии высокотемпературное тепло (например, тепло, получаемое в приемнике центральной принимающей установки КТЭ) используется для проведения эндотермической химической реакции, в результате которой получают топливо. В данном случае реактивы могут включать сочетания воды,  $\text{CO}_2$ , угля, биомассы и природного газа. Следующие продукты (или их сочетания), которые представляют собой солнечные виды топлива, могут быть: водород, сингаз, метанол, диметиловый эфир и синтетическое масло. В случае использования ископаемого топлива в качестве реактива общая теплотворная способность этих продуктов превзойдет температурную способность реактивов и поэтому потребуется сжигать меньшее количество ископаемого топлива для получения такого же количества энергии. Солнечное топливо также может быть синтезировано из солнечного водорода и  $\text{CO}_2$  для получения гидроуглеродов, приемлемых для существующих энергетических инфраструктур. [3.3.5]

### 3.4 Глобальный и региональный статус рынка и промышленное использование

#### 3.4.1 Установленная мощность и генерируемая энергия

**Солнечная тепловая энергия:** Действующие технологии солнечного отопления и охлаждения, применяемые в жилых и коммерческих зданиях, представляют собой сложившийся рынок. Этот рынок, который распределяется в разной степени по большинству стран мира, увеличился на 34,9% в период 2007-2009 годов и продолжает расти темпами порядка 16% в год. В конце 2009 года глобальная установленная мощность тепловой энергии, получаемой из этих устройств, оценивалась в 180 ГВт<sub>терм</sub>. Мировой рынок для продаж действующих тепловых солнечных систем оценивался в 29,1 ГВт<sub>терм</sub> в 2008 году и в 31 ГВт<sub>терм</sub> в 2009 году. Основная доля на мировом рынке приходится на полированные коллекторы. В 2008 году в Китае было установлено 79% полированных коллекторов, а на долю ЕС пришлось около 14,5%. В США и Канаде доминирующим применением до сих пор является обогрев плавательных бассейнов, при этом установленная мощность неполированных пластиковых коллекторов составляет 12,9 ГВт<sub>терм</sub>. В частности, в 2008 году Китай занял ведущее место в мире по установленной мощности плоских и вакуумных коллекторов, составившей 88,7 ГВт. Соответствующая мощность в Европе составила 20,9 ГВт<sub>терм</sub>, а в Японии – 4,4 ГВт<sub>терм</sub>. В Европе соответствующий объем рынка увеличился более чем в три раза в период с 2002 по 2008 год. Несмотря на эти достижения, тепловая солнечная энергия все еще составляет лишь относительно небольшую долю спроса на горячее водоснабжение в Европе. Например, в Германии, которая является самым большим рынком, только 5% в одно- и двухсемейных домах используется тепловая солнечная энергия. Одним из показателей внедрения на рынок является ежегодное использование тепловой солнечной энергии на душу населения. Ведущей страной в этой стране является Кипр, где данная цифра составляет 527 кВт<sub>терм</sub> на 1 000 человек. Отметим, что отсутствует какая-либо информация о пассивном солнечном отоплении, касающаяся положения на этом рынке и его использования промышленностью.

Соответственно, вышеуказанные цифры касаются только активного солнечного отопления. [3.4.1]

**Производство электроэнергии фотоэлектрическими элементами:** В 2009 году были установлены системы ФЭ мощностью в 7,5 ГВт. В результате этого в 2009 году суммарная установленная во всем мире мощность систем ФЭ составила порядка 22 ГВт – мощность, способная генерировать до 26 ТВт (93 600 ТДж) в год. Более 90 % этой мощности приходится на три ведущих рынка: ЕС – 73 % общей мощности; Япония – 12 % и США – 8 %. Приблизительно 95 % установленной мощности систем ФЭ в странах ОЭСР соединено с электросетью, а остальная часть является автономной. Расширение ведущих восьми рынков ФЭ в период до 2009 года показано на рисунке TP.3.2. На долю Испании и Германии приходится в настоящее время самое большое количество систем солнечной энергии, установленных в последние годы. [3.4.1]

**Концентрация солнечной энергии:** КСЭ достигла суммарной установленной мощности порядка 0,7 ГВт, при этом монтируются дополнительные установки совокупной мощностью 1,5 ГВт. Предполагается, что коэффициенты мощности для ряда этих установок КТЭ будут находиться в пределах от 25 до 75%; эти коэффициенты могут быть выше соответствующих коэффициентов ФЭ, поскольку установки КСЭ обладают возможностью для дополнительного хранения тепла в тех случаях, когда существует соответствующая потребность в изменении площади поверхности коллектора для аккумуляции тепла. Низшим пределом коэффициента мощности является нулевая теплоаккумуляция, а верхним пределом – до 15 часов аккумуляции тепловой энергии. [3.8.4] Самыми первыми коммерческими установками КСЭ были солнечные системы генерации электроэнергии в Калифорнии, способные производить 354 МВт; эти системы, установленные в период 1985-1991 годов, функционируют до сих пор. Период с 1991 года до начала 2000-х годов характеризовался медленными темпами внедрения КСЭ, однако приблизительно с 2004 года наблюдался значительный рост планового производства энергии. В большинстве действующих в настоящее время установок КСЭ по-прежнему используется технология параболических коллекторов, однако увеличивается доля технологии, использующей центральный приемник, и наблюдается активное коммерческое продвижение солнечных тарелок Стирлинга. В начале 2010 года большая часть планового глобального потенциала приходилась на долю США и Японии, однако в последнее время о своих коммерческих планах заявили другие страны. На рисунке TP.3.3 показано текущее и запланированное использование потенциала КСЭ в период до 2015 года. [3.3.4, 3.4.1]

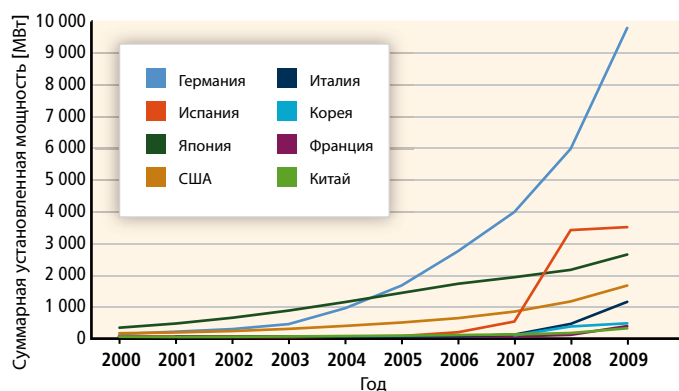


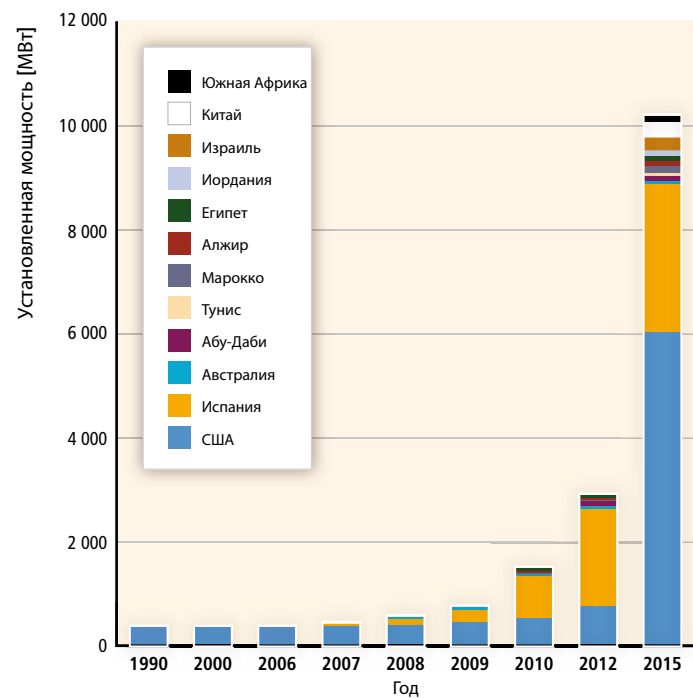
Рисунок TP.3.2 | Установленная мощность ФЭ на восьми рынках в период 2000-2009 годов. [рисунок 3.9]

**Производство солнечного топлива:** В настоящее время производство солнечного топлива находится на этапе экспериментальных установок. Экспериментальные установки мощностью от 300 до 500 кВт были созданы для карботермического уменьшения содержания окиси цинка, парового риформинга метана и паровой газификации петкокса. В Австралии действует реактор парового риформинга мощностью 250 кВт. [3.3.4, 3.4.1]

### 3.4.2 Промышленный потенциал и система поставок

**Тепловая солнечная энергия:** В 2008 году промышленностью были изготовлены солнечные коллекторы площадью приблизительно 41,5 млн. м<sup>2</sup> – достаточно много для перехода к массовому производству, даже несмотря на то, что производство распределяется между большим числом компаний во всем мире. Действительно, в большинстве отраслей было достигнуто крупносерийное промышленное производство. В процессе промышленного производства ряд полностью готовых материалов, включая медь, алюминий, нержавеющую сталь и теплоизоляцию, применяются и комбинируются в рамках разных совместных технологий для производства пластины поглотителя. Верхняя часть коллектора закрыта стеклянной крышкой, которая почти всегда сделана из стекла с низким содержанием железа, которое является сейчас легкодоступным. Большая часть продукции изготавливается в Китае, где она предназначена для внутреннего потребления. На этом рынке начинают доминировать вакуумированные коллекторы, пригодные для технологий массового производства. Другие важные производственные площадки находятся в Европе, Турции, Бразилии и Индии. Значительную долю экспортного рынка составляют скорее комплексные гелиоводоподогревательные системы, а не солнечные коллекторы как таковые. Крупнейшими экспортерами гелиоводоподогревательных систем являются Австралия, Греция, США и Франция. Австралийский экспорт составляет около 50% производства этих систем. [3.4.2]

Что касается пассивного солнечного отопления, то часть промышленного потенциала и цепи поставок зависит от людей, а именно инженеров и



**Рисунок TP.3.3** | Установленные или запланированные системы концентрированной солнечной энергии с разбивкой по странам. [рисунок 3.10]

архитекторов, которые должны систематически сотрудничать для того, чтобы построить здание с пассивным отоплением. В прошлые годы между этими двумя отраслями знаний зачастую отсутствовало тесное сотрудничество, однако распространение систематических проектных методологий, применяемых разными странами, улучшило возможности для проектирования. Окна и остекление являются важной частью пассивно обогреваемых зданий, а наличие окон нового поколения с высокой эффективностью (низкая излучательная способность, наполнение аргоном) оказывает большое влияние на рост доли солнечной энергии в удовлетворении потребностей в теплоснабжении в строительном секторе. Такие окна составляют в настоящее время основную часть партий новых окон, которые устанавливаются в большинстве стран, находящихся в северных широтах. Не возникает никаких проблем, связанных с промышленными мощностями или каналами поставок и препятствующих установке усовершенствованных окон. Еще одной характеристикой пассивного конструирования является добавление внутренней массы в структуру здания. Бетон и кирпичи – наиболее часто используемые материалы для сохранения тепла – являются легкодоступными; материалы с меняющейся фазой (например, парафин), которые считаются материалами будущего, предназначенными для сохранения тепла, не будут создавать, как ожидается, каких-либо проблем в цепи поставок. [3.4.2]

**Производство электроэнергии фотоэлектрическими элементами:** Совокупный показатель ежегодного роста промышленного производства ФЭ в период с 2003 по 2009 годы превышал 50 %. В 2009 году производство солнечных элементов достигло порядка 11,5 ГВт в год (по показателю пиковой мощности) при следующей разбивке между несколькими странами: на долю Китая пришлось около 51 % мирового производства (включая 14 % из китайской провинции Тайвань); Европы – 18 %; Японии – около 14 %; и США – около 5 %. Во всем мире производством солнечных элементов и модулей занято более 300 предприятий. В 2009 году доля кремниевых солнечных элементов и модулей на мировом рынке составляла около 80 %. Остальные 20 % пришлось, главным образом, на теллурид кадмия, аморфный кремний и диселенид галлия-индия-меди. Ожидается существенное расширение всего этого рынка в течение последующих нескольких лет, при этом будет увеличиваться рыночная доля производства модулей с тонким пленочным покрытием. Промышленные производители движутся в направлении оригинальной конструкции производственных единиц, а также приближают компоненты модульного производства ближе к конечному рынку. В период с 2004 по начало 2008 годов спрос на кристаллический кремний (или полисиликон) превысил предложение, что привело к росту цен. Новая цена обеспечила обширное предложение; в настоящее время рынок ФЭ обеспечивает свое собственное снабжение поликремнием. [3.4.2]

**Концентрация солнечной энергии:** За последние несколько лет отрасль, связанная с КСЭ, характеризовалась возрождением после периода застоя, при этом были либо заказаны, либо находились на стадии производства установки мощностью свыше 2 ГВт. Более 10 разных компаний активно занимаются сейчас строительством или подготовкой к производству промышленного масштаба. В их число входят как начинающие компании, так и крупные организации, включая коммунальные предприятия, обладающие международным опытом в области управления строительством. Ни одна из цепей поставок для сооружения установок не испытывает трудностей, связанных с наличием сырья. Расширенные мощности могут быть введены в действие приблизительно через полтора года. [3.4.2]

**Производство солнечного топлива:** Технология производства солнечного топлива все еще находится на этапе разработки, и в настоящее время отсутствует какая-либо цепь поставок для коммерческих применений. Различные виды солнечного топлива будут получать на основе, в значительной мере, схожей

технологии солнечного поля, которая применяется в других высокотемпературных системах КСЭ, помимо технологий реализации продукции, аналогичных тем, которые применяются в нефтехимической промышленности. [3.4.2]

### 3.4.3 Влияние политики

Технологии прямого преобразования солнечной энергии сталкиваются с целым рядом потенциальных барьеров на пути к достижению широкомасштабного использования. Солнечные технологии отличаются по уровням совершенства, и, хотя некоторые применения уже являются конкурентоспособными на местных рынках, перед ними стоит как правило один общий барьер, а именно необходимость снижения затрат. Системы КСЭ и ФЭ, предназначенные для коммунальных предприятий, сталкиваются с иными барьерами, нежели технологии распределенных ФЭ и солнечного теплоснабжения и охлаждения. К числу серьезных барьеров относятся: проблемы размещения, получения разрешений и финансирования с целью обустройства территории с благоприятными солнечными ресурсами для проектов коммунального масштаба; отсутствие доступа к линиям электропередач для крупных проектов, находящихся далеко от центров электрических нагрузок; сложные нормативы получения доступа, процедуры получения разрешений и стоимость мелкомасштабных проектов; отсутствие согласованных стандартов объединенного энергоснабжения и сеток тарифов за коммунальное электроснабжение в разное время суток, которые учитывают стоимость распределенной произведенной электроэнергии; несоответствие стандартов и процедур сертификации и их применения; а также отсутствие нормативных структур, учитывающих преимущества разных технологий в плане экологии и уменьшения рисков. Действуя согласно четко определенной политике, правительства показали, что они могут оказывать поддержку солнечным технологиям посредством финансирования НИОКР и обеспечения стимулов для преодоления экономических барьеров. Например, зависящие от цен механизмы стимулирования пропагандировались после того, как в результате проведения политики по обеспечению соответствия резко увеличились масштабы использования ФЭ в Германии и Испании. Определяемые квотами такие механизмы, как стандарты портфеля возобновляемых источников энергии и назначение цены правительством, являются обычной практикой в США и Китае соответственно. Помимо этих нормативных механизмов, часто используются механизмы бюджетно-налоговой политики и финансирования (например, налоговые кредиты, льготные займы и ссуды), с тем чтобы поддержать производство товаров, работающих на солнечной энергии, и увеличить потребительский спрос. Наиболее успешные виды политики в области солнечной энергии разрабатываются применительно к тем барьерам, которые вводятся конкретными применениями, и наиболее успешной политикой является та политика, которая дает рынку четкие, долгосрочные и последовательные сигналы. [3.4.3]

## 3.5 Интеграция в более широкую энергосистему

Солнечные технологии имеют ряд характеристик, которые обеспечивают их преимущественную интеграцию в более широкую энергосистему. В этом разделе кратко изложены интеграционные характеристики, имеющиеся только у солнечных технологий. Они включают спрос на энергию небольшой мощности, центральное теплоснабжение и другие тепловые нагрузки, рабочие параметры ФЭ и эффекты выравнивания, а также производственные характеристики КСЭ и стабилизацию сети. [3.5.1-3.5.4]

Для применений с небольшим потреблением энергии, таких как освещение или гелиоводоподогрев, солнечные технологии имеют иногда относительное преимущество по сравнению с технологиями на основе невозобновляемого топлива. Кроме того, солнечные технологии обеспечивают области

децентрализованного применения в небольших масштабах, а также более крупные области централизованного применения. В некоторых регионах мира интеграция солнечной энергии в системы центрального теплоснабжения и другие тепловые режимы зарекомендовала себя в качестве эффективной стратегии, особенно в силу того, что хорошо изолированные здания могут эффективно отапливаться относительно низкотемпературными энергоносителями. В отдельных местах системы центрального охлаждения и теплоснабжения могут обеспечить дополнительные преимущества по сравнению с децентрализованной системой охлаждения, включая стоимостные преимущества от экономии в результате роста масштабов производства, разнообразия спроса на охлаждение разных зданий, уменьшения шума и структурной нагрузки, а также экономии места для оборудования. Помимо этого, благодаря сочетанию энергии из биомассы и низкотемпературной солнечной термальной энергии могут быть улучшены коэффициент полезного действия системы и характеристики выбросов. [3.5.1, 3.5.2]

Что касается выработки электроэнергии фотоэлементами в конкретном месте, то она систематически колеблется в течение дня и года и, кроме того, беспорядочно в зависимости от погодных условий. Это колебание может в некоторых случаях иметь существенное значение для напряжения и передачи энергии в локальную систему передачи и распределения, начиная с раннего этапа вхождения в рынок, и для баланса между предложением и спросом в рамках глобальной эксплуатации всей энергосистемы на этапе масштабного внедрения на рынок. Этот эффект может потенциально ограничить интеграцию систем ФЭ. В то же время результаты моделирования и имитации систем свидетельствуют о том, что наличие многих систем ФЭ на большой территории делает эти колебания менее беспорядочными и более медленными, – эффект, который иногда называют «эффектом выравнивания». Проводятся исследования с целью оценки и количественного определения фактических эффектов выравнивания в крупном масштабе (1 000 мест на расстоянии от 2 до 200 км) и во временных масштабах в одну минуту или меньше. [3.5.3]

В установке КСЭ даже без элемента аккумуляции собственной тепловой массы в системе коллектора и вращающаяся масса в турбине, как правило, существенно уменьшают влияние быстрых солнечных переходных процессов на выработку электроэнергии и, таким образом, способствуют уменьшению воздействия на сеть. Благодаря внедрению комплексных систем аккумуляции тепла в будущем можно было бы достичь коэффициентов полезного действия, которые являются типичными при работе с базовой нагрузкой. Кроме того, объединение установок КСЭ с генераторами, работающими на ископаемом топливе, особенно с интегрированными солнечными системами комбинированного цикла, работающими на газе (с элементом аккумуляции), может повысить коэффициент полезного действия топлива и продлить количество рабочих часов, и, в конечном итоге, повысить экономическую эффективность по сравнению с работающими в автономном режиме установками КСЭ и/или установками комбинированного цикла. [3.5.4]

## 3.6 Экологические и социальные последствия

### 3.6.1 Экологические последствия

Помимо выгод в плане уменьшения выбросов ПГ, использование солнечной энергии может сократить выброс загрязнителей, таких как твердые частицы и токсичные газы, из старых установок на ископаемом топливе, на смену которым оно приходит. Технологии использования солнечной энергии и ФЭ не генерируют каких-либо видов твердых, жидких или газообразных побочных продуктов при выработке электроэнергии. Совокупность технологий на базе солнечной энергии может создавать другие виды последствий для воздуха, водных ресурсов, суши

и экосистем в зависимости от того, каким образом ими управляют. На своих производственных линиях промышленность, выпускающая ФЭ, использует некоторые токсичные, взрывоопасные газы, а также агрессивные жидкости. Присутствие и количество этих материалов в значительной мере зависит от типа элемента. В то же время объективные потребности производственного процесса отрасли, выпускающей ФЭ, требуют применения весьма жестких методов контроля, благодаря которым сводится к минимуму выброс потенциально опасных элементов в процессе производства модулей. Для других технологий использования солнечной энергии последствия, связанные с загрязнением воздуха и воды, в целом предполагаются относительно незначительными. Кроме того, для некоторых солнечных технологий в определенных регионах может потребоваться использование воды для целей очистки, с тем чтобы соблюдать производственные требования. [3.6.1]

На рисунке ТР.3.4 приводятся оценки жизненного цикла ПГ, связанных с различными типами модулей ФЭ и технологий КСЭ. Большинство оценок в отношении модулей ФЭ находится в пределах от 30 до 80 г CO<sub>2</sub>экв/кВтч. Жизненный цикл выбросов ПГ в результате выработки электроэнергии на основе технологии КСЭ лежит, согласно последним оценкам, в диапазоне от 14 до 32 г CO<sub>2</sub>экв/кВтч. Эти уровни выбросов почти на порядок ниже выбросов энергоустановок, работающих на природном газе. [3.6.1, 9.3.4]

Землепользование является еще одной формой экологического воздействия. Для установленных на крыше солнечных тепловых систем и систем ФЭ это не является проблемой, однако может стать проблемой для центральной станции на ФЭ, а также для системы КСЭ. Земельные угодья, чувствительные к состоянию окружающей среды, могут стать особой проблемой при получении разрешения на использование технологии КСЭ. Одно из различий между КСЭ и ФЭ заключается в том, что для КСЭ необходима система охлаждения рабочей жидкости, а подобное охлаждение часто связано с использованием скудных водных ресурсов. Целесообразным вариантом является использование местного воздуха в качестве охладителя (сухое охлаждение), однако это может снизить КПД установки на 2-10%. [3.6.1]

### 3.6.2 Социальные последствия

Позитивные результаты использования солнечной энергии в развивающихся странах являются аргументами в пользу его расширения. Около 1,4 млрд человек не имеют доступа к электричеству. Бытовые солнечные системы и локальные коммунальные сети, получающие электроэнергию от ФЭ, могут обеспечивать электричеством многие районы, для которых подсоединение к основной сети является невозможным из-за его стоимости. Последствия применения технологий получения электро- и солнечной энергии для местного населения показаны в длинном списке важных позитивных результатов, а именно: замена загрязняющих помещения керосиновых ламп и неэффективных кухонных плит; большие возможности для чтения в помещении; уменьшение количества времени, необходимого для сбора дров и приготовления пищи (что дает возможность женщинам и детям, которые обычно занимаются сбором дров, уделять свое время другим приоритетным задачам); уличное освещение для целей безопасности; улучшение состояния здоровья благодаря обеспечению холодильными установками для хранения вакцин и продуктов питания; и, наконец, коммуникационные устройства, например телевизоры, радиоприемники. Все это обеспечивает бесчисленное множество позитивных результатов, которые улучшают жизнь людей. [3.6.2]

Создание рабочих мест является важным социальным фактором, связанным с технологией солнечной энергии. Результаты анализа показывают, что из всей совокупности солнечных технологий солнечные ФЭ обладают самым высоким

потенциалом для создания рабочих мест. Приблизительно 0,87 рабочего места/год на кВтч обеспечивается благодаря солнечным ФЭ, затем следует КСЭ с показателем 0,23 рабочего места/год на кВтч. При правильном выдвигении эти связанные с трудовой занятостью аргументы могут способствовать ускорению общественного признания и усилению готовности населения терпеливо относиться к предполагаемым недостаткам солнечной энергии, таким как последствия для зрения. [3.6.2]

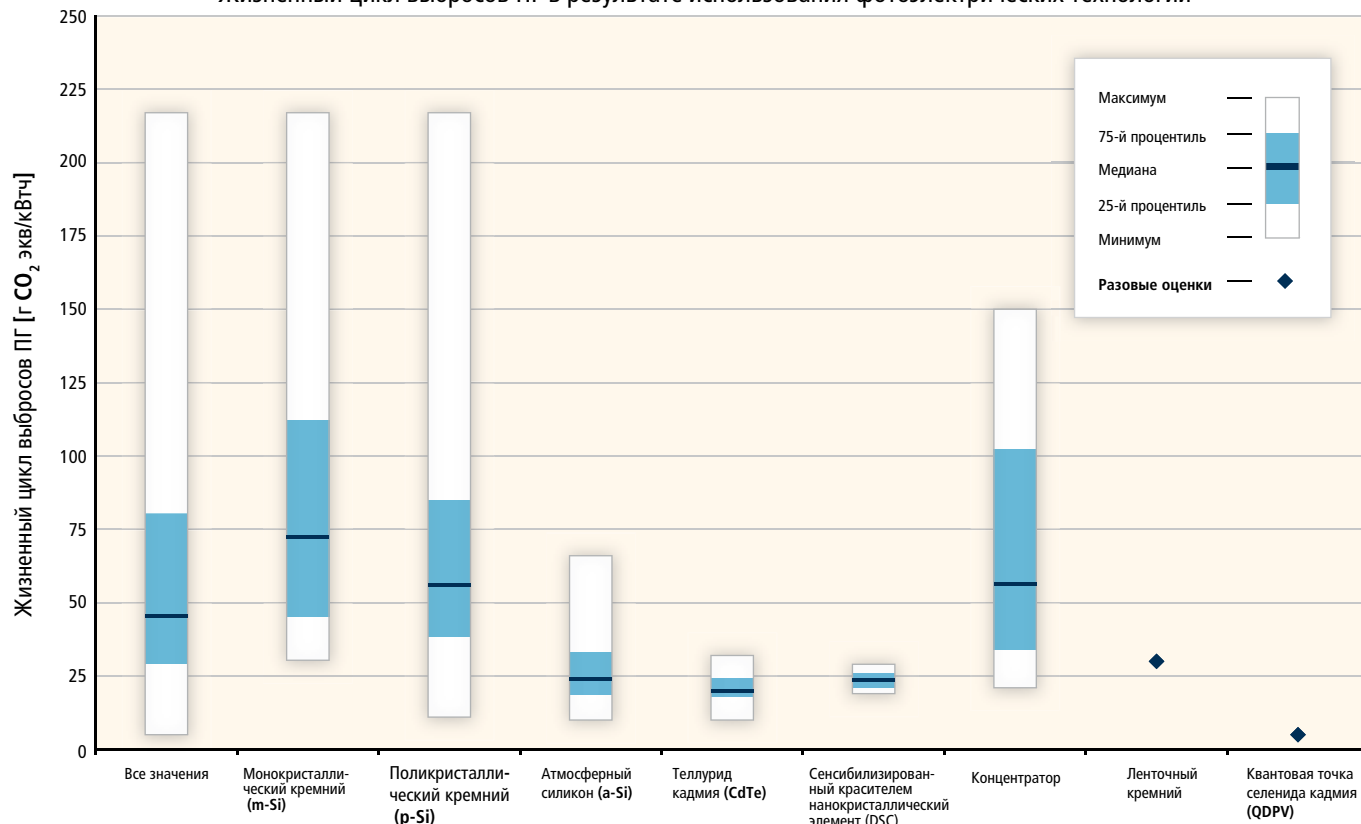
## 3.7 Перспективы технологических совершенствований и инноваций

**Тепловая солнечная энергия:** В случае интеграции на ранних этапах планирования здания будущего могли бы иметь солнечные панели, включая ФЭ, тепловые коллекторы и комбинацию ФЭ и теплоснабжения (гибриды), посредством размещения почти всех видимых компонентов на крыше или фасадах. Подобные здания могли бы строиться не только согласно личным пожеланиям отдельных строителей/владельцев, но также и согласно требованиям государственной политики – по крайней мере в некоторых районах. Например, концепция Европейской платформы тепловой солнечной технологии заключается в проектировании «здания с активной солнечной системой» в качестве стандарта для новых зданий к 2030 году, в соответствии с которой здание с активной солнечной системой удовлетворяет в среднем все его энергетические потребности в нагреве воды и кондиционировании помещений. [3.7.2]

При описании преимуществ пассивной солнечной системы может быть проведено различие между двумя видами климата: климат, в котором преобладает спрос на теплоснабжение, и климат, в котором преобладает спрос на охлаждение. В отношении первого может прогнозироваться широкомасштабное применение следующих технологий: вакуумное (в отличие от теплоизолированного) остекление; динамичная внешняя изоляция в ночное время; и полупрозрачные системы остекления, которые могут автоматически изменять солнечную/оптическую светопрозрачность и также обеспечивают более высокие изоляционные характеристики. В отношении последнего предполагается более широкое использование «прохладных крыш» (т.е. покрашенных в светлые цвета крыш, которые отражают солнечную энергию); методы рассеивания тепла, такие как использование наземной поверхности и воды в качестве поглотителей тепла; методы, улучшающие микроклимат вокруг зданий; и контрольные устройства, которые пропускают свет, но не тепло, являющееся компонентом солнечной энергии. Для того и другого климата получение улучшенных характеристик аккумуляции тепла предполагается благодаря строительным материалам. Кроме того, предполагается более совершенные методы распределения поглощаемого солнечного тепла вокруг здания и/или его передачи во внешнюю воздушную среду, возможно, с использованием таких активных средств, как вентиляторы. И, наконец, ожидается, что установки с более совершенной конструкцией будут способствовать внедрению этих различных усовершенствованных методов. [3.7.1]

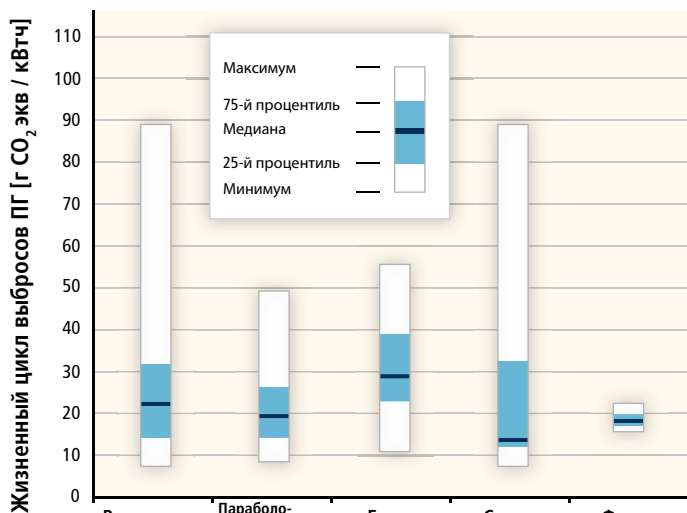
**Производство электроэнергии фотоэлементами:** Несмотря на свою относительно технически разработанную технологию, ФЭ все еще являются объектом быстрых усовершенствований в плане технических характеристик и стоимости, и ожидается продолжение этого неуклонного прогресса. Необходимые усилия предпринимаются в рамках межправительственного сотрудничества в сочетании с «дорожными картами». Для разных технологий ФЭ были определены четыре широкие технологические категории, каждая из которых требует конкретных концепций НИОКР: 1) эффективность, стабильность и срок службы элемента; 2) производительность модуля и его изготовление; 3) экологическая устойчивость; и 4) применимость; при этом все эти требования включают стандартизацию и согласование. Если смотреть в будущее, то технологии ФЭ

Жизненный цикл выбросов ПГ в результате использования фотоэлектрических технологий



Оценки:	124	30	56	12	13	4	6	2*	1
Стандартные величины:	26	9	15	3	3	1	2	2	1

\*такая же величина



Оценки:	42	20	14	4	4
Стандартные величины:	13	7	5	3	1

Рисунок TP.3.4 | Выбросы ПГ в течение жизненных циклов (вверху) модулей ФЭ и (внизу) технологий КТЭ. Подробную информацию о приведенных в литературе результатах исследований и цитат из нее, дополняющих показанные оценки, см. в приложении II. [рисунок 3.14, 3.15]

могут быть разбиты на три основных класса: существующие; появляющиеся технологии, которые характеризуются средним риском в среднесрочной перспективе (10-20 лет); и технологии высокого риска, запланированные на 2030 год и последующий период и обладающие экстраординарным потенциалом, но требующие технических прорывов. Примерами появляющихся технологий являются многопереходные поликристаллические тонкие пленки и кристаллический кремний толщиной менее 100 мкм. Примерами элементов высокого риска являются органические солнечные элементы, биомиметические устройства и точечные квантовые приборы, которые обладают потенциалом для существенного увеличения максимальной эффективности. И, наконец, предстоит выполнить важную работу по обеспечению баланса систем (БС), которые включают инверторы, аккумуляторы, контроллеры управления мощностью, системные структуры и энергосеть. [3.7.3]

**Производство электроэнергии посредством КСЭ:** Хотя КСЭ является сейчас технологией, зарекомендовавшей себя на коммунальном уровне, продолжается процесс ее совершенствования. По мере сооружения установок как массовое производство, так и эффект масштаба позволяют достичь снижения затрат. Имеются возможности для повышения коэффициента полезного действия использования солнечной энергии для получения электроэнергии, в том числе посредством повышения температур коллектора. Для повышения температуры и эффективности разрабатываются альтернативные варианты использования масла в качестве жидкого теплоносителя, такие как вода (кипящая в приемнике) или солевой расплав, что обеспечивает более высокие рабочие температуры.



Для систем с центральным теплоприемником общий коэффициент полезного действия может быть выше, поскольку рабочие температуры являются более высокими и ожидаются дальнейшие усовершенствования для достижения пиковых КПД (отношение солнечной энергии к электроэнергии), почти в два раза превышающих существующие системы и достигающих 35%. Технология параболических солнечных коллекторов будет усовершенствована благодаря постоянным достижениям в области селективных поверхностей для солнечной энергии, а центральные теплоприемники и тарелки будут усовершенствованы благодаря более эффективной конструкции приемника/поглотителя, которая обеспечит высокие уровни солнечного излучения в фокусной точке. Снижение капитальных затрат ожидается от выгод, получаемых благодаря массовому производству, эффекту масштаба и обучению на основе предыдущего опыта. [3.7.4]

**Производство солнечного топлива:** Для узкоспециализированных применений возможно использование электролиза с применением солнечной энергии на базе ФЭ или КСЭ, однако этот процесс по-прежнему является дорогостоящим. Разработчики работают в самых разных направлениях с целью создания технологии, которая уменьшит стоимость солнечных видов топлива. Это включает твердооксидные топливные элементы на основе электролиза, фотоэлектрохимические элементы (которые объединяют все этапы электролиза за счет солнечной энергии в единый элемент), передовые термохимические процессы, а также фотохимические и фотобиологические процессы – иногда в таких сочетаниях, которые интегрируют искусственный фотосинтез в антропогенные биомиметические системы и производство водорода посредством фотобиологической реакции, происходящей в живых организмах. [3.7.5]

**Другие возможные будущие применения:** Другие исследуемые методы производства электроэнергии на основе использования солнечного тепла без промежуточного термодинамического цикла включают термоэлектрические, термоэмиссионные, магнитогидродинамические процессы, а также процессы на основе щелочных металлов. Предлагается также использование космической солнечной энергии, когда собранная в космосе солнечная энергия направляется в виде микроволнового луча к принимающей антенне на земной поверхности. [3.7.6]

### 3.8 Ценовые тенденции

Хотя стоимость солнечной энергии меняется в широких пределах в зависимости от технологии, применения, местоположения и других факторов, стоимостные показатели были значительно снижены за последние 30 лет, а технические достижения и государственные меры поддержки по-прежнему создают возможности для дополнительного снижения цен. Интенсивность постоянной инновации будет оказывать существенное влияние на уровень использования солнечной энергии. [3.7.2-3.7.5, 3.8.2-3.8.5]

**Тепловая солнечная энергия:** Экономические показатели применений солнечного отопления зависят от соответствующей конструкции системы согласно потребностям в энергоуслугах, что часто связано с использованием вспомогательных энергоисточников. В некоторых регионах, например, в южных частях Китая, солнечные водонагревательные системы (СВС) являются конкурентоспособными по своей стоимости с традиционными системами. СВС обычно являются более конкурентоспособными в солнечных регионах, однако эта ситуация меняется в отношении отопления помещений, связанного обычно с более высокой общей нагрузкой теплоснабжения. В более холодных регионах капитальные расходы могут распределяться в течение более длительного отопительного сезона, а солнечная тепловая энергия может стать в таком случае более конкурентоспособной. [3.8.2]

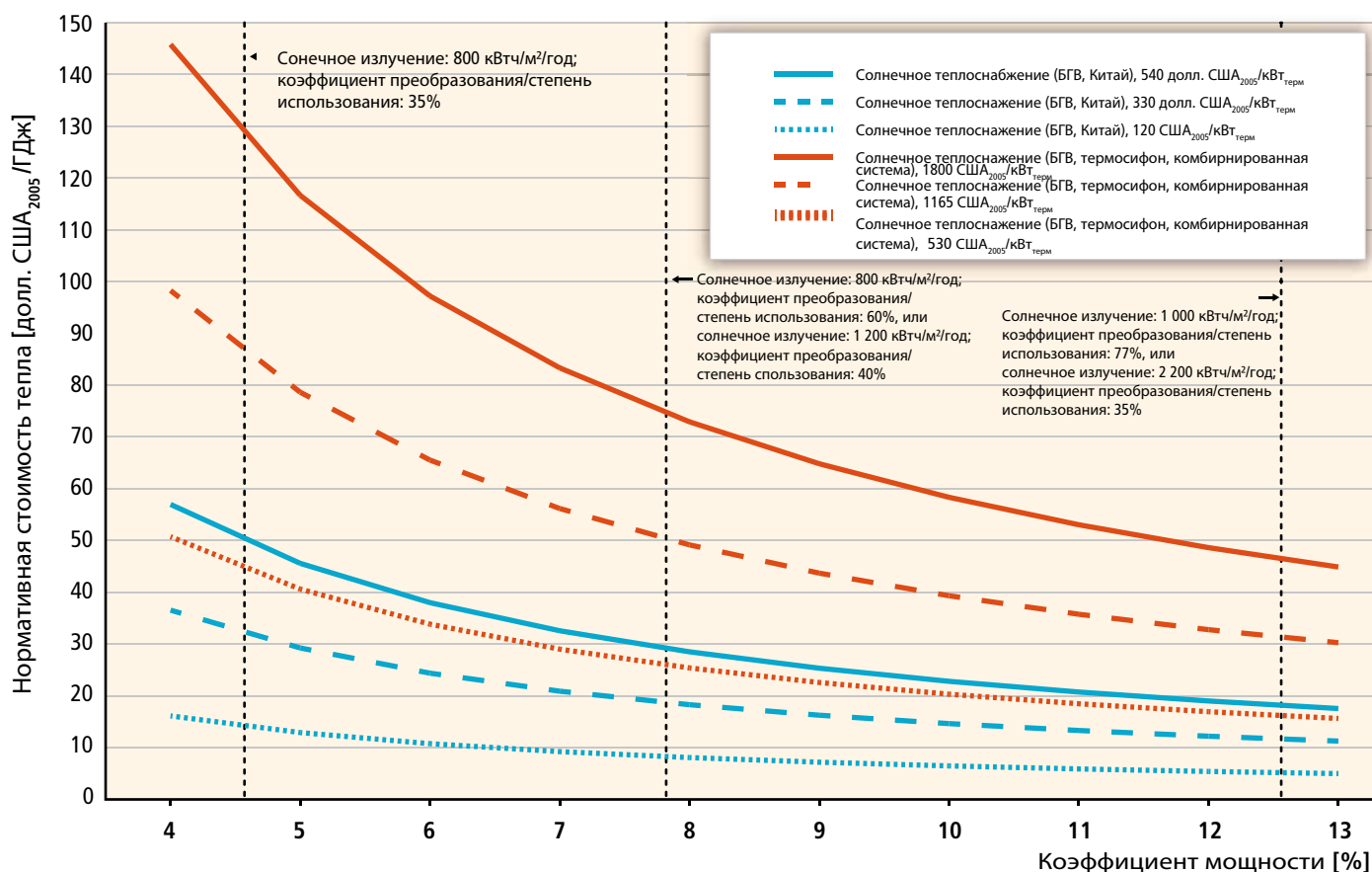
Инвестиционные затраты на солнечные системы теплоснабжения в значительной мере отличаются в зависимости от сложности применяемой технологии, а также рыночных условий в стране их эксплуатации. Затраты на установленную систему меняются в диапазоне от низких показателей в 83 долл. США<sub>2005</sub>/м<sup>2</sup> для СВС в Китае до более 1 200 долл. США<sub>2005</sub>/м<sup>2</sup> для некоторых систем отопления помещений. Нормированная стоимость тепла (НСТ) отражает широкий диапазон колебаний инвестиционных затрат и зависит от даже еще большего числа переменных величин, включая конкретный тип системы, инвестиционные затраты на данную систему, существующее в конкретном месте солнечное излучение, эффективность преобразования данной системы, оперативные расходы, стратегии использования системы и применяемая дисконтная ставка. Исходя из стандартизированной методологии, изложенной в приложении II, и данных о стоимости и технических характеристиках, кратко изложенных в приложении III, НСТ для солнечных тепловых систем с учетом широкого диапазона исходных параметров была рассчитана в широко меняющихся пределах 9-200 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж, однако может быть оценена для более конкретных условий посредством параметрического анализа. На рисунке TP.3.5 показана НСТ с несколько более узким набором и диапазоном исходных параметров. В более конкретном плане на этом рисунке показано, что для СВС в ценовом диапазоне 1 100-1 200 долл. США<sub>2005</sub>/кВт<sub>теп</sub> и коэффициентами преобразования приблизительно 40% НСТ находится предположительно в пределах от чуть более 30 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж до чуть менее 50 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж в регионах, сопоставимых с районами в Центральной и Южной Европе, и доходит почти до 90 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж в регионах с меньшим солнечным излучением. Неудивительно, что оценки НСТ весьма зависят от всех параметров, показанных на рисунке TP.3.5, включая инвестиционные затраты и коэффициенты мощности. [3.8.2, приложение II, приложение III]

За последнее десятилетие на каждые 50% увеличения установленной мощности солнечных нагревателей воды в Европе инвестиционные затраты сократились на 20%. Согласно данным МЭА дальнейшее снижение стоимости в странах ОЭСР будет обеспечиваться за счет использования более дешевых материалов, более эффективных производственных процессов, массового производства и непосредственного включения в конструкцию зданий коллекторов в качестве многофункциональных строительных компонентов и модульных легкоустанавливаемых систем. Согласно прогнозам МЭА, стоимость энергоснабжения в странах ОЭСР снизится в конечном итоге приблизительно на 70-75%. [3.8.2]

**Производство электроэнергии с помощью ФЭ:** За последние 30 лет цены на ФЭ снизились более чем в 10 раз; в то же время текущая нормированная стоимость электроэнергии (НСЭ), получаемой при помощи ФЭ, все еще в целом превышает оптовые рыночные цены на электроэнергию. В некоторых областях применения системы ФЭ уже являются конкурентоспособными с другими местными альтернативными вариантами (например, электроснабжение в некоторых сельских районах развивающихся стран). [3.8.3, 8.2.5, 9.3.2]

НСЭ, получаемой при помощи ФЭ, в значительной мере зависит от стоимости отдельных системных компонентов, при этом дороже всего стоит модуль ФЭ. НСЭ также включает компоненты БС, стоимость монтажных работ, затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание (ЭТО), фактор места и коэффициент мощности, а также применяемую дисконтную ставку. [3.8.3]

Цена на модули ФЭ сократилась с 22 долл. США<sub>2005</sub>/Вт в 1980 году до менее 1,5 долл. США<sub>2005</sub>/Вт в 2010 году. Соотношение исторических диапазонов показателей обучения составляет 11-26% при среднем показателе обучения в 20%. Цена в долл. США/Вт для комплексной системы, включая модуль, БС и стоимость монтажных работ, также постоянно снижалась и достигла к 2009 году



**Рисунок ТР.3.5** | Зависимость нормированной стоимости тепла от инвестиционных затрат как функция коэффициента мощности. (Предполагаемая дисконтная ставка 7%; годовая стоимость эксплуатации и технического обслуживания - 5,6 и 14 долл. США<sub>2005</sub>/кВт; и продолжительность срока службы в 12,5 и 20 лет для систем бытового горячего водоснабжения (БГВ) в Китае и различных типов систем в странах ОЭСР, соответственно.) [рисунок 3.16]]

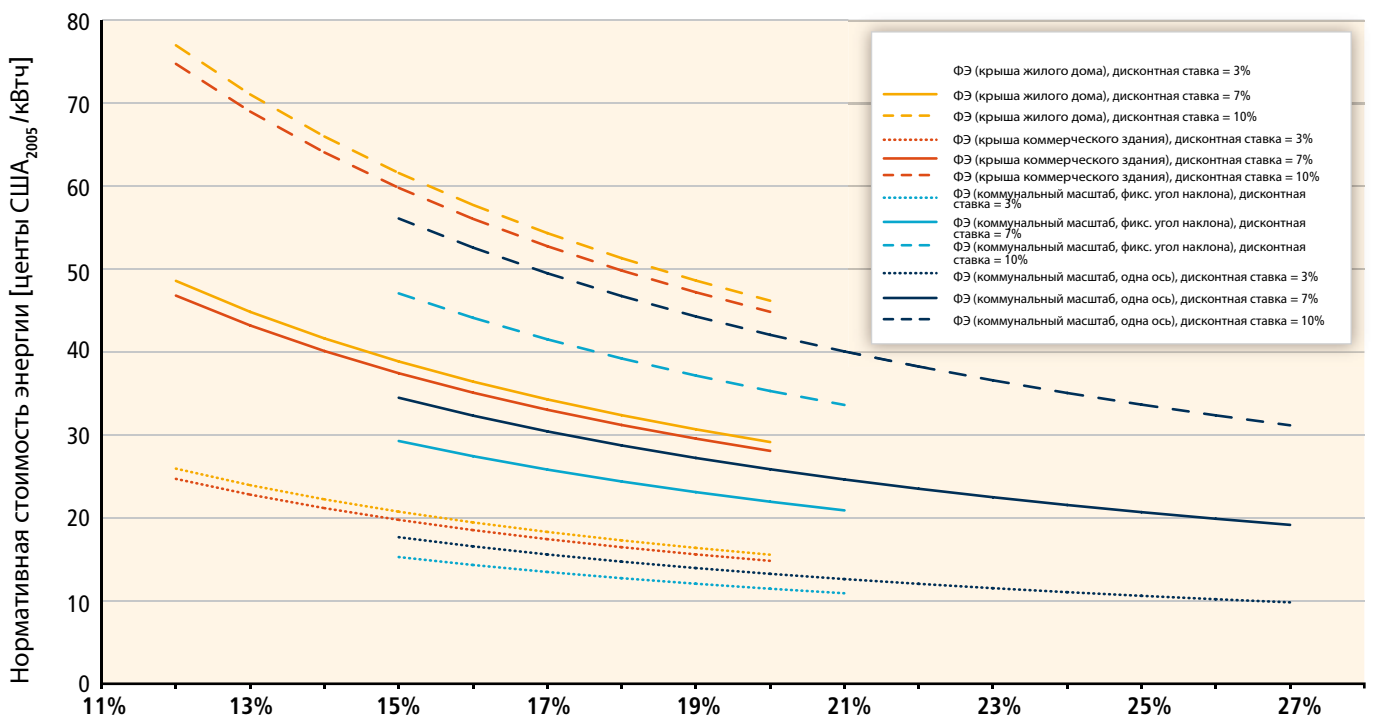
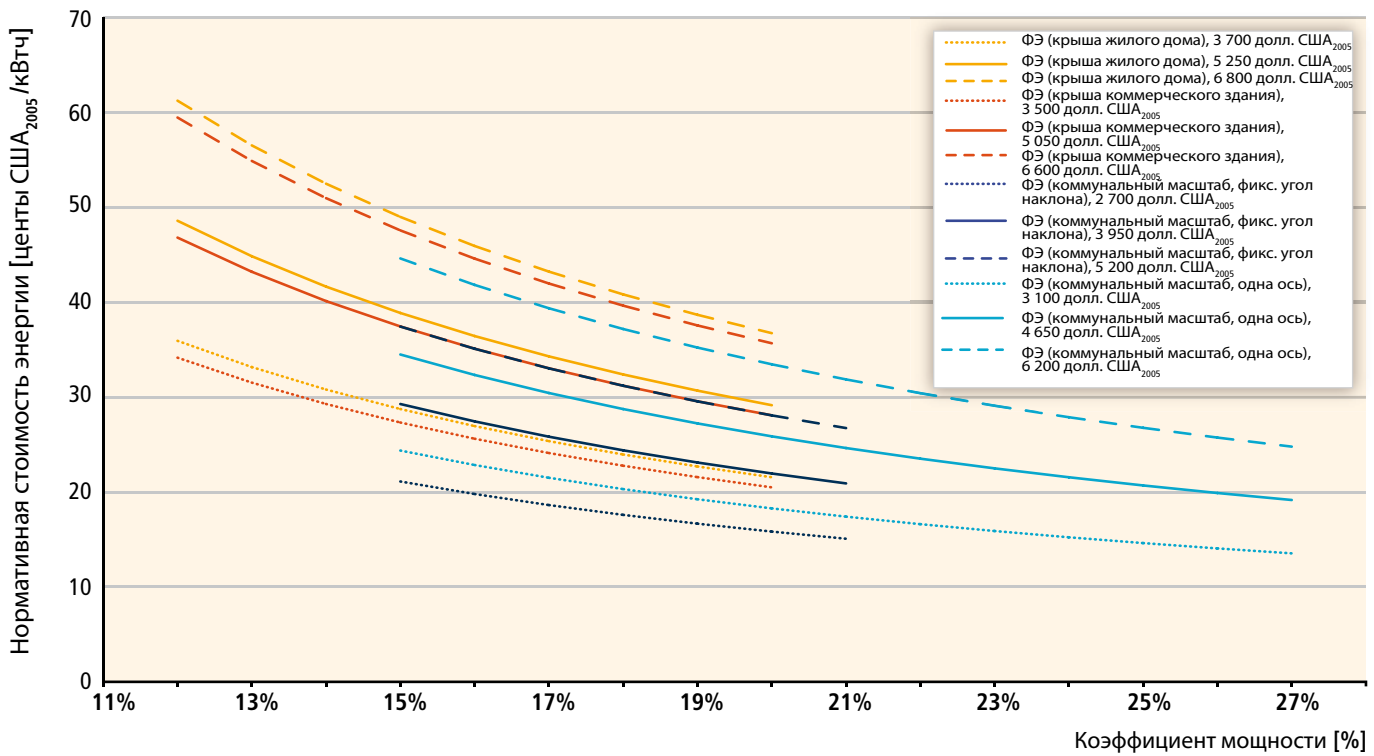
таких малых значений как 2,72 долл. США<sub>2005</sub>/Вт для некоторых тонкопленочных технологий. [3.8.3]

НСЭ для ФЭ зависит не только от первоначальных капиталовложений; она также учитывает эксплуатационные расходы и срок службы системных компонентов, локальные уровни солнечного излучения и технические характеристики системы. Нынешняя НСЭ для разных типов систем ФЭ была рассчитана на основе стандартизированной методологии, описанной в приложении II, а также данных о стоимости и технических характеристиках, кратко изложенных в приложении III. Она характеризуется значительным разбросом от незначительной величины в 0,074 долл. США<sub>2005</sub>/кВтч до высокого показателя в 0,92 долл. США<sub>2005</sub>/кВтч в зависимости от большого количества и диапазона исходных параметров. В случае сужения диапазона колебаний параметров НСЭ находилась в 2009 году в пределах от порядка 0,15 долл. США<sub>2005</sub>/кВтч до 0,4 долл. США<sub>2005</sub>/кВтч при 7-процентной дисконтной ставке в производстве электроэнергии в коммунальных масштабах с помощью ФЭ в регионах с сильным солнечным излучением в Европе и США, однако она может быть меньше или больше в зависимости от имеющихся ресурсов и других рамочных условий. На рисунке ТР.3.6 показан большой разброс НСЭ для ФЭ, определяемый типом системы, инвестиционными затратами, дисконтными ставками и коэффициентами мощности. [1.3.2, 3.8.3, 10.5.1, приложение II, приложение III]

Согласно прогнозам МЭА затраты на производство электроэнергии или НСЭ достигнут в 2020 году следующих значений: 14,5-28,6 центов США<sub>2005</sub>/кВтч для

жилищного сектора и 9,5-19 центов США<sub>2005</sub>/кВтч для коммунального сектора при благоприятных условиях, а именно 2 000 кВтч/кВт (эквивалент коэффициента мощности в 22,8%), а при менее благоприятных условиях – 1 000 кВтч/кВт (эквивалент коэффициента мощности в 11,4%), соответственно. Министерство энергетики США ставит перед собой еще более амбициозную цель, а именно достижение НСЭ в 5-10 центов США<sub>2005</sub>/кВтч к 2015 году, в зависимости от спроса конечного пользователя. [3.8.3]

**Производство электроэнергии посредством КСЭ:** Системы производства электроэнергии на основе КСЭ представляют собой сложную технологию, применяемую в трудных ресурсных и финансовых условиях; на НСЭ влияют очень многие факторы. Публикуемые инвестиционные затраты на установки КСЭ часто путают при сравнении с другими возобновляемыми источниками энергии, поскольку колебание уровней комплексного аккумулирования тепла повышает инвестиционные затраты, но при этом улучшает ежегодную производительность и коэффициент мощности установки. Для крупных, самых современных параболоцилиндрических установок текущие инвестиционные затраты оцениваются от 3,82 долл. США<sub>2005</sub>/Вт (без аккумулирования) до 7,65 долл. США<sub>2005</sub>/Вт (с аккумулированием) в зависимости от стоимости рабочей силы и земли, технологии, количества и распределения лучевого излучения и, прежде всего, от объема аккумулирования и размера солнечного поля. Данные об эксплуатационных характеристиках установок КСЭ являются ограниченными, особенно по установкам, оборудованным тепловыми аккумуляторами, поскольку новые установки были введены в эксплуатацию только с 2007 года. Коэффициенты



**Рисунок TP.3.6** | Нормированная стоимость производства электроэнергии с использованием ФЭ, 2008-2009 годы: а) (вверху) как функция коэффициента мощности и инвестиционных затрат\*, \*\*\*, и б) (внизу) как функция коэффициента мощности и дисконтной ставки\*\*, \*\*\*. [рисунок 3.19]

Примечания: \* Предполагаемая дисконтная ставка 7%. \*\* Предполагаемые инвестиционные затраты для систем, размещенных на крыше жилого здания, в размере 5 500 долл. США/кВт; для систем на крыше коммерческого здания – 5 150 долл. США; для проектов коммунального масштаба с фиксированным углом наклона – 3 650 долл. США/кВт; и для проектов коммунального масштаба с одной осью - 4 050 долл. США/кВт. \*\*\* Ежегодные предполагаемые затраты на ЭТО в размере 41-64 долл. США/кВт, срок службы - 25 лет.

мощности предшествующих установок без энергоаккумулирующих устройств доходили до 28%. У современных установок без тепловых аккумуляторов предусматриваются коэффициенты мощности порядка 20-30%; для установок с тепловыми аккумуляторами могут достигаться коэффициенты мощности от

30 до 75%. Если исходить из стандартизированной методологии, изложенной в приложении II, и данных о затратах и эксплуатационных характеристиках, кратко изложенных в приложении III, то НСЭ для солнечной параболоцилиндрической установки с шестичасовой теплоаккумулирующей емкостью по расчетам

находилась в диапазоне от чуть более 10 центов США<sub>2005</sub>/кВтч до порядка 30 центов США<sub>2005</sub>/кВтч. Ограничение предела дисконтных ставок 10% приводит к несколько более узкому диапазону порядка 20-30 центов США<sub>2005</sub>/кВтч, что приблизительно совпадает с диапазоном 18-27 центов США<sub>2005</sub>/кВтч, о котором говорится в литературе. Конкретные стоимостные и эксплуатационные параметры, включая применяемую дисконтную ставку и коэффициент мощности, сказываются на конкретной оценке НСЭ, даже если НСЭ систем разных конфигураций в идентичных в то же время условиях отличается весьма незначительно. [3.8.4]

Коэффициент обучения для КСЭ, исключая силовой блок, оценивается в  $10 \pm 5\%$ . Конкретными целями США в отношении НСЭ являются 6-8 центов США<sub>2005</sub>/кВтч при шестичасовой аккумулирующей способности к 2015 году и 50-60 центов США<sub>2005</sub>/кВтч при аккумулирующей способности 12-17 часов к 2020 году. ЕС ставит аналогичные задачи. [3.8.4]

## 3.9 Потенциальное использование

### 3.9.1 Краткосрочные (2020 год) прогнозы

В таблице ТР.3.1 кратко изложены итоги имеющихся исследований по потенциальному использованию в период до 2020 года, которые были взяты из литературы. Табличные данные взяты из следующих источников: Европейский совет по возобновляемой энергии (ЕСВЭ) – Гринпис (Э[ре]волюция энергии, стандарты и передовые сценарии); и МЭА («дорожные карты» по технологии в области КСЭ и ФЭ). В отношении входных данных по солнечной тепловой энергии следует отметить, что в эти данные не включен вклад пассивной солнечной энергии; хотя эта технология снижает спрос на энергию, она не является частью цепи поставок, рассматриваемой в рамках энергетической статистики. [3.9]

### 3.9.2 Долгосрочное использование в контексте смягчения снижения воздействия выбросов углерода

На рисунке ТР.3.7 показаны результаты более 150 сценариев долгосрочного моделирования, описанных в главе 10. Сценарии потенциального использования характеризуются широким разбросом – от важнейшей роли, которую солнечная энергия будет играть в 2050 году, до одного из основных источников энергоснабжения, которым она станет. Хотя сегодня прямая солнечная энергия обеспечивает лишь весьма незначительную долю мирового энергоснабжения, по-прежнему неоспоримым фактом является то, что этот источник энергии обладает одним из крупнейших потенциалов в будущем.

Снижение стоимости является ключевой проблемой, связанной с тем, чтобы прямая солнечная энергия стала более выгодной в коммерческом плане и смогла претендовать на более крупную долю на мировом энергетическом рынке. Это может быть достигнуто, только если затраты на солнечные технологии будут снижены по мере их продвижения согласно кривым обучения, которые зависят, в первую очередь, от объемов рынка. Кроме того, требуются постоянные НИОКР для обеспечения того, чтобы наклонные части кривых обучения не выравнивались слишком рано. Действительные издержки, связанные с использованием солнечной энергии, до сих пор неизвестны, поскольку в основных сценариях ее применения, которые имеются в настоящее время, рассматривается только одна технология. В этих сценариях не учитываются побочные выгоды возобновляемого/устойчивого энергоснабжения посредством целого ряда различных возобновляемых источников энергии и мер по обеспечению энергоэффективности.

Потенциальное использование зависит от фактических ресурсов и наличия соответствующей технологии. В то же время действующая нормативно-правовая основа может в значительной мере способствовать или сдерживать расширение применений прямой солнечной энергии. Минимальные строительные стандарты в отношении ориентации и изоляции зданий могут существенно уменьшить энергетическую потребность зданий и повысить долю предложения возобновляемой энергии без увеличения общего спроса. Транспарентные и оптимизированные административные процедуры, связанные с установкой и подсоединением источника солнечной энергии к существующим сетевым инфраструктурам, могут также снизить затраты на прямую солнечную энергию.

## 4. Геотермальная энергия

### 4.1 Введение

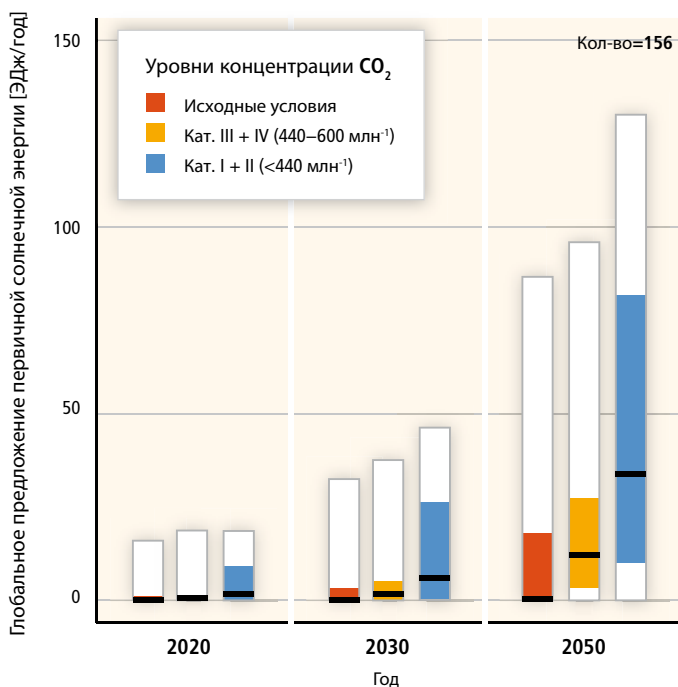
Геотермальные ресурсы включают термальную энергию из недр Земли, аккумулированную как в породе, так и в захваченном паре или жидкой воде, и используются для производства электроэнергии в тепловой энергоустановке или в других бытовых и агропромышленных областях применения, требующих теплоснабжения, а также в применениях КТЭ. Изменение климата не оказывает никаких серьезных воздействий на эффективность геотермальной энергии. [4.1]

Геотермальная энергия – это возобновляемый ресурс, поскольку захваченное тепло из активного резервуара постоянно восстанавливается в результате природного производства тепла, переноса и конвекции из соседних более горячих участков, а извлеченные геотермальные жидкости восполняются в результате естественного притока или обратной закачки охлажденных жидкостей. [4.1]

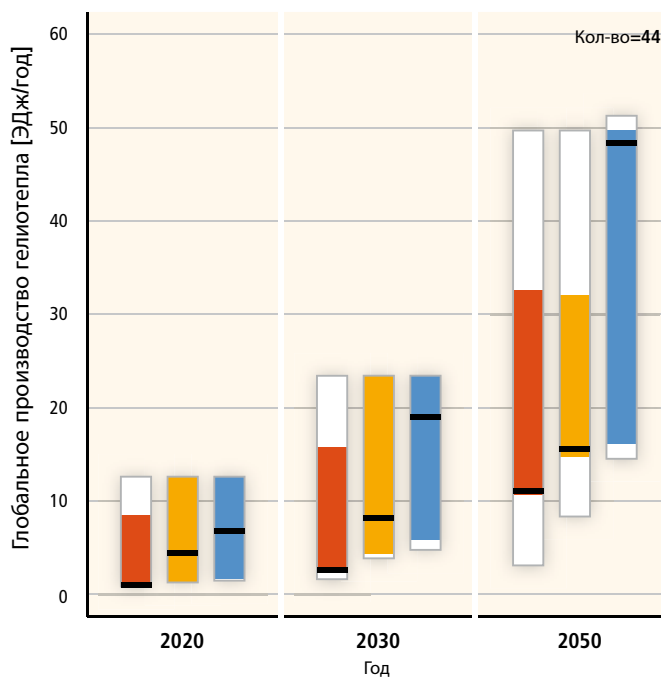
Таблица ТР.3.1 | Эволюция суммарного солнечного потенциала. [таблица 3.7]

	Год	Низкотемпературное солнечное тепло (ГВт <sub>терм</sub> )			Электроэнергия, вырабатываемая солнечными ФЭ (ГВт)			Электроэнергия, вырабатываемая путем КСЭ (ГВт)		
		2009	2015	2020	2009	2015	2020	2009	2015	2020
Название сценария	Текущая суммарная установленная мощность	180			22			0,7		
	ЕСВЭ – Гринпис (справочный сценарий)		180	230		44	80		5	12
	ЕСВЭ – Гринпис (сценарий эволюции)		715	1,875		98	335		25	105
	ЕСВЭ – Гринпис (расширенный сценарий)		780	2,210		108	439		30	225
	«Дорожные карты» МЭА			Нет данных		95 <sup>1</sup>	210		Нет данных	148

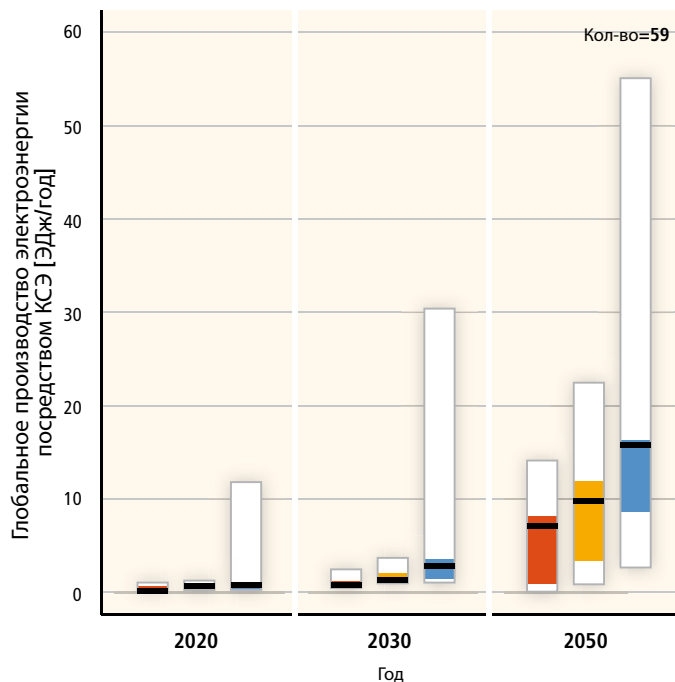
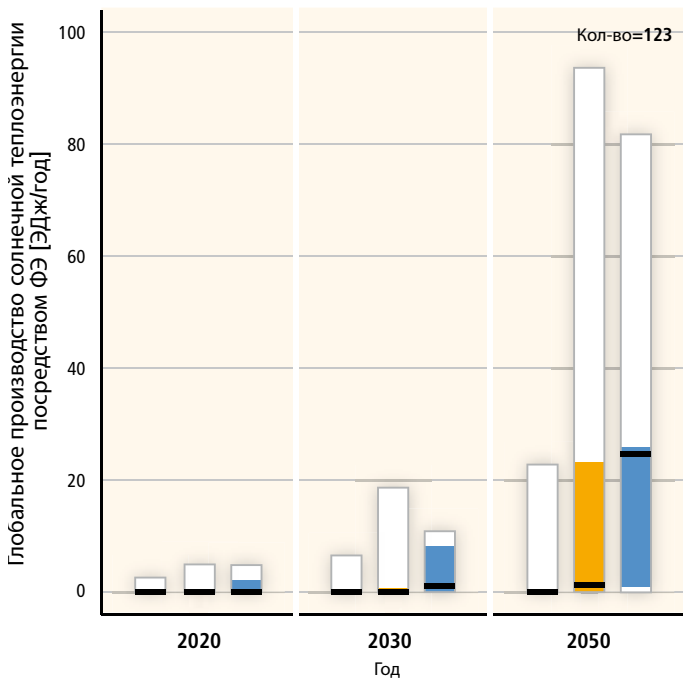
Примечание: 1. Экстраполировано из среднего показателя роста в период 2010-2020 годов.



(c) Глобальное производство солнечной электроэнергии посредством ФЭ



(d) Глобальное производство электроэнергии посредством КСЭ



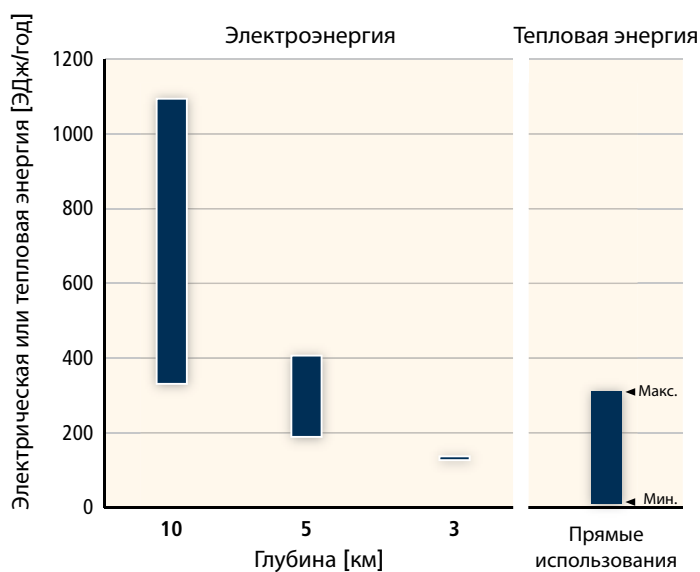
**Рисунок ТР.3.7** | Глобальное предложение и производство солнечной энергии в долгосрочных сценариях (медиана, диапазон 25-75-й процентиль и полный диапазон сценарных результатов; цветовое обозначение основано на категориях уровня атмосферной концентрации CO<sub>2</sub> в 2100 году; конкретный номер сценариев, определяющих данную цифру, показан в верхнем правом углу). а) Глобальное предложение первичной солнечной энергии; б) Глобальное производство солнечной электроэнергии посредством ФЭ; в) Глобальное производство солнечной электроэнергии посредством ФЭ; и д) Глобальное производство электроэнергии посредством КСЭ. [рисунок 3.22]

## 4.2 Ресурсный потенциал

Величина доступного тепла, аккумулированного в горячей сухой породе недр Земли, оценивается в диапазоне от 110 до 403 x 10<sup>6</sup> ЭДж на глубине до 10 км, 56-140 x 10<sup>6</sup> ЭДж на глубине до 5 км и порядка 34 x 10<sup>6</sup> ЭДж на глубине до 3 км. Если использовать предыдущие оценки гидротермальных источников и расчеты для усовершенствованных (или инженерных) геотермальных систем, полученных на основе оценок аккумулированного на глубине тепла, то геотермальные

технические потенциалы для выработки электроэнергии находятся в пределах от 118-146 ЭДж/год (на глубине 3 км) до 318-1 109 ЭДж/год (на глубине 10 км), а потенциал источников прямого использования находится в пределах от 10 до 312 ЭДж/год (рисунок ТР.4.1). [4.2.1]

В таблице ТР.4.1 технические потенциалы представлены на региональной основе. Разбивка по регионам основана на методологии, применяемой Научно-исследовательским институтом электроэнергии для оценки теоретических



**Рисунок ТР.4.1** | Геотермальные технические потенциалы электроэнергии и прямых видов использования (тепло). Для прямых видов использования обычно не требуется разработка до глубин более 3 км. [рисунок 4.2].

геотермальных потенциалов для каждой страны, после чего производится группировка стран по региональному признаку. Таким образом, данное дезагрегирование глобального технического потенциала основано на факторах, учитывающих региональные колебания среднего геотермального градиента и присутствие либо диффузной геотермальной аномалии, либо региона с высокой температурой, связанной с вулканической деятельностью или границами скольжения плит. Разделение на электрический и термальный (прямые виды использования) потенциалы является несколько произвольным в том смысле, что для большинства высокотемпературных источников может использоваться один из этих потенциалов или они могут использоваться совместно в применениях КСЭ в зависимости от местных условий рыночного регулирования. [4.2.2]

Тепло, извлеченное для достижения технических потенциалов, может быть полностью или частично восполнено в течение длительного периода времени благодаря континентальному наземному потоку тепла в 315 ЭДж/год при средней величине потока в 65 МВт/м<sup>2</sup>. [4.2.1]

### 4.3 Технология и применения

В настоящее время извлечение геотермальной энергии осуществляется с использованием скважин и других способов, с тем чтобы получать горячие жидкости из: (а) гидротермальных резервуаров с естественной высокой проницаемостью, или (б) улучшенных или инженерно-технических геотермальных систем (УГС) с искусственными каналами для прохождения жидкости (рисунок ТР.4.2). Технология производства электроэнергии за счет гидротермальных резервуаров является совершенной и надежной и эксплуатируется почти 100 лет. Также технически разработанными являются технологии для прямого теплоснабжения с использованием геотермальных тепловых насосов (ГТН) для центрального теплоснабжения и других применений. Технологии УГС находятся на демонстрационном этапе. [4.3]

Электричество, получаемая за счет геотермальной энергии, особенно подходит для энергообеспечения базовой нагрузки, а также может диспетчироваться и использоваться для удовлетворения пикового спроса. Таким образом, геотермальная электроэнергия может дополнять переменную выработку электроэнергии. [4.3]

Поскольку геотермальные ресурсы находятся под землей, были разработаны поисковые методы для определения их местоположения и оценки (включая геологические, геохимические и геофизические изыскания). Цели геотермальных исследований заключаются в определении и ранжировании перспективных геотермальных резервуаров до начала бурения. В наши дни бурение геотермальных скважин осуществляется на глубину до 5 км с использованием традиционных методов роторного бурения, аналогичных тем, которые применяются для выхода на нефтяные и газовые пласты. Передовые технологии бурения позволяют вести работу в условиях высоких температур и обеспечивают возможность пространственной ориентации. [4.3.1]

Основными типами геотермальных энергоустановок, используемых в настоящее время, являются конденсационные паровые турбины и установки с бинарным циклом. Конденсационные установки могут работать на водяном или сухом паре (последний не требует разделения рассола, благодаря чему установки являются более простыми и дешевыми), и они более широко распространены по сравнению с бинарными установками. Их устанавливают в случае ресурсов с промежуточной и высокой температурой ( $\geq 150$  °C), и они часто имеют мощность от 20 до 110 МВт. В установках бинарного цикла геотермальная жидкость проходит через

**Таблица ТР.4.1** | Геотермальные технические потенциалы на континентах по регионам МЭА. [таблица 4.3]

РЕГИОН <sup>1</sup>	Электроэнергетический технический потенциал (ЭДж/год) на глубинах до:						Технические потенциалы (ЭДж/год) для прямых видов использования	
	3 км		5 км		10 км		Нижний	Верхний
	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний		
ОЭСР – Северная Америка	25,6	31,8	38,0	91,9	69,3	241,9	2,1	68,1
Латинская Америка	15,5	19,3	23,0	55,7	42,0	146,5	1,3	41,3
ОЭСР – Европа	6,0	7,5	8,9	21,6	16,3	56,8	0,5	16,0
Африка	16,8	20,8	24,8	60,0	45,3	158,0	1,4	44,5
Страны с переходной эко-номикой	19,5	24,3	29,0	70,0	52,8	184,4	1,6	51,9
Ближний Восток	3,7	4,6	5,5	13,4	10,1	35,2	0,3	9,9
Развивающиеся страны Азии	22,9	28,5	34,2	82,4	62,1	216,9	1,8	61,0
ОЭСР – Тихоокеанский регион	7,3	9,1	10,8	26,2	19,7	68,9	0,6	19,4
<b>Итого</b>	<b>117,5</b>	<b>145,9</b>	<b>174,3</b>	<b>421,0</b>	<b>317,5</b>	<b>1 108,6</b>	<b>9,5</b>	<b>312,2</b>

Примечание: 1. Региональные определения и группы стран см. в приложении II.

теплообменник, нагревая другую рабочую жидкость с низкой точкой кипения, которая испаряется и приводит в действие турбину. Эти установки позволяют использовать низкотемпературные геотермальные резервуары и резервуары УГС (обычно от 70 °C до 170 °C), и их конструкция часто представляет собой соединенные модульные единицы мощностью в несколько МВт. Комбинированные и гибридные установки состоят из двух или более вышеупомянутых базовых типов для большей универсальности, увеличения общего теплового КПД, повышения способности реагировать на меняющуюся нагрузку, а также для эффективного охвата широкого температурного диапазона источника. И наконец, когенерационные установки или установки КТЭ производят как электроэнергию, так и горячую воду для прямого использования. [4.3.3]

Резервуары УГС требуют стимулирования со стороны подземных участков, где температура является достаточно высокой для эффективного использования. Резервуар, состоящий из сети трещин, создается или улучшается, с тем чтобы обеспечить хорошо соединенные каналы для движения жидкости между нагнетательными и производственными скважинами. Тепло извлекается в результате циркулирования воды через резервуар по замкнутому контуру и может быть использовано для производства энергии, а также для промышленного теплоснабжения или теплоснабжения жилищного фонда (см. рисунок TP.4.2). [4.3.4]

Прямое использование обеспечивает теплоснабжение и охлаждение зданий, включая центральное теплоснабжение, рыбные пруды, теплицы, бани, центры здоровья и плавательные бассейны, очистку/опреснение воды, а также промышленное и технологическое тепло для сельскохозяйственной продукции и сушки минерального сырья. Хотя можно обсуждать вопрос о том, являются ли ГТН «правильным» применением геотермальной энергии, их можно использовать почти в любом месте мира для теплоснабжения и охлаждения, а также для того чтобы воспользоваться относительно постоянной температурой поверхности земли или грунтовых вод, лежащей в диапазоне от 4 °C до 30 °C. [4.3.5]

#### 4.4 Глобальный и региональный статус рынка и развитие промышленности

Геотермальные ресурсы использовались для производства электроэнергии почти в течение столетия. В 2009 году глобальный рынок геотермальной электроэнергии имел широкий круг участников при установленной мощности в 10,7 ГВт<sub>э</sub>. В 2008 году в 24 странах производилось более 67 ТВтч<sub>э</sub> (0,24 ЭДж) электроэнергии (рисунок TP.4.3), а в шести из этих стран общий спрос на электроэнергию удовлетворялся более чем на 10%. Кроме того, в 78 странах эксплуатировались применения, использующие прямую геотермальную энергию мощностью 50,6 ГВт<sub>терм</sub>, которые генерировали 121,7 ТВтч<sub>терм</sub> (0,44 ЭДж) тепла в 2008 году. Доля ГТН в этой установленной мощности составляла 70% (35,2 ГВт<sub>терм</sub>) для целей прямого использования. [4.4.1, 4.4.3]

Глобальный среднегодовой показатель роста установленной мощности геотермальной электроэнергии за последние пять лет (2005-2010 годы) составлял 3,7%, а за последние 40 лет (1970-2010 годы) – 7%. Показатели прямого использования геотермальной энергии составляли 12,7% (2005-2010 годы) и 11% в период 1975-2010 годов. [4.4.1]

УГС все еще находятся на демонстрационном этапе, при этом одна небольшая установка действует во Франции и один экспериментальный проект осуществляется в Германии. В Австралии были сделаны значительные капиталовложения в исследования и разработку УГС в последние годы, а США усилили недавно поддержку исследованиям, разработкам и демонстрации УГС как части реанимированной национальной геотермальной программы. [4.4.2]

(a)

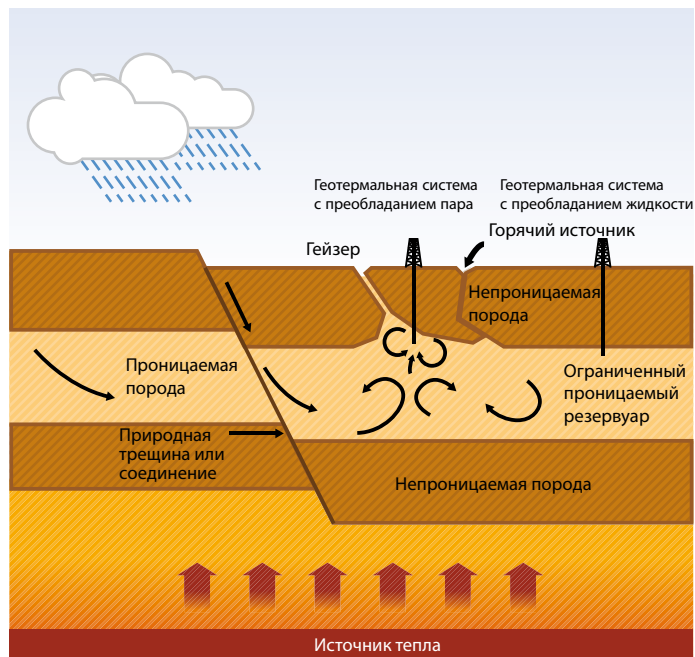


Рисунок TP.4.2a | Схема, показывающая конвективные (гидротермальные) ресурсы. [рисунок 4.1b]

В 2009 году к числу основных типов (и относительных процентных долей) прямых геотермальных применений в ежегодно потребляемой энергии относились: теплоснабжение помещений в зданиях (63%), купальные и бальнеологические курорты (25%), садоводство (теплицы и обогрев почвы) (5%), промышленное технологическое тепло и сушка сельскохозяйственной продукции (3%), аквакультура (прудовое рыбоводство) (3%) и растапливание снега (1%). [4.4.3]

Для достижения полного потенциала геотермальной энергии в области смягчения воздействий на изменение климата необходимо преодолеть барьеры технического и иного характера. Преодолению этих барьеров могут помочь политические меры, конкретно касающиеся геотермальной технологии. [4.4.4]

#### 4.5 Экологические и социальные последствия

Экологические и социальные последствия, связанные с геотермальной энергией, действительно существуют и, как правило, зависят от конкретного места и конкретной технологии. По большей части эти последствия поддаются корректировке, а негативные экологические последствия являются незначительными. CO<sub>2</sub> является основным ПГ при выбросах из геотермальных источников, хотя он образуется не в результате горения, а выбрасывается из залегающих естественным образом источников. Непосредственные наблюдения установок геотермальной энергии, эксплуатируемых в 2001 году, показали широкий разброс показателей прямых выбросов CO<sub>2</sub>, при этом соответствующие величины колебались от 4 до 740 г/кВтч<sub>э</sub> в зависимости от технологической конструкции и состава геотермальной жидкости, находящейся в подземном резервуаре. Прямые выбросы CO<sub>2</sub> при непосредственных применениях являются незначительными, в то время как энергетические установки УГС, вероятно, необходимо конструировать в качестве систем замкнутого цикла с жидкой фазой причем с нулевыми прямыми выбросами. Согласно оценкам жизненного цикла предполагается, что выбросы в эквиваленте CO<sub>2</sub> составляют менее 50 г/кВтч<sub>э</sub> для геотермальных энергоустановок; менее 80 г/кВтч<sub>э</sub> для прогнозируемых УГС; и от 14 до 202 г/кВтч<sub>терм</sub> для систем центрального теплоснабжения и ГТН. [4.5, 4.5.1, 4.5.2]

(b)

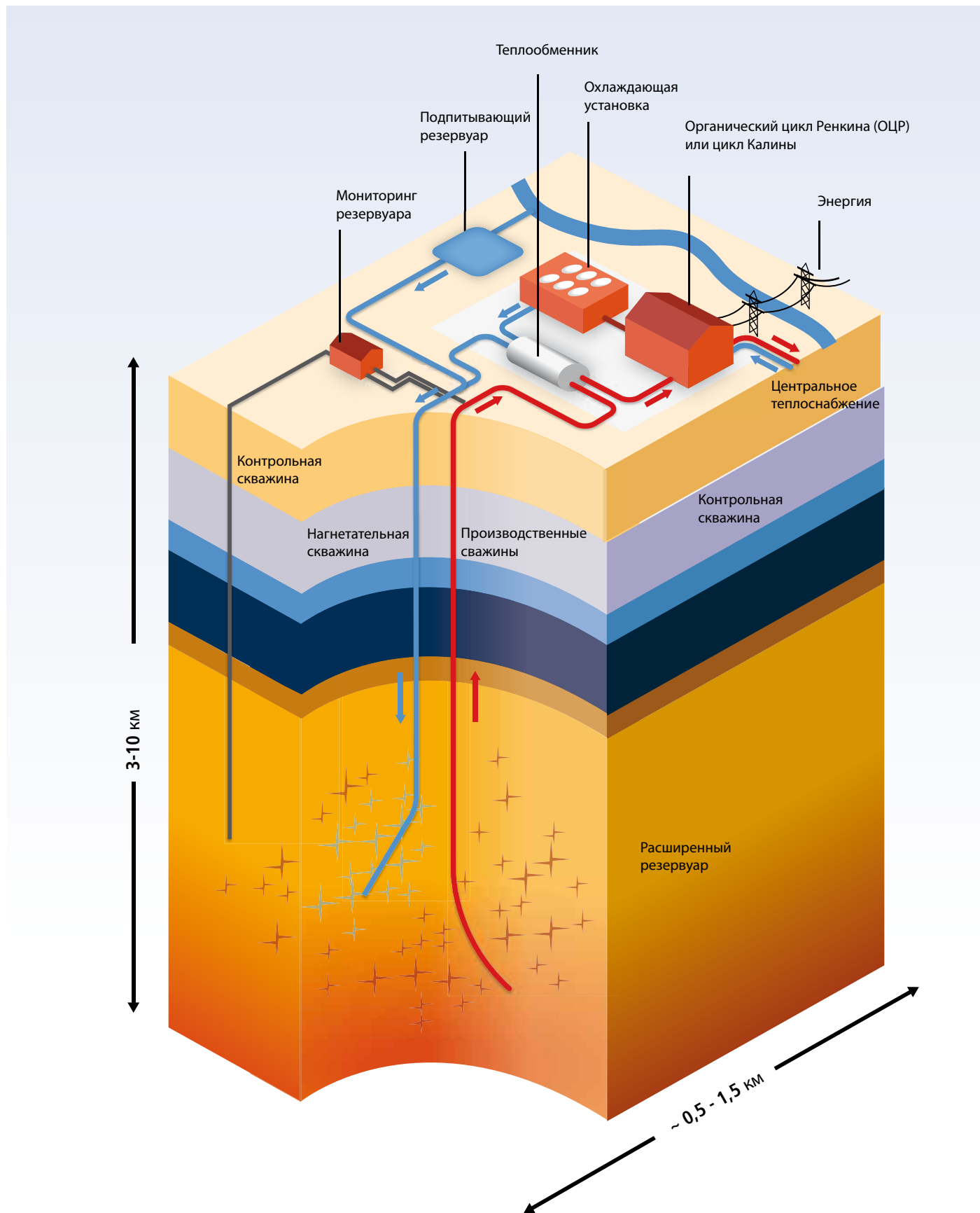
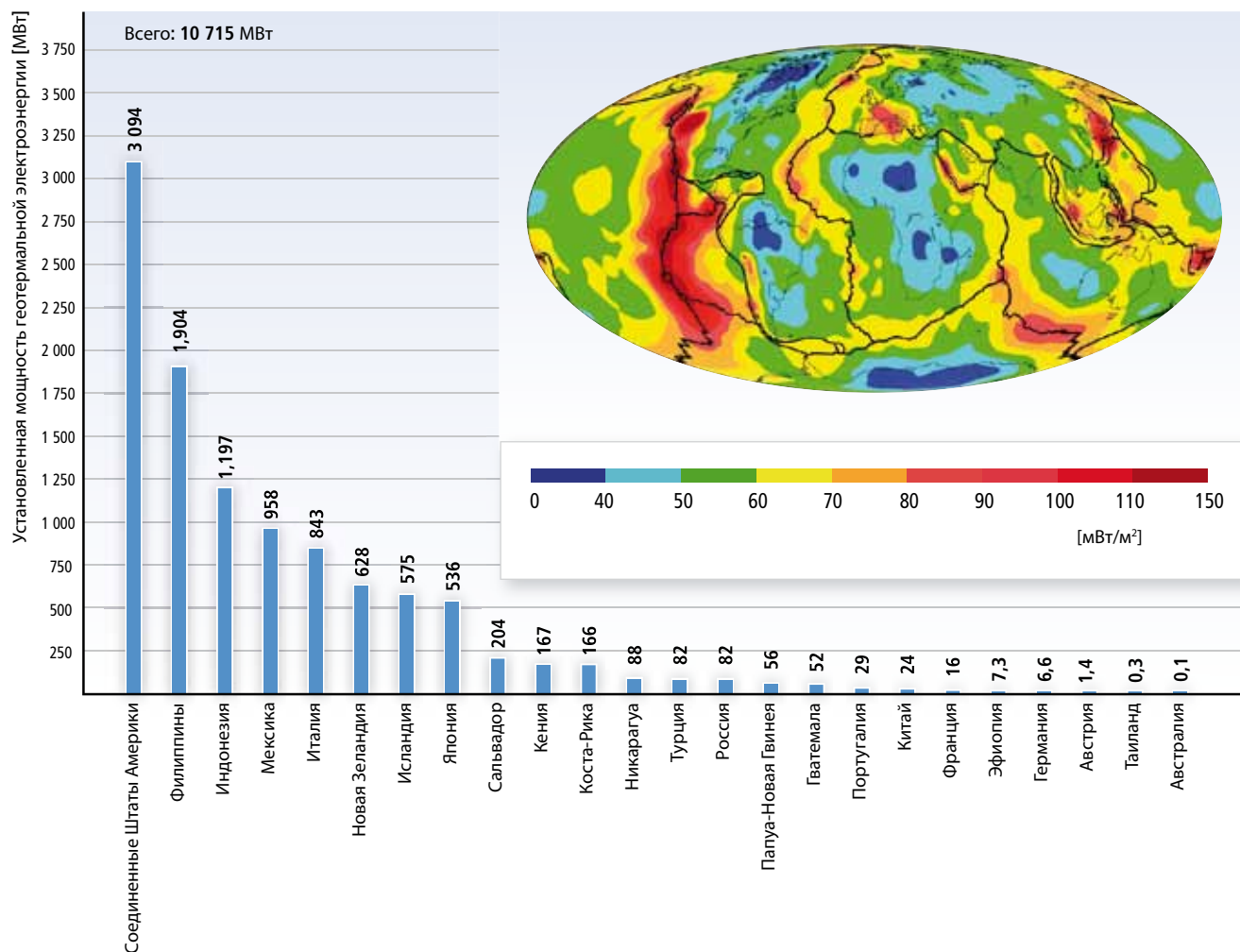


Рисунок TP.4.2b | Схема, показывающая проводящие (УГС) ресурсы. [рисунок 4.1b]





**Рисунок TP.4.3** | Установленная мощность геотермальной электроэнергии в 2009 году с разбивкой по странам. Рисунок показывает среднемировой поток тепла в МВт/м<sup>2</sup> и границы тектонических плит. [рисунок 4.5]

Экологические последствия, связанные с геотермальными проектами, включают ряд последствий, связанных с состоянием местного воздуха, землями и водопользованием, как во время строительства, так и на эксплуатационных этапах, которые являются общими для большинства энергетических проектов, а также являются характерными для геотермальной энергии. Геотермальные системы связаны с природными явлениями и, как правило, выбрасывают газы, смешанные с паром, возникающим в результате особенностей поверхностного рельефа, а также с минеральными веществами, растворенными в воде из горячих источников. Некоторые газы могут быть опасными, однако они, как правило, либо подвергаются обработке, либо контролируются в процессе производства энергии. В прошлом более обычным было захоронение отделившейся воды вблизи поверхности, однако на сегодняшний день это происходит только в исключительных обстоятельствах. Геотермальный рассол обычно закачивается обратно в резервуар для поддержки давления в нем и предотвращения пагубных экологических воздействий. Захоронение вблизи поверхности, в случаях, когда оно значительно превышает показатели естественного потока горячего источника и если не производится сильного разбавления, может иметь отрицательные последствия для экологии рек, озер или морской окружающей среды. [4.5.3.1]

Эксплуатация геотермальных полей может являться причиной опасностей, возникающих в связи с природными явлениями, такими как микроземлетрясения, выбросы гидротермального пара и оседание грунта. За сто лет разработок ни одно здание или структура, находящиеся в районе эксплуатации геотермальных

источников, и ни одна местная община не понесли существенного ущерба в результате поверхностных землетрясений, возникающих в результате либо производства геотермальной энергии, либо нагнетания в скважины. Некоторые демонстрационные проекты УГС, особенно в густонаселенных районах Европы, вызвали протесты общественности. Процесс закачки холодной воды под высоким давлением в горячую породу вызывает незначительные сейсмические явления. Вызываемые этим процессом сейсмические явления не являются настолько масштабными, чтобы причинить травмы людям или нанести существенный ущерб имуществу, однако надлежащее решение этой проблемы является важным шагом в направлении содействия значительному расширению проектов будущих УГС. [4.5.3.2]

Потребности в области землепользования лежат в пределах от 160 до 290 м<sup>2</sup>/ТВтч/год, исключая скважины, и до 900 м<sup>2</sup>/ГВтч/год с учетом скважин. Конкретные последствия для землепользования, связанные с использованием геотермальной энергии, включают воздействия на такие природные объекты, как водные источники, гейзеры и фумаролы. Во многих контекстах проблемы землепользования (например, Япония, США и Новая Зеландия) могут стать серьезным сдерживающим фактором дальнейшего развития геотермальных технологий. [4.5.3.3]

Геотермальные ресурсы могут также обладать существенными экологическими преимуществами по сравнению с теми видами использования энергии, которые они заменяют. [4.5.1]

## 4.6 Перспективы технологического совершенствования, инновации и интеграция

Геотермальные ресурсы могут быть интегрированы во все типы систем электроснабжения – от крупных, связанных между собой континентальных сетей до местных линий, используемых в небольших изолированных деревнях или автономных зданиях. Поскольку геотермальная энергия обычно служит для производства электроэнергии в режиме базовой нагрузки, интеграция новых энергоустановок в существующие энергосистемы не является серьезной проблемой. Не отмечалось никаких проблем интеграции, связанных с прямыми видами использования геотермальной энергии, а что касается теплоснабжения и охлаждения, то геотермальная энергия (включая системы ГТН) уже получила широкое распространение на бытовом, коммунальном и центральном уровнях. В разделе 8 настоящего резюме вопросы интеграции рассматриваются более подробно. [4.6]

Несколько перспективных разработок в области технологического совершенствования и инновации могут снизить стоимость производства геотермальной энергии и обеспечить более значительную рекуперацию энергии, большие сроки службы геотермальных полей и установок, а также более высокую надежность. Расширенные геофизические исследования, оптимизация закачивания, ингибирование накипи/коррозии и более совершенное имитационное моделирование резервуаров будут способствовать уменьшению ресурсных рисков благодаря обеспечению лучшего соответствия между установленной мощностью и устойчивой производственной мощностью. [4.6]

В области поисковых работ необходимо выполнение НИОКР для определения местонахождения скрытых геотермальных систем (например, не проявляющихся на поверхности), а также для изысканий в области УГС. Поисковые работы могли бы стать более эффективными благодаря совершенствованию и более широкому использованию приборов для быстрой разведки геотермальных источников, таких как гиперспектральные, тепловые, инфракрасные, панхроматические и радиолокационные датчики с высокой разрешающей способностью, установленные на спутниках и воздушных судах. [4.6.1]

Требуется проведение специальных исследований в области технологии бурения и строительства скважин, с тем чтобы увеличить глубину проходки при бурении твердой породы, а также развитие передовых технологий буровых скважин, при этом общими задачами являются сокращение затрат и увеличение полезного срока службы установок для выработки геотермальной энергии. [4.6.1]

Эффективность разных системных компонентов геотермальных энергоустановок и прямых видов использования может быть повышена, и важным является разработка конверсивных систем, которые более эффективно используют энергию, содержащуюся в производимой геотермальной жидкости. Другой возможностью является использование подходящих нефтяных и газовых скважин, потенциально способных поставлять геотермальную энергию для выработки электроэнергии. [4.6.2]

Проекты УГС находятся сейчас на демонстрационном и экспериментальном этапах выполнения. УГС требуют инновационных методов для гидравлического стимулирования соединения резервуара между скважиной закачки и производственной скважиной, с тем чтобы достичь устойчивых показателей промышленного производства при одновременном снижении риска сейсмической опасности, а также для совершенствования методов цифровой имитации и оценки с целью обеспечения достоверных предсказаний химического взаимодействия между геотермальными жидкостями и породой геотермальных резервуаров. Кроме того, изучается возможность использования CO<sub>2</sub> в качестве

рабочей жидкости в геотермальных резервуарах, особенно в УГС, поскольку это может стать средством повышения эффекта использования геотермальной энергии и снижения выбросов CO<sub>2</sub> помимо лишь выработки электроэнергии безуглеродным возобновляемым источником энергии. [4.6.3]

В настоящее время не используется никаких технологий для отвода энергии подводных геотермальных ресурсов, однако в теории электроэнергия могла бы производиться непосредственно из гидротермального источника. [4.6.4]

## 4.7 Ценовые тенденции

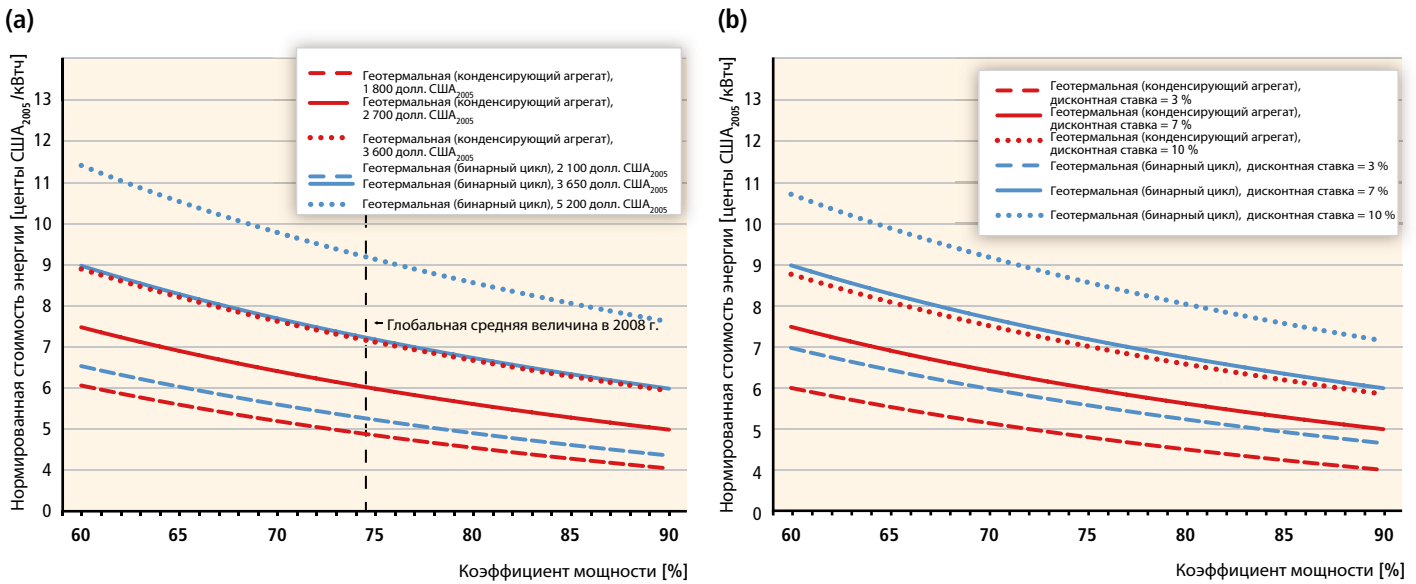
Геотермальные проекты обычно характеризуются высокими первичными инвестиционными затратами, вызванными необходимостью бурения скважин и строительства энергоустановок, а также относительно низкими эксплуатационными затратами. Поскольку затраты меняются в зависимости от проекта, НСЭ энергоустановок, использующих геотермальные ресурсы, часто является конкурентоспособной на сегодняшних рынках энергии; то же самое может быть сказано о прямом использовании геотермального тепла. УГС по-прежнему находятся на демонстрационном этапе, однако оценки стоимости УГС являются более высокими по сравнению с затратами на гидротермальные резервуары. [4.7]

Инвестиционные затраты на типовой проект получения геотермальной электроэнергии включают: а) поисково-разведочные работы и доказательство наличия ресурсов (10-15% общей стоимости); б) бурение производственных скважин и скважин закачки (20-35% общей стоимости); в) наземное оборудование и инфраструктура (10-20% общей стоимости); и д) энергоустановка (40-81% общей стоимости). Текущие инвестиционные затраты колеблются в мировом масштабе от 1 800 до 5 200 долл. США<sub>2005</sub>/кВт<sub>3</sub>. [4.7.1]

Затраты на ЭТО оборудования для получения геотермальной электроэнергии (включая скважины для закачки, т.е. новые скважины для замены вышедших из строя скважин и восстановления производственной мощности или приемистости скважин) составляют, согласно расчетам, 152-187 долл. США<sub>2005</sub>/кВт<sub>3</sub>/год, однако в некоторых странах они могут быть значительно ниже (например, 83-117 долл. США<sub>2005</sub>/кВт<sub>3</sub>/год в Новой Зеландии). [4.7.2]

Срок службы и коэффициент мощности энергоустановки также являются важными экономическими параметрами. В 2008 году среднемировой коэффициент мощности существующих геотермальных энергоустановок составлял 74,5%, а у более новых установок – порядка 90%. [4.7.3]

На основе стандартизированной методологии, изложенной в приложении II, и данных о затратах и эксплуатационных параметрах, кратко описанных в приложении III, НСЭ для геотермических гидротермальных проектов со значительным набором диапазоном исходных параметров рассчитана в пределах 3,1-17 центов США<sub>2005</sub>/кВтч в зависимости от конкретного вида технологии и условий осуществления определенного проекта. Исходя из более узкого набора и диапазона параметров, на рисунке TR.4.4 показано, что при 7-процентной дисконтной ставке недавно осуществленные новые гидротермальные проекты, функционирующие с глобальным средним коэффициентом мощности в 74,5% (и при других условиях, указанных в [4.7.4]), имеют НСЭ в диапазоне 4,9-7,2 цента США<sub>2005</sub>/кВтч у конденсирующих пар агрегатов и 5,3-9,2 цента США<sub>2005</sub>/кВтч у агрегатов бинарного цикла. НСЭ значительно меняется в зависимости от коэффициента мощности, инвестиционных затрат и дисконтной ставки. Для УГС не определено никакой НСЭ, однако был сделан ряд прогнозов с использованием разных моделей для нескольких вариантов с разными температурами и глубинами, например 10-17,5 центов США<sub>2005</sub>/кВтч для относительно высокого уровня ресурсов УГС. [1.3.2, 4.7.4, 10.5.1, приложение II, приложение III]



**Рисунок TP.4.4** | Нормированная стоимость геотермальной энергии, 2008 год: а) как функция коэффициента мощности и стоимости<sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*\*\*</sup>; б) как функция коэффициента мощности и дисконтной ставки<sup>\*\*</sup>, <sup>\*\*\*</sup>. [рисунок 4.8]

Примечания: \* Дисконтная ставка предположительно равна 7%. \*\* Предполагаемая инвестиционная стоимость конденсирующих агрегатов 2 700 долл. США/кВт и агрегатов бинарного цикла - 3 650 долл. США/кВт. \*\*\* Ежегодная предполагаемая стоимость ЭТО 170 долл. США/кВт, а срок службы - 27,5 года.

Оценки возможных сокращений затрат благодаря конструктивным изменениям и техническим достижениям основываются исключительно на экспертных знаниях стоимостной цепочки геотермального процесса, поскольку опубликованные исследования кривой обучения носят ограниченный характер. Ожидается, что инженерные усовершенствования в конструкции и освоение геотермальных резервуаров, а также усовершенствования в материалах, эксплуатации и техническом обслуживании больше всего повлияют на НСЭ в ближайшее время, результатом чего станут, например, более высокие коэффициенты мощности и уменьшение доли расходов на бурение в общей сумме первоначальных затрат. Для новых проектов в 2020 году среднемировая прогнозируемая НСЭ ожидается в диапазоне 4,5-6,6 центов США<sub>2005</sub>/кВтч для конденсирующих агрегатов и 4,9-8,6 центов США<sub>2005</sub>/кВтч для агрегатов бинарного цикла при среднемировом коэффициенте мощности в 80%, сроке службы в 27,5 года и дисконтной ставке в 7%. В связи с этим к 2020 году ожидается среднее уменьшение НСЭ в мире почти на 7% для геотермальных конденсирующих агрегатов и бинарных установок. Ожидается также снижение до более низких уровней будущих затрат на УГС. [4.7.5]

НСТ для проектов прямого использования лежит в широком диапазоне в зависимости от конкретного вида использования, температуры и требуемого потока, соответствующих затрат на ЭТО и рабочую силу, а также рентабельности произведенной продукции. Кроме того, затраты на возведение новой конструкции обычно ниже затрат на перестройку старых. Показатели себестоимости или производственных затрат, приведенные в таблице TP.4.2, основаны на климатических условиях, характерных для северной части США или Европы. Тепловые нагрузки будут больше для стран с более северным климатом, таких как Исландия, Скандинавия и Россия. Большинство количественных показателей основано на предельной стоимости в США, однако будет аналогичным в развитых странах и меньшим в развивающихся странах. [4.7.6]

Промышленные применения с большим трудом поддаются количественному определению, поскольку они колеблются в широких пределах в зависимости от энергетических потребностей и выпускаемой продукции. Эти установки обычно требуют более высоких температур и часто конкурируют с использованием электростанций; в то же время они все имеют высокий коэффициент нагрузки

от 0,40 до 0,70, что улучшает экономические показатели. Промышленные применения являются самыми разнообразными – от крупных агрегатов для сушки пищевых продуктов, древесины и минерального сырья (США и Новая Зеландия) до целлюлозно-бумажных комбинатов (Новая Зеландия). [4.7.6]

## 4.8 Потенциальное использование

Геотермальная энергетика может способствовать сокращению выбросов углерода в ближайшей и дол-госрочной перспективе. В 2008 году глобальное использование геотермальной энергии составило лишь 0,1% глобального предложения первичной энергии. В то же время к 2050 году геотермальная энергетика могла бы удовлетворять приблизительно 3% глобального спроса на электроэнергию и 5% глобального спроса на теплоснабжение и охлаждение. [4.8]

Если учитывать проекты по геотермальной электроэнергии, то к 2015 году ожидается достижение установленной мощности геотермальных электростанций в 18,5 ГВт. Предполагается, что практически все новые энергоустановки, которые будут введены в действие к 2015 году, будут являться конденсирующими агрегатами и агрегатами бинарного цикла, использующими гидротермальные ресурсы, при этом проекты УГС составят незначительную долю. Предполагается, что прямое использование геотермальной энергии (подвод тепла, включая ГТН) будет увеличиваться с тем же ежегодным показателем прошлых лет (11% в период с 1975 по 2010 годы) и достигнет 85,2 ГВт<sub>терм</sub>. К 2015 году суммарное производство электроэнергии может достичь 121,6 ТВтч/год (0,44 ЭДж/год), в то время как прямое производство тепла может достичь 224 ТВтч<sub>терм</sub>/год (0,8 ЭДж/год) с региональной разбивкой, показанной в таблице TP.4.3. [4.8.1]

Долгосрочное потенциальное использование геотермальной энергии, основанное на всеобъемлющей оценке многочисленных основанных на моделях сценариев, описано в разделе 10 настоящего резюме и охватывает широкий диапазон. Сценарные медианы для трех диапазонов стабилизации концентрации ПГ, определенные по исходным условиям Д04 (>600 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>), 440-600 млн<sup>-1</sup> (категории III и IV) и <440 млн<sup>-1</sup> (категории I и II) лежат в пределах 0,39-0,71 ЭДж/год для 2020 года, 0,22-1,28 ЭДж/год для 2030 года и 1,16-3,85 ЭДж/год для 2050 года.

**Таблица ТР.4.2** | Капитальные затраты и расчетная нормированная стоимость тепла (НСТ) для нескольких видов прямых геотермальных применений. [таблица 4.8]

Применение тепла	Капитальные затраты (долл. США <sub>2005</sub> /кВт <sub>терм</sub> )	НСТ (долл. США <sub>2005</sub> /ГДж) при дисконтных ставках:		
		3%	7%	10%
Теплоснабжение помещений (здания)	1 600–3 940	20–50	24–65	28–77
Теплоснабжение (центральное)	570–1 570	12–24	14–31	15–38
Теплицы	500–1 000	7,7–13	8,6–14	9,3–16
Открытые рыбоводные пруды	50–100	8,5–11	8,6–12	8,6–12
ГТН (бытовые и коммерческие)	940–3 750	14–42	17–56	19–68

**Таблица ТР.4.3** | Региональная существующая и прогнозируемая установленная мощность геотермальной энергетики и прямых видов использования (тепло) и прогнозируемое производство электроэнергии и тепла к 2015 году. [таблица 4.9]

РЕГИОН <sup>1</sup>	Текущая мощность (2010 год)		Прогнозируемая мощность (2015 год)		Прогнозируемое производство (2015 год)	
	Прямое использование (ГВт <sub>терм</sub> )	Электроэнергия (ГВт)	Прямое использование (ГВт <sub>терм</sub> )	Электроэнергия (ГВт)	Прямое использование (ГВт <sub>терм</sub> )	Электроэнергия (ГВтч)
ОЭСР – Северная Америка	13,9	4,1	27,5	6,5	72,3	43,1
Латинская Америка	0,8	0,5	1,1	1,1	2,9	7,2
ОЭСР – Европа	20,4	1,6	32,8	2,1	86,1	13,9
Африка	0,1	0,2	2,2	0,6	5,8	3,8
Страны с переходной экономикой	1,1	0,1	1,6	0,2	4,3	1,3
Ближний Восток	2,4	0	2,8	0	7,3	0
Развивающиеся страны Азии	9,2	3,2	14,0	6,1	36,7	40,4
ОЭСР – Тихоокеанский регион	2,8	1,2	3,3	1,8	8,7	11,9
<b>Всего</b>	<b>50,6</b>	<b>10,7</b>	<b>85,2</b>	<b>18,5</b>	<b>224,0</b>	<b>121,6</b>

Примечания: 1. Региональные определения и страновые группы см. в приложении II. Оценочный среднегодовой показатель роста в период 2010-2015 годы составляет 11,5% по производству энергии и 11% для прямых видов использования. К 2015 году предполагаются среднемировые коэффициенты мощности в 75% (для элек-троэнергии) и 30% (для прямого использования).

**Таблица ТР.4.4** | Потенциальное использование геотермальной энергии для производства электроэнергии и прямые виды использования в 2020-2050 годах. [таблица 4.10]

Год	Использование	Мощность <sup>1</sup> (ГВт)	Производство (ТВтчас/год)	Производство (ЭДж/год)	Всего (ЭДж/год)
2020	Электроэнергия	25,9	181,8	0,65	2,01
	Прямое	143,6	377,5	1,36	
2030	Электроэнергия	51,0	380,0	1,37	5,23
	Прямое	407,8	1 071,7	3,86	
2050	Электроэнергия	150,0	1 182,8	4,26	11,83
	Прямое	800,0	2 102,3	7,57	

Примечания: 1. Установленные мощности в 2020 и 2030 годах экстраполированы по оценкам 2015 года с использованием 7-процентного показателя ежегодного роста для электроснабжения и 11-процентного показателя для прямых видов использования. Для 2050 года они представляют собой среднее значение между данными прогнозов, приведенными в главе 4. Генерация оценивалась посредством среднемировых коэффициентов мощности в 80% (2020 год), 85% (2030 год) и 90% (2050 год) для электроснабжения и коэффициента в 30% для прямых видов использования.

Углеродная политика является, вероятно, одним из основных движущих факторов развития гео-термальной энергетики в будущем и при наиболее благоприятной политике в области стабилизации концентрации ПГ (<440 млн<sup>-1</sup>) использование геотермальной энергии до 2020, 2030 и 2050 годов могло бы быть значительно большим по сравнению с вышеуказанными средними значениями. Согласно прогнозируемым долгосрочным среднегодовым темпам роста числа геотермальных энергетических установок (7%) и прямых видов использования (11%), определенным на основе оценок на 2015 год, в 2020 и 2030 годах установленная мощность геотермальных энергетических станций для производства электроэнергии и прямых видов использования может соответствовать цифрам, показанным в таблице ТР.4.4. К 2050 году мощность геотермальных электростанций достигнет 150 ГВт<sub>з</sub> (при этом половина этой мощности будет приходиться на УГС) и еще до 800 ГВт<sub>терм</sub> будет вырабатываться установками, предназначенными для прямого использования (таблица ТР.4.4). [4.8.2]

Даже наивысшие оценки долгосрочного вклада геотермальной энергии в глобальное предложение первичной энергии (52,5 ЭДж/год к 2050 году) находятся в пределах технического потенциала (118-1 109 ЭДж/год для электроснабжения и 10-312 ЭДж/год для прямых видов использования) и даже в рамках верхнего предела гидротермальных ресурсов (28,4-56,8 ЭДж/год). Таким образом, технический потенциал вряд ли будет барьером для достижения более амбициозных уровней использования геотермальной энергии (электроэнергия и прямые виды использования), по крайней мере, на глобальной основе. [4.8.2]

Некоторые данные свидетельствуют о том, что производство геотермальной энергии может соответствовать верхнему пределу прогнозов, составленных на основе обзора почти 120 энергетических сценариев и сценариев сокращения выбросов ПГ. Благодаря своему природному потенциалу накопления тепла геотермальная энергия в особой степени пригодна для энергоснабжения базовой нагрузки. Учитывая ее технический потенциал и возможное использование,

геотермальная энергия могла бы удовлетворять приблизительно 3% глобального спроса на электроэнергию к 2050 году, а также обладает потенциалом для обеспечения приблизительно 5% глобального спроса на теплоснабжение и охлаждение в 2050 году. [4.8.3]

## 5. Гидроэлектроэнергия

### 5.1 Введение

Гидроэлектроэнергия является возобновляемым источником энергии, в котором энергию получают из энергии воды, перемещающейся с более высокого на более низкий уровень. Это хорошо зарекомендовавшая себя, совершенная, предсказуемая и конкурентоспособная с точки зрения затрат технология. Механическая энергия падающей воды является старинным инструментом, используемым для различных услуг со времен древних греков более чем 2 000 лет тому назад. Первая гидроэлектростанция мощностью в 12,5 кВт была построена 30 сентября 1882 года на реке Фокс по адресу Вулкан стрит планд в Аплтоне, штат Висконсин, США. Несмотря на то, что в наши дни основная роль гидроэнергетики в мировом энергоснабжении заключается в обеспечении централизованной выработки электричества, при этом гидроэлектростанции действуют изолированно и снабжают электроэнергией автономные системы, во многих случаях в сельских и удаленных районах мира. [5.1]

### 5.2 Ресурсный потенциал

Годовой глобальный технический потенциал производства электроэнергии, составляет 14 576 ТВтч (52,47 ЭДж) при соответствующем оценочном общем потенциале мощности в 3 721 ГВт, т.е. в четыре раза больше существующей в настоящее время установленной глобальной мощности гидроэлектростанций (рисунок TP.5.1). Неосвоенная мощность лежит в диапазоне от порядка 47% в Европе до 92% в Африке, что свидетельствует о широких и хорошо распределенных возможностях для развития гидроэлектроэнергетики во всем мире (см. таблицу TP.5.1). Азия и Латинская Америка обладают самыми крупными техническими потенциалами и наибольшими неосвоенными ресурсами. Африка имеет Следует отметить, что общие установленные мощности гидроэлектроэнергии в Северной Америке, Латинской Америке, Европе и Азии характеризуются величиной того же порядка, а в Африке и Австралии/Океании на порядок меньше; в Африке это объясняется недостаточным развитием, а в Австралии/Океании причина заключается в размере территории, климате и топографии. Общий средний коэффициент мощности гидроэлектростанций равен 44%. Этот коэффициент может свидетельствовать о том, каким образом гидроэлектроэнергия используется в энергетическом балансе (например пиковая генерация по сравнению с базовой генерирующей мощностью), или о наличии водных ресурсов, а также может свидетельствовать о возможности увеличения генерации электричества посредством модернизации оборудования и оптимизации эксплуатации. [5.2.1]

Ресурсный потенциал для генерации гидроэлектроэнергии может меняться из-за изменения климата. Исходя из данных ограниченного числа исследований, проведенных на настоящий день, предполагается, что воздействие изменения климата на существующие глобальные гидроэлектроэнергетические системы будет в некоторой степени позитивным, даже несмотря на то, что в отдельных странах и регионах могут происходить существенные позитивные или негативные изменения в объеме осадков и стока. Согласно сценарию A1B СДСВ, мощность ежегодного производства электроэнергии до 2050 года может увеличиться на 2,7 ТВтч (9,72 ПДж) в Азии и уменьшиться на 0,8 ТВтч (2,88 ПДж) в Европе. В других регионах изменения являются даже менее значительными.

В глобальном масштабе изменения в существующей системе производства гидроэлектроэнергии, вызванные изменением климата, оцениваются менее чем 0,1%, хотя требуются дополнительные исследования для снижения неопределенности этих прогнозов. [5.2.2]

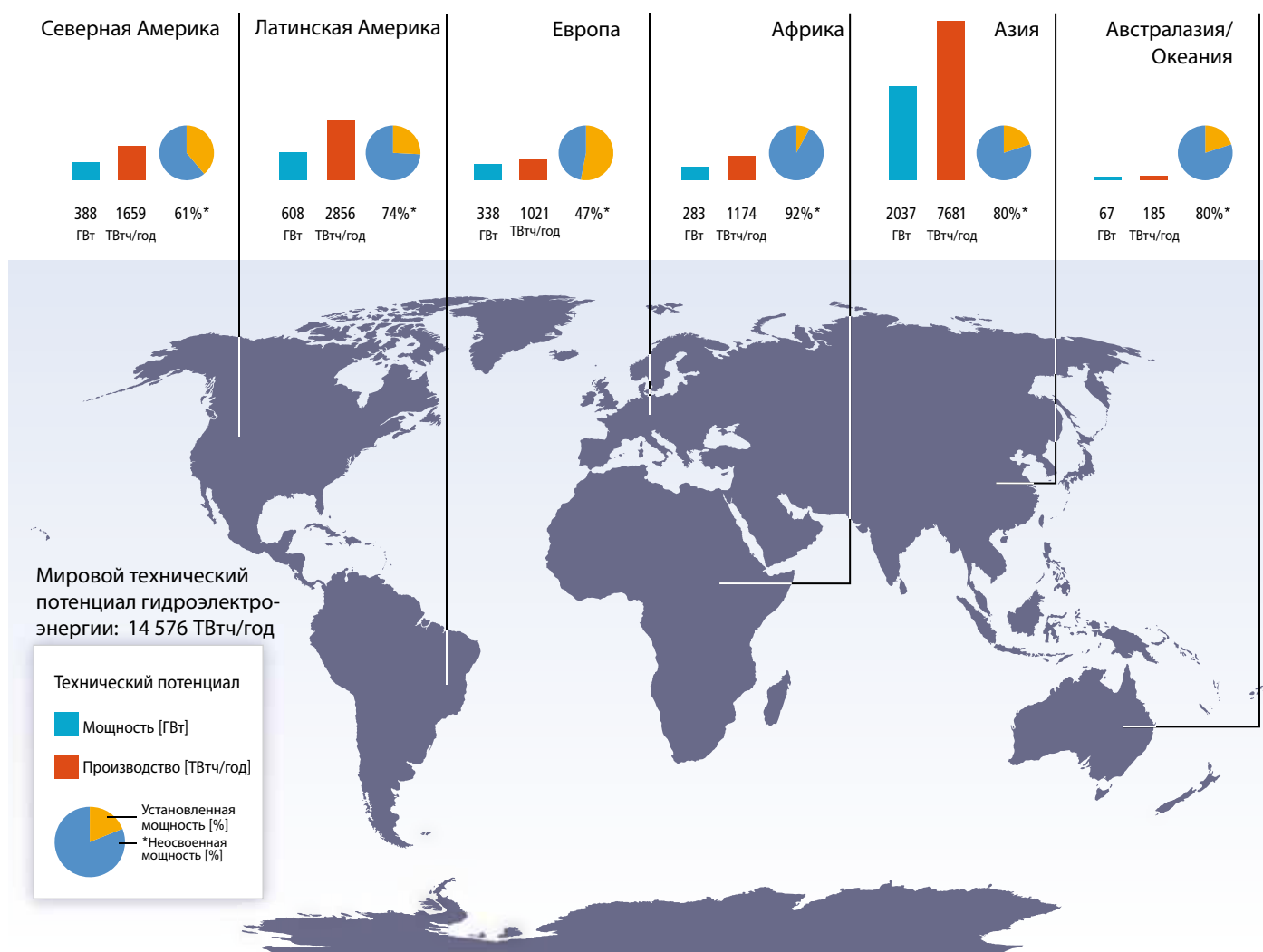
### 5.3 Технология и применения

Гидроэнергетические проекты обычно разрабатываются таким образом, чтобы соответствовать определенным потребностям и конкретным условиям местности, и классифицируются по типу проекта, высоте напора (т.е. высота поверхности воды над плоскостью турбины) и цели (одно-многоцелевой). Категории размера (установленная мощность) основаны на национальных определениях и различаются во всем мире из-за различий в политике. Не существует никакой непосредственной, прямой связи между установленной мощностью как критерием классификации и общими характеристиками, одинаковыми для всех гидроэлектростанций (ГЭС), находящимися выше или ниже этой установленной мощности. В целом классификация в соответствии с размером, хотя она является как общей, так и простой в административном отношении, является в определенной степени спорной: общие концепции, такие как «малая» или «большая» гидроэлектроэнергия не являются технически или научно точными показателями воздействий, экономических данных или характеристик. Более полезной может быть оценка гидроэнергетического проекта по его устойчивости или технико-экономическим показателям, благодаря которой устанавливаются более реалистичные показатели. Суммарные относительные экологические и социальные последствия крупномасштабного, в отличие от мелкомасштабного, развития гидроэлектроэнергетики по-прежнему являются неопределенными и зависящими от сопутствующих факторов. [5.3.1]

Существует три основных типа проектов гидроэлектростанций: речная, резервуарная и гидроаккумулирующая. У речных ГЭС имеются небольшие водозаборные бассейны с нулевой накопительной емкостью. Вследствие этого генерация энергии следует гидрологическому циклу водораздела. У речных ГЭС процесс генерации меняется в соответствии с изменениями наличия водных ресурсов, и, таким образом, их можно эксплуатировать в качестве переменных источников энергии на небольших водных потоках или в качестве станций на крупных реках, покрывающих базовую нагрузку. Крупные речные ГЭС могут иметь ограниченную возможность для регулирования водного потока, и, если они действуют в каскадной системе в координации с резервуарной ГЭС, находящейся в верховьях реки, они могут повысить общий потенциал комплекса ГЭС в области обеспечения регулирования и сбалансирования. Четвертая категория – технология использования (гидрокинетической) энергии водотока – является менее совершенной, и ГЭС подобного типа функционируют аналогично речным ГЭС без какого-либо регулирования. [5.3.2]

Гидроэлектростанции с резервуаром (резервуарная гидроэлектростанция) обеспечивают широкий спектр энергоуслуг, таких как покрытие базовой и пиковой нагрузки, аккумуляция энергии, а также действуют в качестве регулятора для других источников энергии. Кроме того, они часто предоставляют услуги, выходящие за пределы энергетического сектора, включая защиту от наводнений, водоснабжение, судоходство, туризм и ирригацию. Гидроаккумулирующие станции аккумулируют воду как источник для генерации электроэнергии. Благодаря повороту течения воды в обратном направлении возможна выработка электроэнергии по запросу с весьма быстрым временем реагирования. Гидроаккумулирование обеспечивает самый большой имеющийся в настоящее время потенциал для аккумуляции сетевой электроэнергии. [5.3.2.2-5.3.2.3]

Транспорт наносов и их седиментация в резервуарах создают проблемы, которые необходимо понимать, поскольку они оказывают ряд негативных воздействий на



**Рисунок TP.5.1** | Региональный технический потенциал гидроэлектроэнергии относительно ежегодного производства и установленной мощности и процентная доля неосвоенного технического потенциала в 2009 году. [рисунок 5.2]

**Таблица TP.5.1** | Региональный технический потенциал гидроэлектроэнергии в показателях ежегодной генерации и установленной мощности (ГВт); и генерация в настоящее время, установленная мощность, средние коэффициенты мощности и оставшийся неосвоенный потенциал по состоянию на 2009 год. [таблица 5.1]

Регион мира	Технический потенциал, ежегодная генерация ТВтч/год (ЭДж/год)	Технический потенциал, установленная мощность (ГВт)	2009 год Общая генерация ТВтч/год (ЭДж/год)	2009 год Установленная мощность (ГВт)	Неосвоенный потенциал (%)	Средний региональный коэффициент мощности (%)
Северная Америка	1 659 (5,971)	388	628 (2,261)	153	61	47
Латинская Америка	2 856 (10,283)	608	732 (2,635)	156	74	54
Европа	1 021 (3,675)	338	542 (1,951)	179	47	35
Африка	1 174 (4,226)	283	98 (0,351)	23	92	47
Азия	7 681 (27,651)	2 037	1 514 (5,451)	402	80	43
Австралия/Океания	185 (0,666)	67	37 (0,134)	13	80	32
<b>Весь мир</b>	<b>14 576 (52,470)</b>	<b>3 721</b>	<b>3 551 (12,783)</b>	<b>926</b>	<b>75</b>	<b>44</b>

эксплуатационные характеристики ГЭС: истощение со временем аккумулирующей емкости резервуара; усиление деградации нижнего течения; повышенная опасность наводнения вверх по течению от резервуаров; производственные потери из-за снижения КПД турбин; повышенная частота ремонта и технического обслуживания; снижение сроков службы турбины и бесперебойности выработки электроэнергии. С проблемой седиментации наносов можно в конечном итоге бороться посредством политики землепользования и защиты растительного

покрова. Гидроэлектроэнергия характеризуется самым высоким коэффициентом преобразования из всех известных энергоисточников (коэффициентом порядка 90% при передаче «от воды до проводов») и очень высоким коэффициентом окупаемости электроэнергии. [5.3.3]

Обычно срок службы гидроэлектростанции составляет 40-80 лет. Электрические и механические компоненты и контрольное оборудование изнашиваются

еще быстрее по сравнению с инженерными сооружениями – как правило, через 30-40 лет – после чего их необходимо ремонтировать. Модернизация/обновление ГЭС требует систематического подхода, поскольку имеется ряд факторов (гидрологических, механических, электрических и экономических), которые играют жизненно важную роль в принятии решения о плане действий. С технико-экономической точки зрения восстановление необходимо проводить наряду с мерами по замене и модернизации устаревшего оборудования. Оборудование для выработки электроэнергии с улучшенными эксплуатационными характеристиками может часто модифицироваться с тем, чтобы адаптироваться к запросам рынка в отношении гибкости пиковых режимов работы. К 2030-2040 годам необходимо будет модернизировать большую часть гидроэлектроэнергетического оборудования мощностью в 926 ГВт, которое эксплуатируется в настоящее время (2010 год). Результатом модернизации существующих гидроэлектростанций часто является увеличение их мощности, однако только в том случае, если проводится работа по модернизации/обновлению турбин или если проводится ремонт существующей инженерной инфраструктуры (такой, как плотины, запруды, дамбы, канальные туннели и т.д.), с тем чтобы расширить возможности для производства гидроэлектроэнергии. [5.3.4]

## 5.4 Глобальный и региональный статус рынка и промышленное развитие

Гидроэлектроэнергия является совершенной, предсказуемой и конкурентоспособной в ценовом отношении технологией. Она обеспечивает в настоящее время приблизительно 16% общемирового производства электроэнергии и 86% всей электроэнергии из возобновляемых источников. Хотя гидроэнергетика вносит определенный вклад в производство электроэнергии в 159 странах, всего лишь 5 стран производят более половины мировой гидроэлектроэнергии, а именно: Китай, Канада, Бразилия, США и Россия. Важность гидроэлектроэнергии в электроэнергетическом балансе этих стран, тем не менее, является весьма разной. В то время как Бразилия и Канада весьма значительно зависят от гидроэлектроэнергии, доля которой в общем энергобалансе составляет 84% и 59%, соответственно, в России и Китае эта доля равна только 19% и 16% в их общем объеме производимой электроэнергии. Несмотря на существенный рост производства гидроэлектроэнергии во всем мире, процентная доля этого производства уменьшилась за последние три десятилетия (1973-2008 годы) с 21 до 16%, поскольку темпы роста электронагрузки и других производственных мощностей превышали соответствующие показатели гидроэлектроэнергетики. [5.4.1]

Углеродные кредиты способствуют осуществлению гидроэнергетических проектов, обеспечивая гарантию финансирования и снижение рисков. Финансирование является самым весомым шагом во всем процессе разработки проекта. Гидроэлектроэнергетические проекты вносят самый большой вклад в работу гибких механизмов Киотского протокола и соответственно в функционирование существующих рынков углеродных кредитов. Из 2 062 проектов, зарегистрированных Исполнительным советом механизма чистого развития (МЧР) на 1 марта 2010 года, 562 являются гидроэлектроэнергетическими проектами. Поскольку на долю гидроэлектроэнергии приходится 27% от общего числа проектов, эта энергия является самым главным источником возобновляемой энергии, используемым в рамках МЧР. На долю Китая, Индии, Бразилии и Мексики приходится приблизительно 75% принятых проектов. [5.4.3.1]

Многие экономические проекты в области гидроэлектроэнергии сталкиваются с финансовыми проблемами. Высокие первоначальные затраты отпугивают инвесторов. Кроме того, производство гидроэлектроэнергии требует длительных

сроков планирования, получения разрешений и строительства. При оценке затрат в течение срока службы гидроэлектроэнергетические проекты часто имеют завышенные эксплуатационные показатели, при этом ежегодные затраты на ЭТО являются лишь частью капитальных вложений. Поскольку гидроэлектроэнергия и отрасль промышленности, связанная с ее использованием, характеризуются длительным периодом времени развития и технической разработанностью, ожидается, что эта отрасль сможет удовлетворить тот спрос, который будет создан в результате прогнозируемых темпов развития в предстоящие годы. Например, в 2008 году гидроэлектроэнергетика создала в мировом масштабе более 41 ГВт новой установленной мощности. [5.4.3.2]

Главной проблемой для сектора гидроэлектроэнергии является разработка более соответствующих моделей финансирования, равно как и определение оптимальных ролей для государственного и частного секторов. Главные проблемы гидроэлектроэнергетики связаны с обеспечением доверия со стороны частного сектора и уменьшением риска, особенно до получения разрешения на осуществление проекта. Безусловно, стимулы будут обеспечены благодаря «зеленым рынкам» и торговле квотами на выбросы. Кроме того, в развивающихся регионах, таких как Африка, взаимосвязь между странами и созданием объединенных энергосистем укрепляет доверие инвесторов к этим появляющимся рынкам. [5.4.3.2]

Идеи о классификации ГЭС в качестве «малых» или «крупных» согласно установленной мощности (МВт) могут стать барьерами для развития гидроэлектроэнергетики. Например, эти классификации могут повлиять на финансирование новых гидроэлектростанций в результате определения того, какое место отводится гидроэлектроэнергии в связи с изменением климата и энергетической политикой. В зависимости от конкретной страны используются разные стимулы для мелкомасштабного производства гидроэлектроэнергии (льготные тарифы в случае использования возобновляемых источников энергии, зеленые сертификаты и бонусы), однако не существует никаких стимулов в отношении крупномасштабных ГЭС. Выпущенная ЕС директива (EU Linking Directive) устанавливает предел для углеродных кредитов для ГЭС мощностью до 20 МВт. Такой же предел установлен в принятом Соединенным Королевством обязательстве по возобновляемым источникам энергии (UK Renewables Obligation) – рыночном механизме зеленых сертификатов. Кроме того, в нескольких странах льготные тарифы в случае использования возобновляемых источников энергии не применяются к гидроэлектростанциям, размер которых превышает определенный предел (например, во Франции – 12 МВт, в Германии – 5 МВт, в Индии – 5 и 25 МВт). [5.4.3.4]

Исполнительный совет МЧР РККООН постановил, что в проектах гидроаккумулирующих гидроэлектростанций должен соблюдаться индекс энергоплотности (ИЭП: установленная мощность/площадь резервуара в Вт/м<sup>2</sup>), для того чтобы иметь право на кредиты МЧР. Правило ИЭП лишает, по-видимому, в настоящее время гидроаккумулирующие ГЭС возможностей получения кредитов МЧР (или кредитов на совместное осуществление) и может привести к недостаточному развитию гидроэнергетических ресурсов, поскольку предпочтение будет отдаваться варианту негидроаккумулирующих речных электростанций.

## 5.5 Интеграция в более широкие энергосистемы

Большой диапазон потенциала гидроэлектроэнергии, ее гибкий характер, способность аккумулирования (при наличии резервуара) и способность функционировать автономно или в сетях разных размеров дает ей возможность предоставлять широкий ассортимент услуг. [5.5]

Снабжение гидроэлектроэнергией может осуществляться через национальную и региональную электросеть, включая минисети, а также в изолированном режиме. В развивающихся странах приходят ко все большему пониманию того, что мелкомасштабным гидроэлектроэнергетическим схемам предстоит сыграть важную роль в социально-экономическом развитии отдаленных сельских, особенно в горах, районов, поскольку они могут обеспечить электроснабжение для промышленных, сельскохозяйственных и бытовых целей. В Китае мелкомасштабные ГЭС представляют собой один из наиболее успешных примеров электрификации сельского хозяйства, когда свыше 45 000 малых ГЭС общей мощностью более 55 000 МВт и ежегодной производительностью в 160 ТВт (576 ПДж) приносят пользу более чем 300 млн человек. [5.5.2]

При наличии очень большого резервуара по отношению к размеру гидроэлектростанции (или очень постоянных речных потоков) ГЭС могут генерировать электроэнергию в почти постоянном режиме в течение года, т.е. функционировать в качестве электростанции базовой нагрузки. В ином случае, если потенциал гидроэлектроэнергии значительно превосходит накопительную способность резервуара, то гидроэлектростанцию иногда называют энергетически ограниченной. Энергетически ограниченная гидроэлектростанция будет расходовать свои «резервы горючего» посредством постоянного функционирования на уровне своей номинальной мощности в течение года. В таком случае использование емкости резервуара обеспечивает генерацию гидроэлектроэнергии в те периоды времени, которые имеют наибольшее значение скорее с точки зрения энергосистемы, а не в те периоды времени, которые диктуются исключительно речными потоками. Поскольку спрос на электроэнергию меняется в течение дня и ночи, в течение недели и сезонов, генерация электроэнергии гидроаккумулирующей ГЭС может быть приурочена к тем периодам времени, когда потребности энергосистемы являются наибольшими. Частично это время будет приходиться на периоды пикового спроса на электроэнергию. Эксплуатация гидроэлектростанций таким образом, чтобы генерировать электроэнергию в периоды высокого спроса, именуется пиковым режимом (в отличие от режима базовой нагрузки). Однако даже при наличии водохранилища генерация гидроэлектроэнергии будет все же ограничиваться его размером, нормированной электрической мощностью гидроэлектростанции, а также пуском воды в нижнем бьефе, используемом для целей ирригации, рекреационной деятельности или охраны окружающей среды. Производство гидроэлектроэнергии в пиковом режиме может привести, в случае если спуск воды осуществляется прямо в реку, к быстротечным колебаниям речного стока, площади покрытой водой территории, глубины и скорости течения. В свою очередь, это может привести, в зависимости от локальных условий, к негативным последствиям для реки, если не будет осуществляться должный контроль. [5.5.3]

Помимо того, что гидроэлектроэнергия дополняет технологии производства электроэнергии на основе ископаемого и ядерного топлива, она также может способствовать решению проблем, связанных с интеграцией переменных возобновляемых источников энергии. В Дании, например, значительная доля переменной энергии ветра (> 20% ежегодного спроса на энергию) покрывается частично за счет соединения мощных линий электропередач (1 ГВт) с Норвегией, которая обладает огромной аккумулированной гидроэнергией. Дополнительные соединения линий электропередачи в Европе могут еще больше способствовать увеличению доли ветровой энергетики в Дании и Германии. Увеличение объема переменной генерации также увеличит количество услуг по обеспечению баланса, включая регулирование и отслеживание нагрузки, которые необходимы для энергосистемы. В регионах с новыми и старыми гидроэлектроэнергетическими сооружениями предоставление гидроэлектроэнергетических услуг может избавить от необходимости полагаться на увеличение частичной нагрузки и циклическую работу традиционных тепловых электростанций, с тем чтобы обеспечивать эти услуги. [5.5.4]

Хотя гидроэлектроэнергетика обладает потенциалом для предложения важных услуг, связанных с энергией и мощностью, объединение ГЭС и надежность их использования могут потребовать модификации энергосистем. Для подсоединения гидроэлектростанций к энергосистеме потребуются адекватные мощности для передачи энергии от ГЭС к центрам спроса на нее. Добавление новых ГЭС в прошлом требовало капиталовложений, с тем чтобы расширить сеть электропередачи. Без наличия необходимой передаточной мощности, эксплуатация ГЭС может быть ограничена, поскольку предлагаемые станцией услуги меньше по сравнению с теми, которые она могла бы предложить в случае неограниченной системы. [5.5.5]

## 5.6 Экологические и социальные последствия

Подобно всем другим вариантам регулирования потребления энергии и водного режима, проекты в области гидроэлектроэнергии имеют отрицательные и позитивные экологические и социальные последствия. В экологическом плане гидроэлектроэнергетика может оказывать существенное воздействие на окружающую среду на местном и региональном уровнях, но предлагает при этом преимущества на макроэкологическом уровне. Что касается социальных последствий, то осуществление гидроэлектроэнергетических проектов может повлечь за собой переселение общин, живущих на территории водохранилища или строительных площадок или по соседству с ними, выплату компенсации общинам в низовьях реки, проблемы здоровья населения и прочие последствия. В то же время правильно разработанный гидроэлектроэнергетический проект может явиться движущим фактором для социально-экономического развития, хотя нерешенным остается жизненно важный вопрос о том, каким образом использовать полученные от него выгоды. [5.6]

Любые гидроэлектроэнергетические структуры затрагивают экологию рек, главным образом, в результате изменения их гидрологических показателей и нарушения постоянства экологического процесса транспорта наносов и миграции рыбы через конструкцию дамб, насыпей и плотин. В то же время степень изменения физических, химических, биологических и экосистемных характеристик реки зависит в основном от типа ГЭС. Хотя проекты речных ГЭС не изменяют режим речного стока, создание водохранилища для аккумуляции гидроэнергии вызывает серьезные изменения окружающей среды в результате преобразования экосистемы быстротечной реки в искусственное озеро со стоячей водой. [5.6.1.1-5.6.1.6]

Равно как и экологические последствия гидроэлектроэнергетического проекта, масштабы его социальных последствий для местных и региональных общин, землепользования, экономики, здравоохранения и безопасности или сохранения наследия меняются в зависимости от типа проекта и условий в конкретном месте. Хотя обычно проекты речных ГЭС вызывают незначительное социальное изменение, создание водохранилища в густонаселенном районе может повлечь за собой серьезные проблемы, связанные с переселением населения, а также последствия для средств к существованию населения в низовьях реки. Восстановление и улучшение уровня жизни затронутых общин является долгосрочной и проблематичной задачей, которая решалась в прошлом с переменным успехом. Вопрос о том, могут ли ГЭС способствовать ускорению социально-экономического развития, в значительной мере зависит от того, каким образом осуществляется совместное пользование произведенными услугами и доходами и их распределение между разными заинтересованными сторонами. ГЭС могут также иметь позитивные последствия для условий жизни местных общин и региональной экономики не только благодаря производству электроэнергии, но также и оказанию содействия, в результате создания систем для хранения пресной воды, многим другим видам деятельности, зависящим от наличия водных ресурсов, таким как ирригация, судоходство, туризм,



рыболовство или достаточное водоснабжение муниципалитетов и отраслей промышленности, обеспечивая одновременно защиту от наводнений и засух. [5.6.1.7-5.6.1.11]

Оценка и регулирование экологических и социальных последствий, связанных, в первую очередь, с крупными ГЭС, представляет собой ключевую проблему для развития гидроэлектроэнергетики. Благодаря уделению особого внимания транспарентности и открытому, основанному на широком привлечении к участию процессу принятия решений, концепция проведения консультаций с заинтересованными сторонами способствует тому, что как нынешние, так и будущие гидроэлектроэнергетические проекты будут являться итогом более благоприятных для окружающей среды, сбалансированных решений. Во многих странах создана правовые и регулирующие рамки для определения того, каким образом гидроэлектроэнергетические проекты должны разрабатываться и осуществляться, при этом многочисленные многосторонние финансовые учреждения разработали свои собственные руководящие принципы и требования для оценки экономических, социальных и экологических показателей гидроэлектроэнергетических проектов. [5.6.2]

Одним из главных экологических преимуществ гидроэлектроэнергетики является то, что она не образует никаких атмосферных загрязнителей или отходов, связанных с сжиганием топлива. В то же время все пресноводные системы – как природные, так и созданные человеком – выбрасывают ПГ (например,  $\text{CO}_2$ , метан) вследствие разложения органического материала. Оценки жизненного цикла (ОЖЦ), проведенные в отношении гидроэлектроэнергетических проектов, показывали до последнего времени сложность обобщения оценок жизненного цикла выбросов ПГ для гидроэлектроэнергетических проектов с учетом всех климатических условий, типов наземного покрова до создания искусственных водохранилищ, возрастов, гидроэлектроэнергетических технологий и других факторов, имеющих непосредственное отношение к данному проекту. Многоцелевой характер большинства гидроэлектроэнергетических проектов делает проблематичным привязку суммарных последствий лишь к нескольким целям. Многие сегодняшние ОЖЦ связывают все последствия гидроэлектро-энергетических проектов с задачей выработки электроэнергии, из-за чего в некоторых случаях могут быть преувеличены те выбросы, за которые они являются «ответственными». ОЖЦ (рисунок TP.5.2), определяющие выбросы ПГ гидроэлектростанциями во время их строительства, эксплуатации, технического обслуживания и демонтажа, показывают, что большинство оценок выбросов ПГ в течение жизненного цикла лежат в пределах от 4 до 14 г  $\text{CO}_2$ -экв/кВтч, однако, согласно некоторым сценариям, существует возможность выбросов гораздо больших количеств ПГ, как это показывают резко выделяющиеся значения. [5.6.3.1]

Некоторые естественные водоемы и пресноводные водохранилища могут поглощать даже больше ПГ, чем они их выбрасывают, существует определенная необходимость в должной оценке чистого изменения выбросов ПГ, вызванных созданием подобных водоемов. Все ОЖЦ, включенные в эти оценки, определяют только общие выбросы ПГ из водохранилищ. Областью активных исследований является вопрос о том, являются ли водохранилища чистыми источниками выбросов ПГ, учитывая выбросы, которые произошли бы без данного водохранилища. При рассмотрении вопроса о чистых антропогенных выбросах как разницы в общем углеродном цикле между ситуациями с наличием водохранилища и без него в настоящее время отсутствует какой-либо консенсус в отношении того, являются ли водохранилища чистыми источниками выбросов или чистыми их поглотителями. Сейчас этот вопрос изучается по линии двух международных организаций, а именно в рамках научно-исследовательского проекта Международной гидрологической программы Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры и в соответствии с приложением XII Соглашения МЭА о гидроэлектроэнергии. [5.6.3.2]

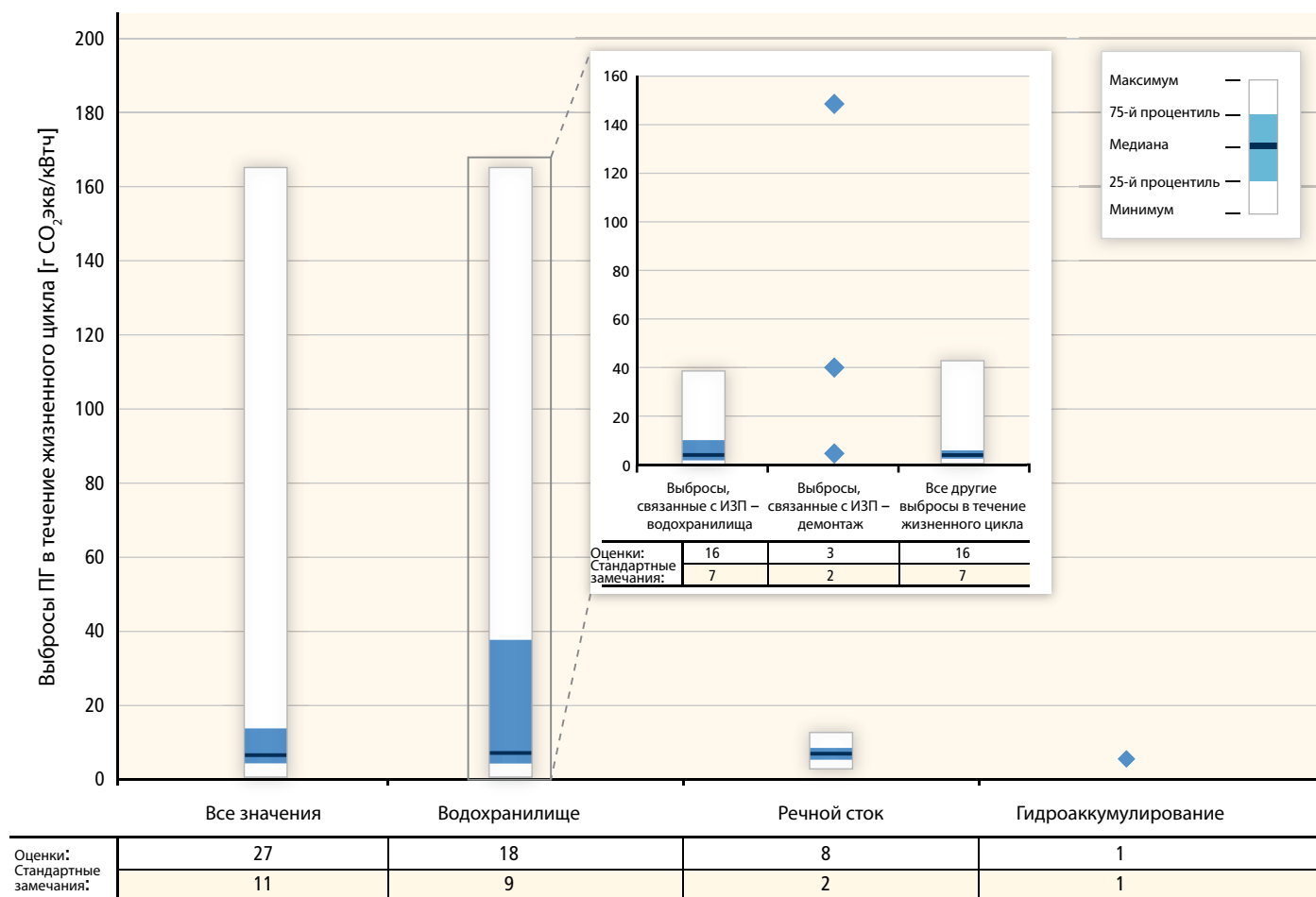
## 5.7 Перспективы технологического совершенствования и инновации

Хотя гидроэлектроэнергетика является признанной и весьма передовой технологией, тем не менее, имеются возможности для ее дальнейшего совершенствования, например посредством оптимизации операций, смягчения или уменьшения экологических последствий, адаптации к новым социальным и экологическим требованиям и осуществления более обоснованных и экономически эффективных технологических решений. Турбины крупных электростанций близки сейчас к теоретическому пределу коэффициента полезного действия, доходящего до 96% при эксплуатации в высшей точке эффективности, однако это не всегда возможно, и необходимы постоянные исследования для обеспечения возможности более эффективного функционирования в более широком диапазоне потоков. Более старые турбины могут иметь меньшую эффективность в силу своей конструкции, и эффективность может снизиться при коррозии и кавитации. В этой связи существует потенциал для увеличения энергосбережения посредством технического перевооружения с использованием нового, более эффективного и, как правило, более мощного оборудования. Большинство существующего электрического и механического оборудования, которое сегодня находится в эксплуатации, необходимо будет модернизировать в течение последующих трех десятилетий, что позволит достичь большей эффективности, большей мощности и выдаче большей энергии. Обычно энергетическое оборудование можно совершенствовать или заменять с использованием более передового в технологическом отношении электромеханического оборудования два или три раза в течение срока действия проекта, добиваясь при этом более эффективного использования того же самого потока воды. [5.7]

Наше время характеризуется большим объемом технологических инноваций и исследований в области материалов, цель которых заключается в расширении эксплуатационного диапазона показателей напора и сброса уровня воды, а также в улучшении экологических характеристик, надежности и снижении затрат. К числу некоторых перспективных технологий, находящихся в стадии разработки, относятся технология переменной скорости и матричная технология, турбины с безопасным проходом для рыб, гидрокинетические турбины, прочные на истирание турбины, а также новые технологии прохода туннелей и строительства дамб. Новые технологии, предназначенные для низкого (<15 м) или очень низкого (<5 м) уровня напора воды могут сделать доступными многие площадки для гидроэлектростанций, которые были недоступными для применения традиционной технологии. Поскольку большинство имеющихся данных по потенциалу гидроэлектроэнергетики основаны на результатах работы на местах, полученных несколько десятилетий тому назад, когда гидроэлектростанция с низким уровнем напора воды не была высокоприоритетной задачей, имеющиеся в настоящее время данные о потенциале таких гидроэлектростанций могут быть неполными. И наконец, имеется значительный потенциал для совершенствования работы ГЭС путем использования новых методов для оптимизации их эксплуатации. [5.7.1-5.7.8]

## 5.8 Ценовые тенденции

Гидроэлектроэнергия во многих случаях является экономически конкурентоспособной с текущими рыночными ценами на энергию, хотя стоимость разработки, внедрения и эксплуатации новых гидроэлектроэнергетических объектов меняется в зависимости от проекта к проекту. Гидроэлектроэнергетические проекты зачастую требуют крупных первоначальных капиталовложений, однако их преимуществом являются весьма низкие затраты на ЭТО и длительный срок службы. [5.8]



**Рисунок TP.5.2 |** Выбросы ПГ в течение жизненного цикла гидроэлектроэнергетических технологий (неизменные величины, содержащиеся в литературе, после проверки качества). Подробную информацию о содержащихся в литературе исследовательских данных и соответствующие ссылки, которые способствовали подготовке показанных оценок, см. в приложении I. Выбросы с поверхности водохранилищ рассматриваются в качестве крупных выбросов ПГ. [рисунок 5.15]

Капитальные затраты на гидроэлектроэнергию включают затраты на планирование; лицензирование; строительство станции; уменьшение воздействий на рыбное поголовье и дикую природу, а также на рекреационные, исторические и археологические места; и мониторинг качества воды. В целом имеется две основные группы затрат: затраты на строительные работы, которые обычно являются самыми большими затратами на гидроэлектроэнергетический проект; и затраты на электромеханическое оборудование. Затраты на строительные работы соответствуют ценовым тенденциям в той стране, где должен разрабатываться данный проект. В случае стран с переходной экономикой затраты являются, вероятно, относительно низкими благодаря использованию местной рабочей силы и местных материалов. Затраты на электромеханическое оборудование соответствуют тенденции цен на мировом уровне. [5.8.1]

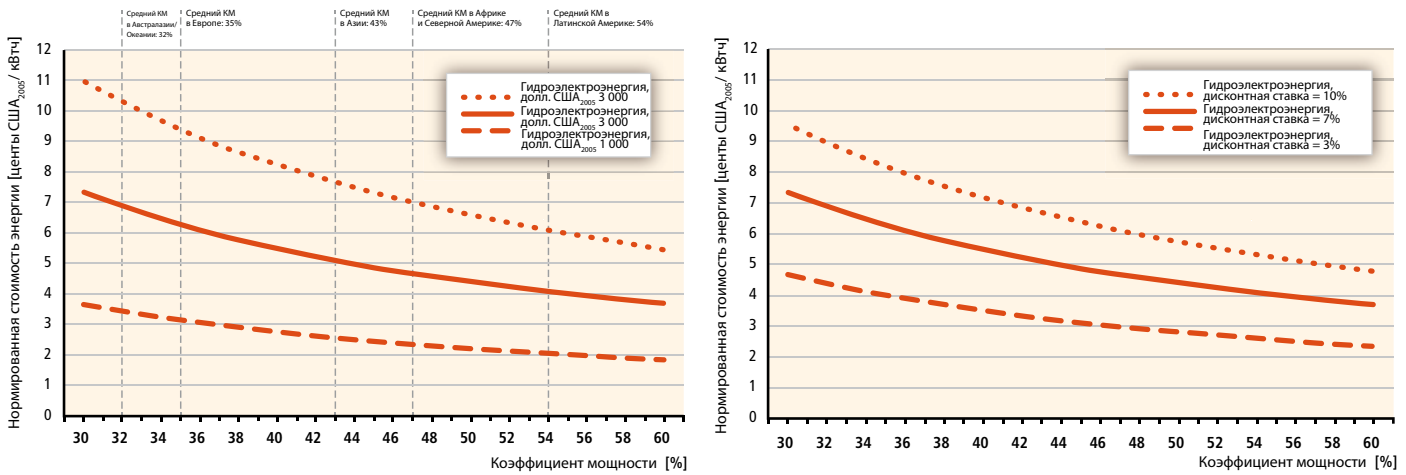
На основе использования стандартизированной методологии, изложенной в приложении II, и согласно данным о затратах и технических характеристиках, резюме которых дается в приложении III, расчетная НСЭ для гидроэлектростанций с большим набором и диапазоном исходных параметров лежит в пределах 1,1-15 центов США<sub>2005</sub>/кВтч в зависимости от параметров конкретного места для инвестиционных затрат по каждому проекту и исходя из предположительных данных относительно дисконтной ставки, коэффициента мощности, срока службы и затрат на ЭТО. [1.3.2, 5.8, 10.5.1, приложение II, приложение III]

На рисунке TP.5.3 показана НСЭ для гидроэлектростанций с несколько иным и более типичным набором и диапазоном параметров, соответствующих

большинству гидроэлектростанций, и это делается сообразно коэффициенту мощности с применением при этом иных капитальных затрат и дисконтных ставок.

Коэффициенты мощности будут определяться по гидрологическим условиям, установленной мощности и конструкции станции, а также способу ее эксплуатации. У электростанций, сконструированных для максимальной выработки электроэнергии (базовая нагрузка) и/или с определенным регулированием, коэффициенты мощности будут во многих случаях находиться в пределах от 30 до 60%, а средние коэффициенты мощности для разных регионов мира показаны на графическом рисунке. Для электростанций пиковой нагрузки коэффициент мощности может быть даже ниже, а коэффициенты мощности для речных систем лежат в широком диапазоне (20-95%) в зависимости от географических и климатологических условий, технологии и эксплуатационных характеристик. При среднем коэффициенте мощности в 44% и инвестиционных затратах от 1 000 до 3 000 долл. США<sub>2005</sub>/кВт НСЭ лежит в пределах от 2,5-7,5 цента США<sub>2005</sub>/кВтч.

Предполагается, что для большинства проектов, которые будут разработаны в ближайшем будущем (до 2020 года), капитальные затраты и НСЭ будут находиться в этом диапазоне, хотя возможны проекты как с более низкими, так и с более высокими затратами. При благоприятных условиях НСЭ гидроэлектроэнергии может находиться в диапазоне 3-5 центов США<sub>2005</sub>/кВтч. [5.8.3, 8.2.1.2, приложение III]



**Рисунок TP.5.3** | Нормированная стоимость гидроэлектроэнергии в настоящее и ближайшее время: а) как функция коэффициента мощности и капитальных затрат\*, \*\*, и б) как функция коэффициента мощности и дисконтной ставки\*\*, \*\*. [рисунок 5.20]

Примечания: \* Дисконтная ставка предполагается равной 7%. \*\* Капитальные затраты предполагаются в размере 2 000 долл. США/кВт. \*\*\* Ежегодные затраты на ЭТО предполагаются в размере 2,5%/год от капитальных затрат и при сроке службы электростанции 60 лет.

В литературе имеется относительно мало информации об исторических тенденциях, связанных с затратами на гидроэлектроэнергию. Одной из причин этого, помимо того факта, что затраты на проект в огромной степени зависят от конкретного места, может быть сложная стоимостная структура для гидроэлектростанций, при которой некоторые компоненты могут характеризоваться понижающимися ценовыми тенденциями (например, затраты на проходжение туннеля), в то время как другие затраты могут характеризоваться повышающимися ценовыми тенденциями (затраты на смягчение социальных и экологических последствий). [5.8.4]

Одним из осложняющих факторов при учете стоимости гидроэлектростанции является то, что для многоцелевых резервуаров существует необходимость разделения или отнесения стоимости обслуживания других видов водопользования, таких как ирригация, защита от наводнений, судоходство, дороги, снабжение питьевой водой, рыбное хозяйство и рекреационная деятельность. Существуют различные методы отнесения расходов в зависимости от индивидуальных целей, каждый из которых имеет преимущества и недостатки. Базовые правила заключаются в том, что средства, выделенные на выполнение любой задачи, не должны превышать выгоду от ее реализации, и каждая задача должна осуществляться по отдельной статье расходов. Отдельная стоимость выполнения любой задачи устанавливается путем вычитания стоимости многоцелевого проекта без учета этой задачи из общей стоимости проекта, в которую включена эта задача. Объединение экономических элементов (продажные цены на энергию и воду) с общественной пользой (водоснабжение фермеров в случае нехватки воды) наряду с ценностью окружающей среды (сохранение минимального экологического стока) превращается в инструмент для рассмотрения вопроса о распределении затрат в случае многоцелевых резервуаров. [5.8.5]

## 5.9 Реализация потенциала

Гидроэлектроэнергетика открывает большие возможности для сокращения выбросов углерода в ближайшей и долгосрочной перспективе. В глобальном масштабе гидроэлектроэнергетический ресурс вряд ли будет сдерживать дальнейшее развитие в ближне- и среднесрочный период, хотя экологические и социальные проблемы могут ограничить возможности использования при отсутствии их рационального решения. [5.9]

До настоящего времени во всем мире освоено только 25% гидроэлектроэнергетического потенциала (т.е. 3 551 ТВтч из 14 575 ТВтч) (12,78 ЭДж из 52,47 ЭДж). В разных долгосрочных сценариях отмечается постоянное увеличение в последующие десятилетия. По данным нескольких исследований увеличение мощности гидроэлектростанций, которое наблюдалось за последние 10 лет, будет, как ожидается, продолжаться в ближне- и среднесрочной перспективе: с 926 ГВт в 2009 году до 1 047-1 119 ГВт к 2015 году; годовой прирост будет лежать в пределах от 14 до 25 ГВт. [5.9, 5.9.1]

Исходные прогнозы, представленные в главе 10 (основанные на анализе 164 долгосрочных сценариев), показывают роль гидроэлектроэнергетики в глобальном энергоснабжении с охватом широкого диапазона с медианой в приблизительно 13 ЭДж (3 600 ТВтч) в 2020 году, 16 ЭДж (4 450 ТВтч) в 2030 году и 19 ЭДж (5 300 ТВтч) в 2050 году. Величина в 12,78 ЭДж уже была достигнута в 2009 году, и, следовательно, сегодня превзойдена, вероятно, средняя оценка в 13 ЭДж на 2020 год. Кроме того, конечные данные некоторых сценариев свидетельствуют о более низких значениях по сравнению с текущей установленной мощностью на 2020, 2030 и 2050 годы, что противоречит здравому смыслу, учитывая, например, длительные сроки службы гидроэлектростанций, их значительный рыночный потенциал и другие важные виды услуг. Эти данные можно объяснить, вероятно, слабостью моделей/сценариев (см. обсуждение в разделе 10.2.1.2 настоящего доклада). В этой связи прогнозируется, что рост производства гидроэлектроэнергии будет происходить даже при отсутствии политики сокращения выбросов ПГ, даже при уменьшении средней величины вклада гидроэлектростанций в глобальное электроснабжение с 16% сегодня до менее чем 10% к 2050 году. Поскольку предполагается, что политика сокращения выбросов ПГ станет более жесткой, в альтернативных сценариях величина вклада гидроэлектростанций возрастает: в 2030 году средняя величина их вклада равняется приблизительно 16,5 ЭДж (4 600 ТВтч) в диапазонах стабилизации CO<sub>2</sub> 440-600 и <440 млн<sup>-1</sup> (по сравнению со средней величиной в 15 ЭДж в базовых сценариях), увеличиваясь до почти 19 ЭДж к 2050 году (по сравнению со средней величиной в 18 ЭДж в базовых сценариях). [5.9.2]

Региональные прогнозы производства гидроэлектроэнергии в 2035 году показывают увеличение на 98% в Азиатско-Тихоокеанском регионе по сравнению с уровнями 2008 года и увеличение на 104% в Африке. Бразилия является главной движущей силой прогнозируемого увеличения производства

гидроэлектроэнергии на 46% в Южной и Центральной Америке в тот же самый период. В Северной Америке и Европе/Евразии за данный период ожидается более скромное увеличение на 13 и 27% соответственно. [5.9.2]

В целом фактические данные свидетельствуют о том, что в последующие 20 лет практически возможными являются относительно высокие уровни освоения гидроресурсов. Даже если доля гидроэлектроэнергии в глобальном электроснабжении снизится к 2050 году, гидроэлектроэнергия будет по-прежнему являться привлекательным возобновляемым источником энергии в контексте глобальных сценариев сокращения выбросов углерода. Кроме того, все большее развитие гидроаккумулирующих ГЭС может привлечь инвестиции в инфраструктуру управления водными ресурсами, что является необходимым для реагирования на растущие проблемы, связанные с этими ресурсами. [5.9.3]

## 5.10 Интеграция в системы управления водными ресурсами

Вода, энергия и изменение климата неразрывно связаны между собой. Наличие воды имеет огромное значение для многих энергетических технологий, включая гидроэлектроэнергетику, и в то же время энергия необходима для обеспечения водоснабжения сельского хозяйства, отраслей промышленности и домашних хозяйств, особенно в районах со скудными водными ресурсами развивающихся стран. Благодаря этой тесной взаимосвязи пришло понимание того, что связь между водой и энергией должна рассматриваться на основе всеобъемлющего подхода, в частности изменения климата и устойчивого развития. Снабжение энергией и водой для целей устойчивого развития может потребовать более совершенного управления водными ресурсами на региональном и глобальном уровнях. Поскольку это часто связано с созданием гидроаккумулирующих сооружений, гидроэнергетика находится на стыке этих проблем и может играть важную роль в повышении энерго- и водной безопасности. [5.10]

Сегодня около 700 млн человек живут в странах, которые испытывают дефицит или нехватку воды. Согласно прогнозам к 2035 году 3 млрд человек будут жить в условиях огромного недостатка воды. Многие страны, располагающие ограниченными водными ресурсами, зависят от общих водных ресурсов, что повышает риск конфликта, связанного с этими скудными ресурсами. В этой связи адаптация к последствиям изменения климата будет иметь очень важное значение для управления водными ресурсами. [5.10.1]

В условиях, когда многоцелевая гидроэлектроэнергетика может быть инструментом, позволяющим смягчить как воздействия на изменение климата, так и дефицита водных ресурсов, эти проекты гидроэнергетики могут играть стимулирующую роль, выходящую за рамки сектора электроснабжения, являясь механизмом финансирования для водохранилищ, что способствует гарантированному наличию пресной воды. В то же время многочисленные виды использования могут повысить риски возникновения конфликтов и снизить объем производства энергии в периоды низких уровней воды. Поскольку крупные водосборные бассейны являются общими для нескольких стран, огромное значение имеет региональное и международное сотрудничество. Как межправительственные соглашения, так и инициативы, предпринимаемые международными организациями, оказывают активную поддержку этим важным процессам. [5.10.2, 5.10.3]

## 6. Энергия океана

### 6.1 Введение

Энергия океана открывает возможность для долгосрочного сокращения выбросов углерода, однако она вряд ли внесет существенный вклад в краткосрочной перспективе до 2020 года, поскольку соответствующие технологии находятся только на начальном этапе разработки. Теоретический потенциал Мирового океана в 7 400 ЭДж/год значительно превосходит сегодняшние потребности человека в энергии. Государственная политика способствует ускорению использования технологий, основанных на энергии океана, порождая надежды на то, что быстрый прогресс может быть возможным. Шесть основных классов технологий использования энергии океана предлагают самые разнообразные возможности в отношении путей развития, и, при нынешнем понимании, большинство из них обеспечивает потенциально низкие экологические воздействия. Имеются обнадеживающие признаки того, что инвестиционные затраты на технологии использования энергии океана и нормированная стоимость генерируемой электроэнергии будут снижаться с нынешних неконкурентоспособных уровней по мере проведения НИОКР и демонстрационных показов, а также практического применения. Самая большая неопределенность при оценке будущей роли энергии океана в смягчении воздействий на изменение климата связана с вопросом о том, являются ли эти сокращения затрат достаточными для того, чтобы стало возможным широкомасштабное использование энергии океана. [Р 6, 6.1]

### 6.2 Ресурсный потенциал

Энергия океана может быть определена как энергия, получаемая при помощи технологий, которые используют морскую воду в качестве своей движущей силы или используют химический или тепловой потенциал воды. Ресурс возобновляемой энергии в океане исходит из шести отдельных источников, каждый из которых имеет разное происхождения и требует разных технологий для преобразования энергии. Этими источниками являются:

**Энергия волн**, получаемая в результате передачи кинетической энергии ветра верхней поверхности океана. Суммарный теоретический ресурс энергии волн составляет 32 000 ТВтч/год (115 ЭДж/год), однако технический потенциал, вероятно, гораздо меньше и будет зависеть от развития технологий использования энергии волн. [6.2.1]

**Амплитуда прилива (подъем и падение уровня воды при приливе и отливе)**, образующаяся в результате воздействия гравитационных сил системы Земля-Луна-Солнце. Теоретически мировой потенциал энергии приливов и отливов, происходящих на относительно мелководье, находится в пределах 1-3 ТВт; технический потенциал, вероятно, значительно меньше, чем теоретический потенциал. [6.2.2]

**Приливно-отливные течения**, создаваемые водным потоком, который возникает в результате заполнения водой прибрежных районов или ее убыли из них, в которых наблюдаются приливно-отливные явления. Согласно последним региональным оценкам, существующий технический потенциал приливно-отливных течений составляет 48 ТВтч/год (0,17 ЭДж) в Европе и 30 ТВтч/год (0,11 ЭДж/год) в Китае. Места, представляющие интерес с коммерческой точки зрения, были также выявлены в Республике Корея, Канаде, Японии, на Филиппинах, в Новой Зеландии и Южной Америке. [6.2.3]

**Океанские течения**, которые образуются под воздействием ветра и термохалинной циркуляции вод океана. Наиболее известной системой океанских течений является Гольфстрим в Северной Америке, где Флоридское течение

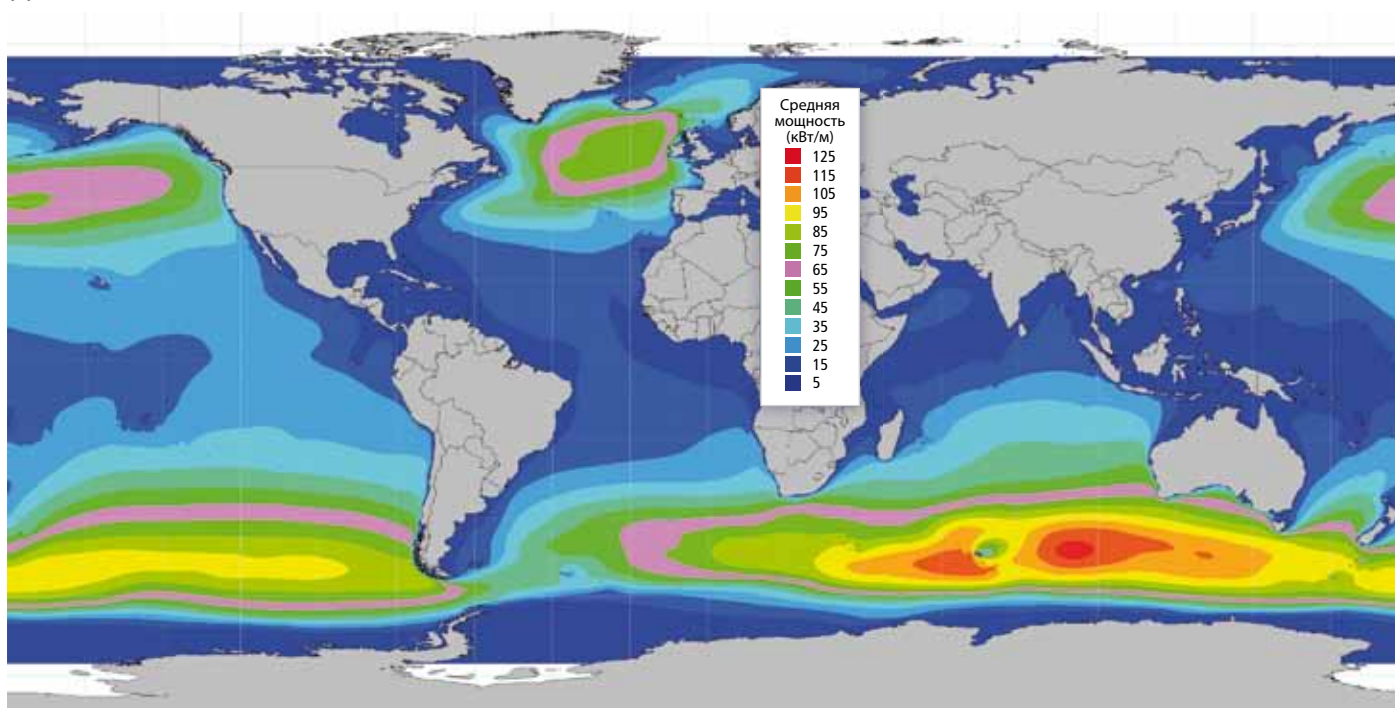
обладает техническим потенциалом для выработки 25 ГВт энергетического эквивалента. К числу других регионов с потенциально перспективной циркуляцией вод океана относится течение Агулхас и Мозамбикское течение у берегов Южной Африки, течение Курисио у берегов Восточной Азии и Восточно-Австралийское течение. [6.2.4]

**Преобразование термальной энергии океана (ПТЭО)** в результате разниц температур между верхними слоями океана, в которых солнечная энергия аккумулируется в виде тепла, и более холодными водами, как правило, на глубине ниже 1 000 м. Хотя плотность энергии ПТЭО является относительно низкой, общий ресурсный потенциал гораздо больше, чем у с других форм энергии океана. Согласно оценкам исследования 2007 года возможно получение устойчивой мощности в 44 000 ТВтч/год (159 ЭДж/год). [6.2.5]

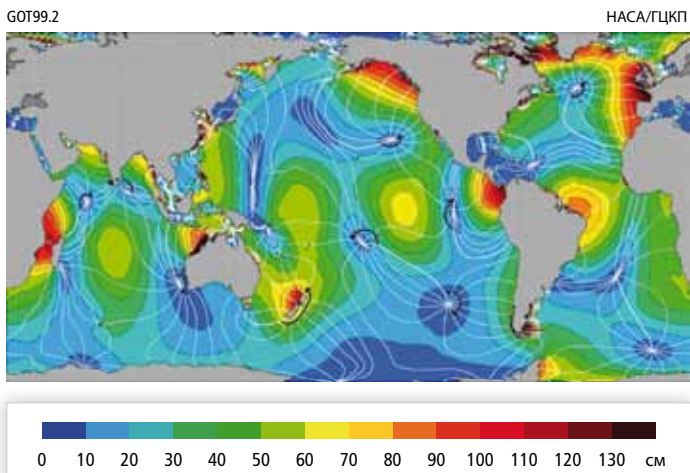
**Градиенты солености (осмотическая мощность)**, получаемые за счет разницы в солености между пресными и океанскими водами в устьях рек. Теоретический потенциал градиентов солености оценивается в 1 650 ТВтч/год (6 ЭДж/год). [6.2.6]

На рисунке TP.6.1 приводятся примеры того, каким образом отдельные энергетические ресурсы океана распределяются по всему миру. Некоторые энергетические ресурсы океана, такие как океанские течения или энергия градиентов солености, распределяются в глобальном масштабе. Тепловая энергия океана находится, главным образом, в тропических широтах (0°-35°), в то время как самая большая годовая энергия волн приходится на широты от 30° до 60°. Энергия волн в Южном полушарии характеризуется меньшими сезонными колебаниями по сравнению с Северным полушарием. Океанские течения, тепловая энергия океана, градиенты солености и в определенной

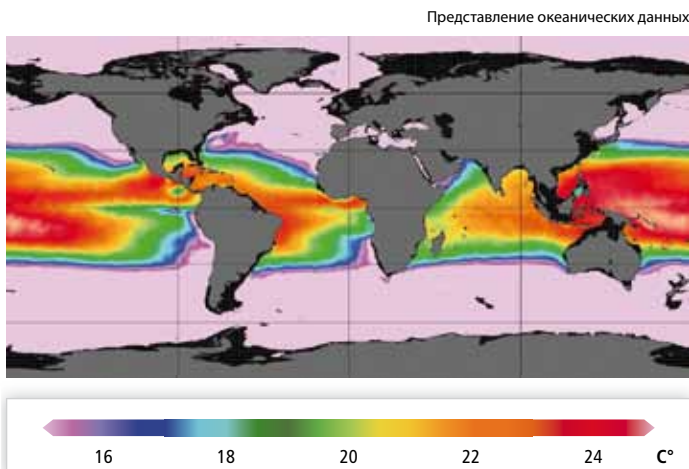
(a)



(b)



(c)



6/99

**Рисунок TP.6.1a-c** | Глобальное распределение различных энергоресурсов океана: (a) Энергия волн; (b) Амплитуда прилива, (c) Тепловая энергия океана. [рисунки 6.1, 6.2, 6.4]

(d)

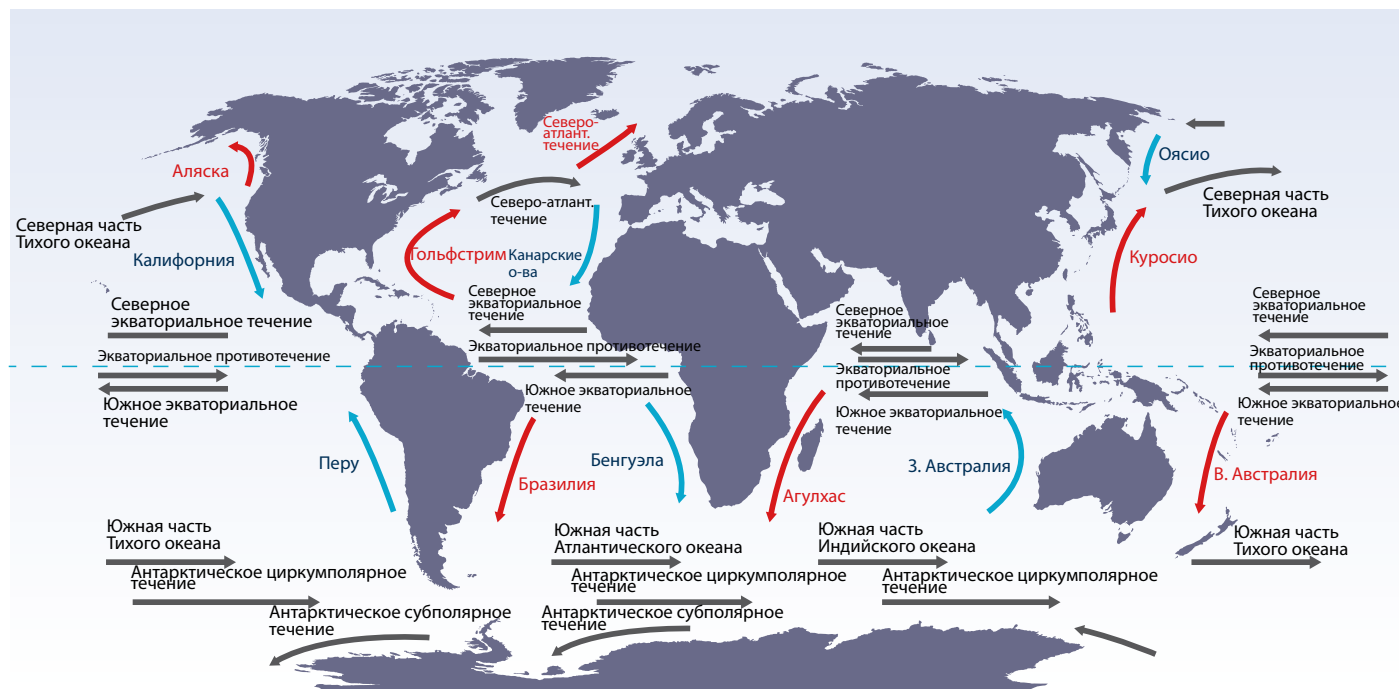


Рисунок TP.6.1d | Глобальное распределение различных энергоресурсов океана: (d) Океанские течения. [рисунок 6.3]

степени энергия волн достаточно постоянны, чтобы генерировать энергию для обеспечения базовой нагрузки. Учитывая, что имеющаяся литература находится в рудиментарном состоянии, а также ввиду значительной неопределенности в отношении технического потенциала энергии океана, соответствующие оценки характеризуются широким разбросом. [6.2.1-6.2.6]

### 6.3 Технология и применения

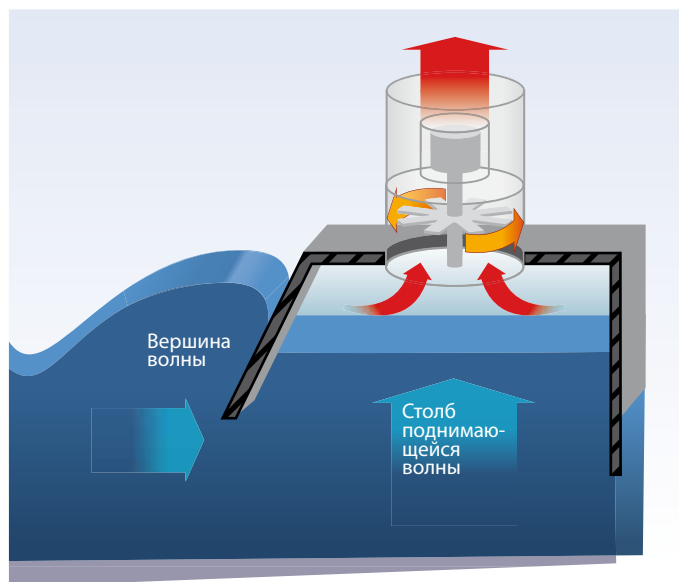
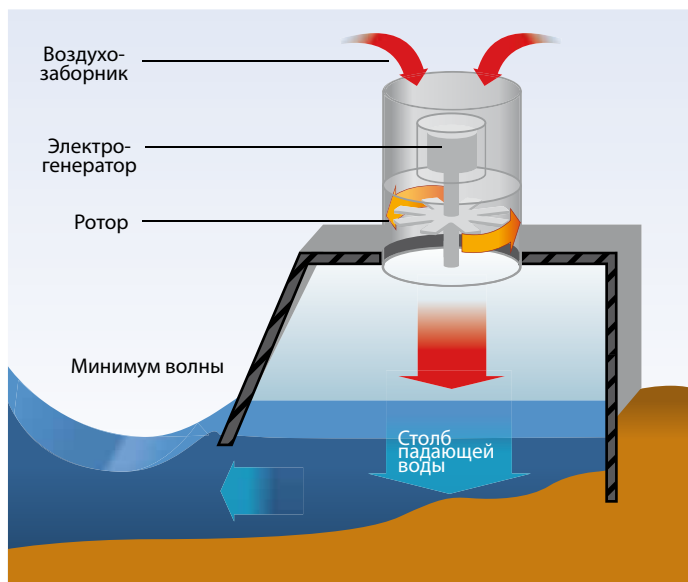
Нынешний уровень развития технологий использования энергии океана находится в пределах от чисто концептуального этапа НИОКР до этапа создания прототипа и демонстрационного этапа. Только технологию, связанную с амплитудой прилива, можно считать технически разработанной. В настоящее время существует много технологических вариантов для каждого источника энергии океана, и, за исключением приливных плотин, еще не произошла конвергенция технологий. За последние четыре десятилетия другие морские отрасли промышленности (в первую очередь прибрежная добыча нефти и газа) добились больших успехов в области материалов, строительства, коррозии, подводных кабелей и связи. Ожидается, что в технологиях использования энергии океана будут непосредственно использоваться эти достижения. [6.3.1]

Были разработаны и во многих случаях продемонстрированы технологии использования энергии волн, в которых применяется целый ряд принципов работы, с тем чтобы преобразовывать энергию волн в пригодную для использования форму энергии. К числу основных переменных факторов относится метод взаимодействия волн с соответствующими видами движения (волнение моря, зыбь, качка), а также глубина воды (глубоководье, промежуточная глубина, мелководье) и расстояние от берега (береговая линия, вблизи берега, открытое море). Технологии использования энергии волн можно классифицировать по трем группам: колеблющиеся водные столбы (КВС: береговые, плавающие), устройства с периодическим заглублением (всплывающие на поверхность, погруженные в воду) и переливные устройства (береговые, плавающие). [6.2.3] Принципы действия показаны на рисунке TP.6.2.

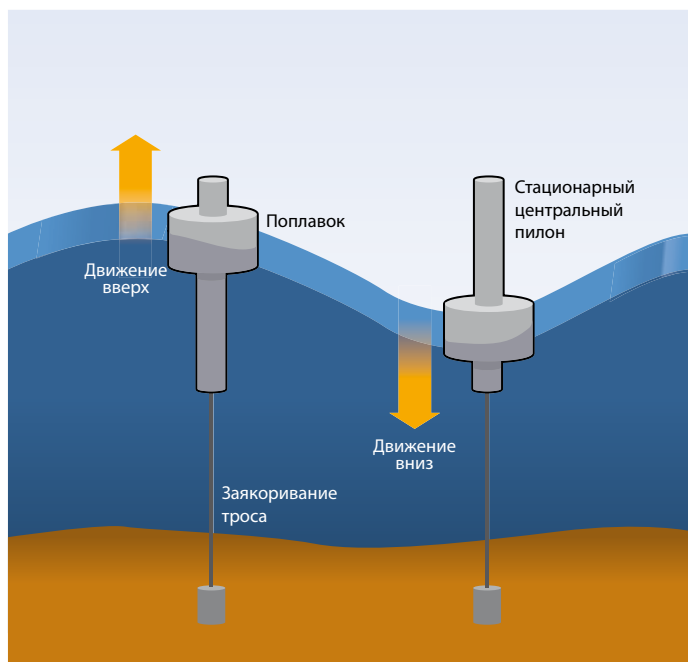
Энергия, образующаяся в результате приливной амплитуды, может быть поставлена на службу посредством адаптации дамб речных гидроэлектростанций к условиям в устье реки, где плотина перекрывает устье. Плотина может генерировать электроэнергию как во время отливов, так и приливов, а некоторые будущие плотины будут иметь несколько бассейнов для обеспечения почти постоянной генерации. Самыми последними техническими концепциями являются автономные прибрежные «приливо-отливные лагуны». [6.3.3]

Кроме того, ведется разработка технологий по использованию мощности приливо-отливных и океанских течений, однако более прогрессивными являются турбины, работающие на энергии приливов и отливов. Некоторые из технологий использования энергии приливов и отливов и океанских течений аналогичны доведенным до совершенства генераторам ветряных турбин, однако при эксплуатации подводных турбин необходимо также учитывать такие факторы, как встречное течение, кавитация на концах лопастей и агрессивные условия подводной морской среды. Приливо-отливные течения являются, как правило, двусторонними, меняясь в зависимости от приливо-отливного цикла, и относительно быстротечными по сравнению с океанскими течениями, которые обычно имеют одностороннюю направленность и малую скорость движения, но при этом постоянны. Преобразователи классифицируются по их принципу работы на осевые турбины, турбины поперечного тока и устройства с возвратно-поступательным движением, как это показано на рисунке TP.6.3. [6.3.4]

В установках по преобразованию термальной энергии океана (ПТЭО) используют разницу температур между теплыми морскими водами с поверхности океана и холодными морскими водами на глубине (глубина в 1 000 м часто используется в качестве эталонного уровня) для производства электроэнергии. Системы ПТЭО используют морскую воду непосредственно в качестве циркулирующей жидкости, в то время как в системах закрытого цикла используются для приведения в движение турбины теплообменники и вторичная рабочая жидкость (чаще всего аммиак). В гибридных системах используется принцип как открытого, так и закрытого цикла. Несмотря на проведенные испытания



**Рисунок TP.6.2a/b** | Тип преобразователя энергии волн и принцип его работы: установка с осциллирующим водяным столбом. [рисунок 6.6] (оформление Национальной лаборатории возобновляемой энергии (НАВЭ)).



**Рисунок TP.6.2c/d** | Преобразователи энергии волн и принцип их работы; (слева) устройство с периодическим заглублением; и (справа) переливное устройство. [Рисунок 6.6] (оформление Национальной лаборатории возобновляемой энергии (НЛВЭ)).

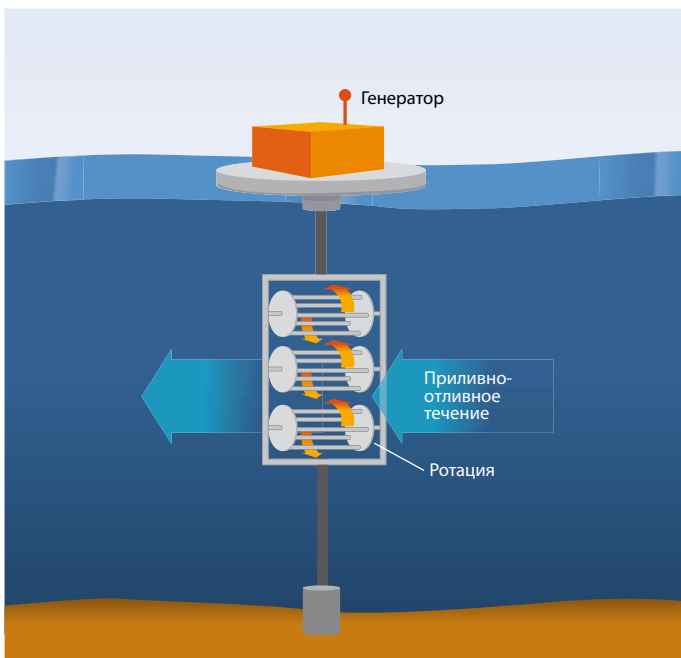
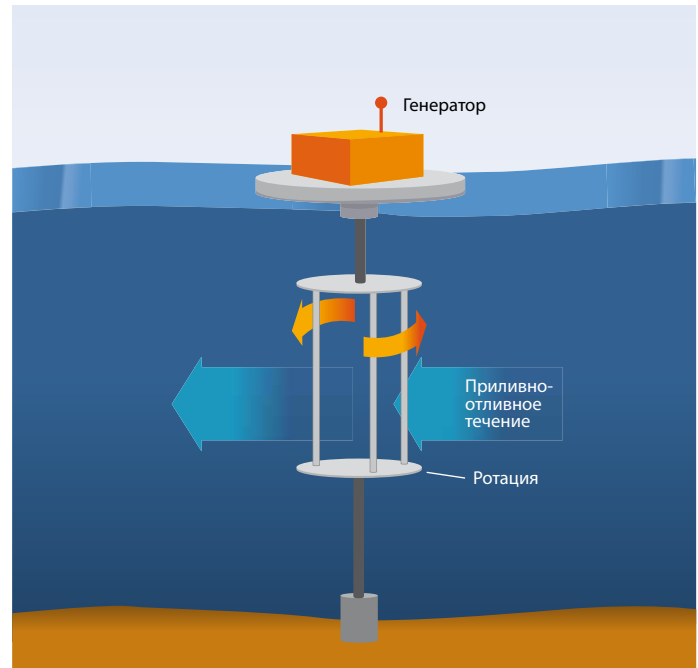
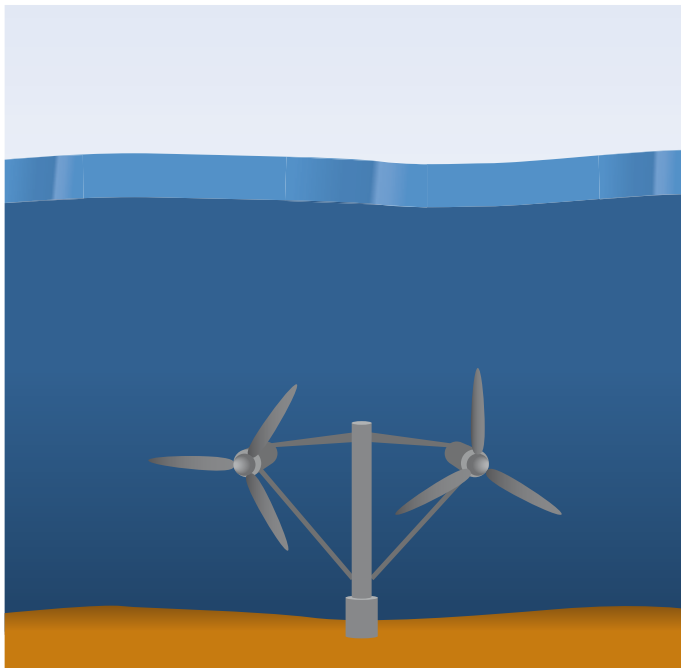
технологий ПТЭО, возникли проблемы, связанные с поддержанием вакуума, а также биологическим обрастанием и коррозией теплообменников. Текущие исследования сосредоточены на преодолении этих проблем. [6.3.5]

Градиент солености между пресной водой из рек и морской водой может быть использован в качестве источника энергии, при этом разрабатываются как минимум две концепции. Процесс обратного электродиализа (ОЭД) представляет собой концепцию, согласно которой разница химического потенциала между этими двумя растворами создает движущую силу (рисунок TP.6.4). Создание остаточного осмотического давления или получение осмотической энергии основано на концепции естественного осмоса, т.е. повышении гидравлического

давления, вызванного свойством пресной воды смешиваться с соленой водой благодаря разнице в концентрации соли (рисунок TP.6.5). [6.3.6]

## 6.4 Глобальный и региональный статус рынков и промышленного развития

Проекты НИОКР в области технологий использования энергии волн и приливно-отливных течений широко распространились за последние два десятилетия, при этом некоторые из них достигли полномасштабной предкоммерческой стадии испытания опытного образца. В настоящее время единственной полномасштабной и практически применяемой технологией использования энергии океана является приливная плотина, наилучшим примером которой является плотина электростанции Ля Ранс мощностью в 240 МВт, которая находится на северо-западе Франции и строительство которой было завершено в 1966 году. Приливная электростанция «Сихва» (Южная Корея) мощностью 254 МВт должна вступить в строй в 2011 году. Технологии, связанные с подготовкой к эксплуатации других источников энергии океана, включая ПТЭО, градиенты солености и океанские течения, до сих пор находятся на этапе разработки концепции, НИОКР или создания опытных образцов. В настоящее время более чем в 30 странах ведется разработка более 100 различных технологий использования энергии океана. [6.4.1]



**Рисунок ТР.6.3** | Преобразователи приливо-отливных течений и их принцип действия: (вверху слева) двоянная турбина с горизонтальной осью; (внизу слева) устройство с перекрестным потоком; и (вверху справа) устройство с вертикальной осью. [рисунок 6.8]

Главными инвесторами проектов НИОКР и практического использования энергии океана являются национальные, федеральные или местные правительства, за которыми следуют крупные энергетические и инвестиционные компании. Национальные и региональные правительства оказывают особенно большую поддержку использованию энергии океана посредством целого ряда финансовых, нормативно-правовых и законодательных инициатив, направленных на содействие разработкам. [6.4.7]

Участие промышленности в создании технологий использования энергии океана находится на самой ранней стадии, и этими технологиями не занимается ни

одна из обрабатывающих отраслей промышленности. Рост интереса к ним может привести к передаче мощностей и квалифицированных кадров из соответствующих отраслей промышленности наряду с новыми конкретными инновационными разработками. Одним из привлекающих внимание факторов, связанных с энергией океана, является развитие ряда национальных испытательных центров, которые становятся очагами, в которых сосредоточены испытания и сертификация оборудования, а также передовые НИОКР. [6.4.1.2]

Текущее состояние промышленного развития в этой области может оцениваться по применениям систем использования энергии океана в настоящее время.

**Энергия волн:** Во всем мире действует ряд расположенных на берегу опытных установок для использования энергии волн. Две установки на основе КВС эксплуатировались в Португалии и Шотландии в течение приблизительно 10 лет, а две других прибрежных установки КВС проходили испытания в качестве опытных образцов в Австралии и Ирландии. Еще одна установка КВС эксплуатировалась мористее южного побережья Индии в период с 1990 по 2005 годы. Ряд компаний в Австралии, Бразилии, Дании, Финляндии, Ирландии, Норвегии, Португалии, Испании, Швеции, Новой Зеландии, СК и США проводили испытания экспериментальных или предкоммерческих образцов в открытом море, при этом самая большая мощность составляла 750 кВт. [6.4.2]

**Амплитуда прилива:** Электростанция «Ля Ранс» во Франции мощностью в 240 МВт эксплуатировалась с 1966 года. Другие более мелкомасштабные проекты были осуществлены с тех пор в Китае, Канаде и России. Приливная электростанция «Сихва» в Корее мощностью 254 МВт будет запущена в эксплуатацию в течение 2011 года, и в стадии рассмотрения находится еще несколько крупных проектов. [6.4.3]

**Приливо-отливные и океанские течения:** Имеется, вероятно, более 50 установок, использующих приливо-отливные течения и которые находятся на стадии проверки концепции или разработки опытного образца, тем не менее, еще предстоит определить затраты на крупномасштабное использование. Самым передовым примером является приливная турбина «Сиджен», которая была установлена недалеко от Северной Ирландии и поставляла электроэнергию



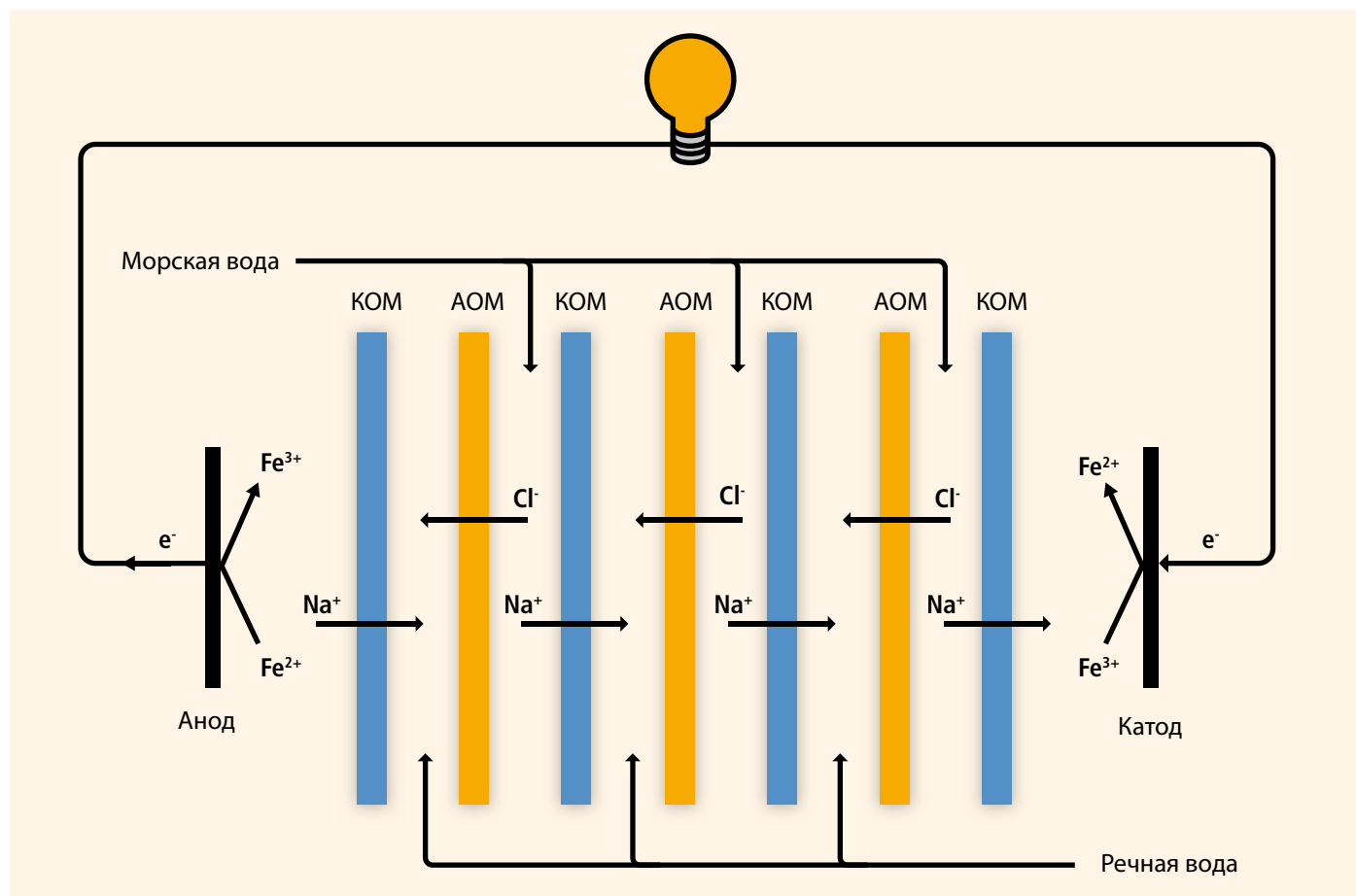


Рисунок ТР.6.4 | Система обратного электродиализа (ОЭД). [рисунок 6.9]

Примечания: КОМ = катионная обменная мембрана; АОМ = анионная обменная мембрана, Na = натрий, Cl = хлор, Fe = железо.

в электросеть в течение более одного года. Ирландская компания провела испытания своей турбины с разомкнутым циклом в Шотландии и совсем недавно в Канаде. Две компании продемонстрировали работающие на полную мощность турбины с горизонтальной осью в Норвегии и Шотландии, а другая компания продемонстрировала турбину с вертикальной осью в Италии. И наконец, установка с возвратно-поступательным движением была продемонстрирована в СК в 2009 году. На сегодняшний день ни одна экспериментальная или демонстрационная станция не была установлена для океанских течений, хотя предвидятся гораздо более широкомасштабные применения в том случае, если будут созданы технологии, способные улавливать энергию медленных течений. [6.4.4]

**ПТЭО:** Япония, Индия, США и несколько других стран провели испытания экспериментальных установок ПТЭО. Многие из них столкнулись с техническими проблемами, связанными с работой насосов, сохранением вакуума и трубопроводами. Крупномасштабные разработки ПТЭО могли бы пользоваться спросом на крупных рынках в тропических морских странах, включая Океанию, Карибские острова, а также страны Центральной Америки и Африки, в случае если соответствующая технология достигнет того уровня, когда она будет экономически эффективным вариантом энергоснабжения. [6.4.5]

**Градиенты солености:** Исследования осмотической энергии проводятся сейчас в Норвегии, где опытный образец осмотической электростанции действует с 2009 года, с целью промышленного выпуска станции осмотической энергии. В то же время была предложена технология ОЭД для реконструкции 75-летней дамбы Афслаутдайк в Голландии. [6.4.6]

## 6.5 Экологические и социальные последствия

Энергия океана не является непосредственным источником выбросов  $\text{CO}_2$  в процессе эксплуатации; в то же время выбросы ПГ могут возникать на разных этапах жизненного цикла систем использования этого вида энергии, включая добычу сырья, производство компонентов, строительство, техническое обслуживание и демонтаж. Систематический обзор исследований оценок жизненных циклов, опубликованных с 1980 года, свидетельствует о том, что выбросы ПГ в течение срока службы систем, использующих энергию волн и приливов-отливов, составляют менее 23 г  $\text{CO}_2$  экв/кВтч, при этом в случае энергии волн равны приблизительно 8 г  $\text{CO}_2$  экв/кВтч. Не хватает исследований для оценки выбросов в течение жизненного цикла других типов установок, использующих энергию океана. Несмотря на это, по сравнению с установками для генерации энергии из ископаемого топлива, выбросы ПГ в течение срока службы установок, использующих энергию океана, представляются незначительными. [6.5.1]

Локальные социальные и экологические последствия проектов по использованию энергии океана оцениваются по мере фактического увеличения числа случаев использования, однако эта оценка может осуществляться на основе опыта других морских и прибрежных отраслей промышленности. Экологические риски технологий, связанных с использованием энергии океана, представляются относительно низкими, однако следствием того, что освоение энергии океана только началось, является неопределенность в отношении того, в какой степени озабоченность, вызванная их социальными и экологическими последствиями, могла бы в конечном итоге помешать процессу разработки. [6 P]

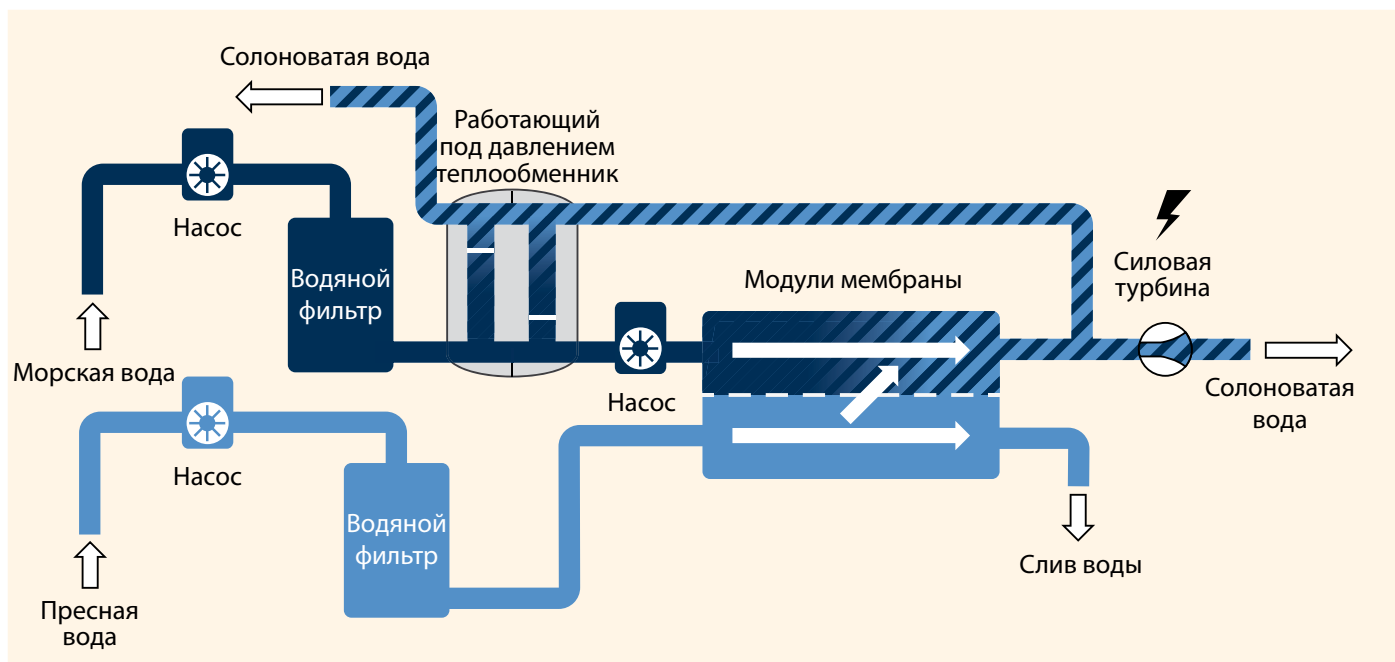


Рисунок TP.6.5 | Процесс создания остаточного осмотического давления (ООД). [рисунок 6.10]

Каждая технология использования энергии океана обладает своим собственным специфическим набором экологических и социальных последствий. К возможным позитивным эффектам от использования энергии океана могут относиться предотвращение пагубных воздействий на морскую флору и фауну благодаря снижению числа других видов деятельности человека в районе размещенных в океане установок, а также увеличение показателей энергоснабжения и регионального экономического роста, занятости и туризма. Негативные эффекты могут включать уменьшение визуальной эстетической ценности пейзажа и лишение доступа к территории в интересах конкурирующих пользователей, шум во время строительства, шум и вибрацию во время эксплуатации, электромагнитные поля, вторжение в биоту и среду обитания организмов определенного района, изменение качества воды и возможное загрязнение, например, вследствие утечек химических веществ или нефти, и другие ограниченные отдельные воздействия на местные экосистемы. [6.5.2]

## 6.6 Перспективы технологического совершенствования, инновации и интеграция

По мере появления технологий установки для использования энергии океана обладают потенциалом для значительного технологического совершенствования. Важное значение для такого совершенствования будут иметь не только НИОКР и конкретные применения разных систем. На технологические усовершенствования и инновации в области преобразователей энергии океана также, вероятно, повлияют разработки в смежных областях. [6.6]

Интеграция энергии океана в крупные энергетические сети потребует учета характерных особенностей генерации энергии, колеблющихся в широких пределах и связанных с разными ресурсами. Например, производство электроэнергии из ресурсов приливно-отливных течений, характеризуется очень высокой изменчивостью во временном масштабе от 1 до 4 часов и в то же время весьма малой изменчивостью в масштабах более месяца или более длительных периодов времени. [6.6]

## 6.7 Ценовые тенденции

Коммерческие рынки пока еще не являются движущими факторами развития технологий использования энергии моря. Государственные меры стимулирования НИОКР и национальные политические средства поощрения являются побуждающими стимулами. Поскольку ни одна из технологий использования энергии океана не является полностью разработанной в техническом плане, за исключением приливных электростанций (опыт в области других технологий только сейчас становится доступным для оценки демонстрационных/опытных установок), трудно оценить с высокой степенью точности экономическую жизнеспособность большинства технологий использования энергии океана. [6.7.1]

В таблице TP.6.1 показаны оптимально доступные данные по некоторым первичным ценовым факторам, которые влияют на нормированную стоимость электроэнергии, с разбивкой по каждому из подвидов энергии океана. В большинстве случаев эти стоимостные и эксплуатационные параметры основаны на скудной информации вследствие отсутствия прошедших экспертную оценку справочных данных и фактического опыта эксплуатации, и поэтому во многих случаях они отражают оценочную стоимость и предполагаемые эксплуатационные характеристики на основе инженерных знаний. В нескольких случаях были найдены сведения о современных капитальных затратах, однако их источником является небольшая выборка проектов и исследований, которые не могут быть репрезентативными для всей промышленности. [6.7.1]

Основываясь на стандартизированной методологии, описанной в приложении II, а также на ценовых и эксплуатационных данных, кратко изложенных в приложении III, расчетная НСЭ для приливных плотин (которые в настоящее время представляют собой единственную коммерческую технологию использования океана) для большого набора и диапазона исходных параметров находится в пределах 12-32 цента США<sub>2005</sub>/кВтч. Эти пределы следует, однако, рассматривать лишь в качестве показательных, учитывая нынешний уровень накопленного опыта в области использования. [1.3.2, 6.7.1, 6.7.3, 10.5.1, приложение II, приложение III]

Таблица ТР.6.1 | Резюме основных имеющихся ценовых и эксплуатационных параметров для всех подтипов технологий использования энергии океана. [таблица 6.3]

Технология использования энергии океана	Капитальные затраты (долл. США <sub>2005</sub> /кВт)	Ежегодные затраты на ЭТО (долл. США <sub>2005</sub> /кВт)	Коэффициент мощности (КМ) (%)	Срок эксплуатации (годы)
Волны	6 200–16 100	180	25–40	20
Амплитуда прилива	4 500–5 000	100	22,5–28,5	40
Приливно-отливное течение	5 400–14 300	140	26–40	20
Океанское течение	Нет данных	Нет данных	Нет данных	20
Термальная энергия океана	4 200–12 300 <sup>1</sup>	Нет данных	Нет данных	20
Градиент солености	Нет данных	Нет данных	Нет данных	20

Примечание: 1. Цены на использование термальной энергии океана не были конвертированы в долл. США по курсу 2005 года.

Ввиду начального этапа разработки технологий оценки будущих затрат на использование энергии океана следует считать гипотетическими. Тем не менее ожидается, что стоимость использования энергии океана со временем будет снижаться по мере выполнения НИОКР, демонстрационных показов и применения. [6.7.1-6.7.5]

## 6.8 Потенциальное использование

Почти до 2008 года энергия океана не рассматривалась ни в одном из основных смоделированных глобальных энергетических сценариев, и поэтому только сейчас начинается изучение ее потенциального воздействия на будущие мировые энергопоставки и смягчение воздействий на изменение климата. Так, например, опубликованные результаты сценариев, посвященных энергии океана, являются незначительными и предварительными, отражая широкий спектр возможных вариантов. Конкретно, сценарии использования энергии океана рассматриваются лишь в трех указанных здесь крупных публикациях: Энергетическая революция (Э[Р]), 2010 год; Оценка всемирной энергии (ОВЭ) МЭА, 2009 год; и Перспективы энергетических технологий (ПЭТ), 2010 год. Многие сценарии были рассмотрены в докладах Э[Р] и ОВЭ, а единственный базовый сценарий был документально обоснован в докладе ОВЭ. Резюме каждого сценария приводится в таблице ТР.6.2.

Это предварительное представление сценариев, в которых дается описание альтернативных уровней использования энергии океана, относится к числу первых попыток анализа потенциальной роли энергии океана в литературе, посвященной средне- и долгосрочным сценариям, с тем чтобы определить потенциальный вклад энергии океана в будущие энергопоставки и меры по смягчению воздействий на изменение климата. Как показывает ограниченное число существующих сценариев, энергия океана обладает потенциалом содействия смягчению воздействий на долгосрочное изменение климата благодаря компенсации выбросов ПГ за счет прогнозируемых видов использования, результатом чего станет обеспечение энергоснабжения к 2050 году в объеме до 1 943 ТВтч/год (~7 ЭДж/год). Были разработаны другие сценарии, в которых показано использование энергии океана в объеме всего лишь 25 ТВтч/год (0,9 ЭДж/год). Столь широкий разброс результатов отчасти объясняется неопределенностью в отношении того, в какой степени меры по смягчению воздействий на изменение климата повлияют на преобразование энергетического сектора, однако в том, что касается энергии океана, этот разброс также объясняется характерной неопределенностью в отношении того времени, когда различные технологии использования энергии океана станут доступными в промышленном плане по привлекательным ценам, а также неопределенности в отношении такой возможности. Для лучшего понимания возможной роли энергии океана в смягчении воздействий на изменение климата потребуются

Таблица ТР.6.2 | Основные характеристики средне- и долгосрочных сценариев из основных опубликованных результатов исследований, учитывающих энергию океана. [таблица 6.5]

Сценарий	Показатель использования в ТВтч/год (ПДж/год)				ГВт	Примечания
	2010 год	2020 год	2030 год	2050 год		
Энергетическая ре[э]волюция – Базовый сценарий	Нет данных	3 (10,8)	11 (36,6)	25 (90)	Нет данных	Никаких политических изменений
Энергетическая ре[э]волюция	Нет данных	53 (191)	128 (461)	678 (2 440)	303	Предполагаемое сокращение выбросов углерода на 50%
Энергетическая ре[э]волюция – Предварительный сценарий	Нет данных	119 (428)	420 (1 512)	1 943 (6 994)	748	Предполагаемое сокращение выбросов углерода на 80%
ОВЭ, 2009 год	Нет данных	3 (10,8)	13 (46,8)	Нет данных	Нет данных	Основа для исходного варианта [Э]Р
ПЭТ: Голубая карта, 2050 год	Нет данных	Нет данных	Нет данных	133 (479)	Нет данных	Сектор энергетики является виртуально безуглеродным
ПЭТ: Голубая карта без УХУ, 2050 год	Нет данных	Нет данных	Нет данных	274 (986)	Нет данных	Голубая карта (вариант) – Улавливание и хранение углерода считается невозможным
ПЭТ: Голубая карта с высокой долей атомной энергетики, 2050 год	Нет данных	Нет данных	Нет данных	99 (356)	Нет данных	Голубая карта (вариант) – доля атомной энергетики увеличилась до 2 000 ГВт
Голубая карта ПЭТ, высокая доля ВИЭ, 2050 год	Нет данных	Нет данных	Нет данных	552 (1 987)	Нет данных	Голубая карта (вариант) – доля возобновляемых источников энергии увеличилась до 75%
ПЭТ: Синяя карта, 3%	Нет данных	Нет данных	Нет данных	401 (1 444)	Нет данных	Голубая карта (вариант) – для проектов по производству энергии установлены дисконтные ставки в 3%

не только постоянные технические достижения, но также и все более широкое включение в процесс моделирования сценариев ряда потенциальных технологий использования подвидов энергии океана с указанием более точных данных о ресурсном потенциале, нынешних и будущих инвестиционных затрат, затрат на ЭТО и прогнозируемых коэффициентов мощности. Более полный охват данными в глобальном и региональном масштабах будет являться важным компонентом более эффективного освещения вопросов, связанных с энергией океана, в энергетических сценариях. [6.8.4]

## 7. Энергия ветра

### 7.1 Введение

В течение тысячелетий энергия ветра использовалась для огромного числа применений. Однако использование энергии ветра для производства электроэнергии в промышленном масштабе стало практически осуществимым только в 1970-х годах благодаря техническим достижениям и мерам государственной поддержки. Существует ряд различных технологий использования энергии ветра для самых разных областей применения, однако первичным видом использования энергии ветра, связанным со смягчением воздействий на изменение климата, является выработка электроэнергии большими подключенными к сети ветряными турбинами, размещенными либо на суше («наземные»), либо в море или пресноводных водоемах («прибрежные»)<sup>11</sup>. [7.1]

Энергия ветра обладает значительным потенциалом для сокращений выбросов ПГ в краткосрочной (2020 год) и долгосрочной (2050 год) перспективах. Мощность энергии ветра, установленная к концу 2009 года, смогла удовлетворять приблизительно 1,8% мирового спроса на электроэнергию, и этот вклад может превысить 20% к 2050 году, если будут предприняты грандиозные усилия, направленные на сокращение выбросов ПГ и ликвидацию других препятствий, мешающих более широкому применению энергии ветра. Во многих странах энергия наземного ветра уже используется быстрыми темпами и не существует никаких непреодолимых технических барьеров, которые исключают более высокие уровни включения энергии ветра в системы электроснабжения. Кроме того, хотя средние скорости ветра весьма различны в зависимости от конкретного места, в большинстве регионов мира существует технический потенциал, позволяющий крупномасштабное использование энергии ветра. В некоторых районах с большими ветровыми ресурсами стоимость энергии ветра также является конкурентоспособной с текущими ценами на энергетическом рынке даже без учета относительных экологических последствий. Тем не менее, в большинстве регионов мира по-прежнему требуется принятие политических мер для обеспечения быстрых темпов освоения. В то же время прогнозируется постоянный прогресс в области технологии использования энергии наземного и берегового ветра, благодаря которому будет продолжаться снижение стоимости выработанной за счет ветра энергии и совершенствование потенциала энергии ветра для целей сокращения выбросов ПГ. [7.9]

### 7.2 Ресурсный потенциал

Глобальный технический потенциал энергии ветра не является фиксированным, а напротив, связан с уровнем развития технологии и допущениями, которые делаются в отношении других факторов, сдерживающих развитие использования энергии ветра. Тем не менее, все растущее число оценок глобального ветрового

ресурса показали, что мировой технический потенциал превосходит сегодняшний объем глобального производства электроэнергии. [7.2]

Не было разработано никакого стандартизированного подхода к оценке глобального технического потенциала энергии ветра: проведение сравнений усложняется разнообразием данных, методов, предположений и даже определений, связанных с техническим потенциалом. В ДО4 технический потенциал энергии наземного ветра определяется в 180 ЭДж/год (50 000 ТВтч/год). Другие оценки глобального технического потенциала энергии ветра, учитывающие в относительно большей степени факторы, сдерживающие развитие в этой связи, лежат в диапазоне от низкого показателя в 70 ЭДж/год (19 400 ТВтч/год) (только наземный ветер) до высокого показателя в 450 ЭДж/год (125 000 ТВтч/год) (на берегу и в прибрежной зоне). Этот диапазон соответствует приблизительно величине, которая от одного до шести раз превышает глобальное производство электроэнергии в 2008 году, и он может представлять собой недооценку технического потенциала вследствие того, что несколько исследований базировались на устаревших предположениях о том, что в некоторых исследованиях исключалась или только частично учитывалась прибрежная ветроэнергетика, а также вследствие методологических и расчетных ограничений. Согласно оценкам технического потенциала прибрежной ветроэнергетики, он находится в диапазоне 15-130 ЭДж/год (4 000-37 000 ТВтч/год), если учитываются только применения на мелководье и у берега; большой технический потенциал имеется в том случае, если учитывать также применения в более глубоких водах, которые могли бы быть основаны на использовании плавучих конструкций ветряных турбин. [7.2.1]

Независимо от того, недооценивается ли или переоценивается технический потенциал энергии ветра в существующих оценках, а также несмотря на необходимость дальнейшего прогресса в методах оценки ветровых ресурсов, очевидным является тот факт, что технический потенциал самого данного ресурса вряд ли является фактором, ограничивающим использование энергии ветра в мире. Наоборот, еще весьма задолго до достижения абсолютного предела глобального технического потенциала его рост сдерживается, вероятно, экономическими факторами, связанными со стоимостью выработанной за счет ветра энергии, институциональными ограничениями и затратами, вызванными подсоединением к линии передачи и оперативной эксплуатацией, а также проблемами, связанными с получением согласия общества и экологическими последствиями. [7.2.1]

Кроме того, в большинстве регионов мира имеется достаточный технический потенциал, позволяющий широкомасштабное освоение энергии ветра. В то же время ветровой ресурс неравномерно распределен по земному шару и не характеризуется постоянным положением вблизи населенных центров, и поэтому энергия ветра не будет способствовать удовлетворению потребностей каждой страны в равной мере. Особенно значительные технические потенциалы энергии наземного ветра находятся в таких регионах ОЭСР, как Северная Америка, Восточная Европа и Евразия, в то время как отдельные районы Азии, не входящие в ОЭСР, и некоторые страны Европы, входящие в ОЭСР, обладают, по-видимому, более ограниченным наземным техническим потенциалом. На рисунке TP.7.1 – карта мировых ветровых ресурсов – также показан ограниченный технический потенциал в некоторых районах Латинской Америки и Африки, хотя другие части этих континентов обладают значительным техническим потенциалом. В последнее время подробные региональные оценки в целом выявили, что величина ветровых ресурсов превышает те данные, которые были указаны в предыдущих оценках. [7.2.2]

Глобальное изменение климата может привести к географическому перераспределению и/или меж- и внутригодовой изменчивости ветровых ресурсов, и/или качества ветровых ресурсов, и/или преобладанию экстремальных

<sup>11</sup> В главе 7 лишь кратко рассматриваются вопросы, связанные с ветряными турбинами, получением электроэнергии из высотных ветров, а также с использованием энергии ветра в механических и двигательных установках.

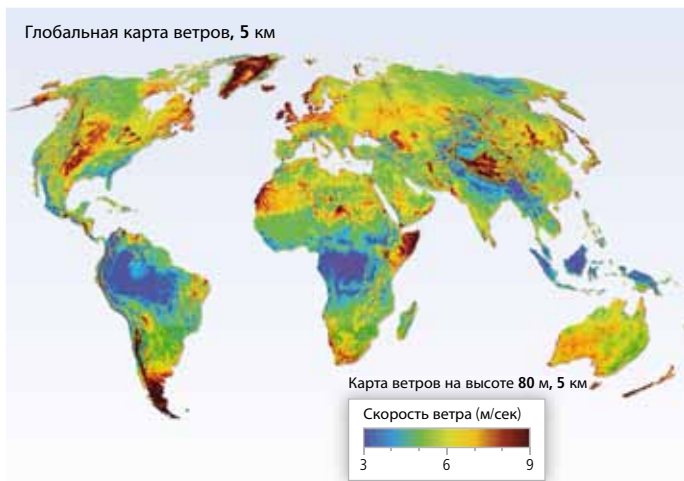


Рисунок ТР.7.1 | Пример карты мировых ветровых ресурсов с разрешением 5 км x 5 км. [рисунок 7.1]

метеорологических явлений, которые могут повлиять на конструкцию и эксплуатацию ветряных турбин. Согласно проведенным на сегодняшний день исследованиям, маловероятно, что среднегодовые скорости ветра, рассчитанные за многие годы, изменятся более чем на  $\pm 25\%$  над большей частью Европы и Северной Америки в течение нынешнего столетия, в то время как исследования, охватывающие северную часть Европы свидетельствуют о том, что среднегодовые плотности энергии ветра, рассчитанные за многие годы, сохранятся, вероятно, в пределах  $\pm 50\%$  текущих значений. По другим регионам мира было проведено меньшее количество исследований. Хотя исследования в этой области находятся на начальном этапе и требуется дополнительное изучение, проведенные до настоящего времени исследования показывают, что глобальное изменение климата может привести к географическому перераспределению ветровых ресурсов, но что эти воздействия вряд ли будут характеризоваться такими масштабами, которые серьезно повлияют на глобальный потенциал в области использования энергии ветра. [7.2.3]

### 7.3 Технология и применения

Современные промышленные, подключенные к энергосети ветряные турбины прошли процесс развития от маленьких простых машин до крупных и очень сложных устройств. Научный и инженерный опыт и достижения, а также более совершенные средства вычислительной техники, стандарты проектирования, методы промышленного производства и процедуры ЭТО способствовали этим технологическим разработкам. [7.3]

Выработка электроэнергии при помощи ветра требует, чтобы кинетическая энергия движущегося воздуха была преобразована в электроэнергию, а инженерная проблема для ветроэнергетики заключается в конструировании экономически эффективных ветряных турбин и энергоустановок для осуществления этого преобразования. Несмотря на проведение исследований самых разнообразных конфигураций турбин, на рынке имеются, в первую очередь, турбины с горизонтальной осью и с тремя лопастями на башне, направленными навстречу воздушному потоку. В целях снижения нормированной стоимости выработанной при помощи ветра энергии были значительно увеличены размеры типичных ветряных турбин (рисунок ТР.7.2), при этом большая доля наземных ветряных турбин, установленных во всем мире в 2009 году, имела номинальную мощность 1,5-2,5 МВт. По состоянию на 2010 год наземные ветряные турбины, как правило, монтируются на 50-100-метровых башнях с роторами, часто 50-100 м в диаметре; эксплуатируются промышленные ветровые установки с диаметрами ротора и высотой башен более 125 м, и в стадии разработки находятся даже еще более крупные установки. Уже ведется крупномасштабное промышленное производство и использования наземных установок, работающих на энергии ветра. [7.3.1]

Морская технология использования энергии ветра является менее совершенной по сравнению с наземной технологией и характеризуется более высокими инвестиционными затратами. Меньшее число энергоустановок и более высокие затраты на ЭТО также объясняются, как правило, сравнительно менее разработанными технологиями и неизбежно более крупными логистическими проблемами, связанными с эксплуатацией и обслуживанием морских турбин.

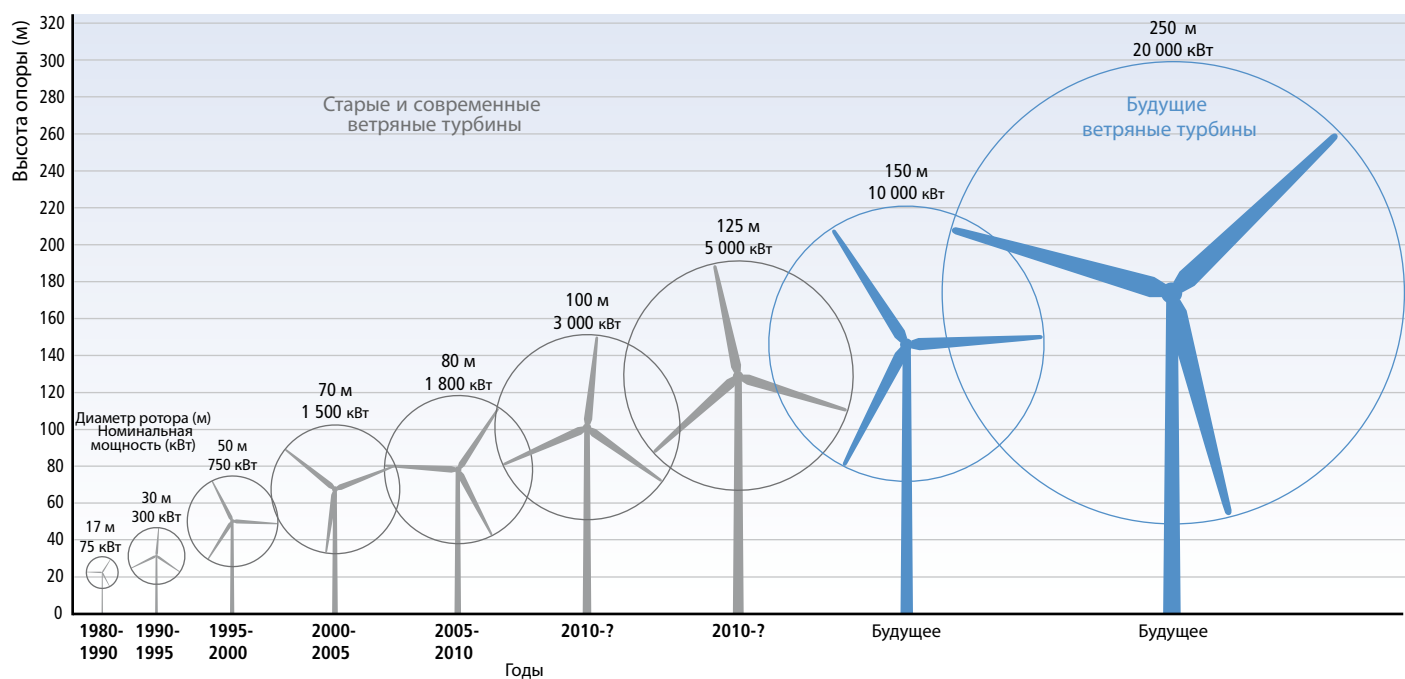


Рисунок ТР.7.2 | Увеличение размера типичных промышленных ветряных турбин. [рисунок 7.6]

Тем не менее, большой интерес к морской энергии ветра проявляется в ЕС и во все большей степени в других регионах. Первичным стимулом для развития морской ветроэнергетики является обеспечение доступа к дополнительным ветроресурсам в тех районах, где развитие наземной ветроэнергетики сдерживается ограниченным техническим потенциалом и/или конфликтами с другими видами землепользования, возникающими при планировании и размещении установок. Другие стимулы включают более высокое качество ветроресурсов в морской зоне; возможность использовать даже более крупные ветряные турбины и потенциал для получения, таким образом, дополнительных эффектов масштаба; возможность сооружать энергоустановки, более крупные по сравнению с наземными, получая эффект масштаба на уровне установки и возможность уменьшения потребности в новой протяженной сухопутной передаточной инфраструктуре для получения доступа к находящейся на большом расстоянии наземной энергии ветра. На сегодняшний день технология морских ветряных турбин весьма аналогична наземным конструкциям, кроме некоторых модификаций и наличия специальных фундаментов. По мере приобретения опыта ожидается установка ветряных турбин в более глубоких водах с более сильными ветрами. Технология ветроэнергетики, специально разработанная для морских применений, будет становиться все более преобладающей по мере расширения внешнего рынка, и предполагается, что в этом сегменте будут доминировать более крупные турбины с диапазоном мощности 5-10 МВт. [7.3.1.3]

Наряду с постепенным развитием конструкции ветряных турбин более совершенные методы проектирования и проведения испытаний были кодифицированы в соответствии со стандартами Международной электротехнической комиссии. Сертифицирующие органы опираются в своей работе на аккредитованные проектные и тестирующие учреждения для предоставления надежной документации, подтверждающей соответствие стандартам, с тем чтобы выдавать свидетельства о том, что турбины, компоненты или ветроэнергетические установки отвечают нормативам в отношении безопасности, надежности, эксплуатации и тестирования. [7.3.2]

С точки зрения надежности электрической системы важной частью ветряной турбины является система электропреобразования. Среди современных турбин на рынке доминируют сейчас модели с переменной скоростью, обеспечивающие активную и реактивную мощность, а также непрерывность электроснабжения при сбоях в энергосистеме, но без какой-либо характерной инерционной реакции (т.е. турбины не увеличивают и не уменьшают генерируемую мощность синхронно с колебаниями мощности сети); производители ветряных турбин признали этот недостаток и работают над разными вариантами его устранения. [7.3.3]

## 7.4 Глобальный и региональный статус рынков и промышленное развитие

Рынок ветроэнергетики существенно расширился, демонстрируя при этом коммерческую и экономическую жизнеспособность технологии и отрасли. Распространение ветроэнергетики было сконцентрировано, однако, на ограниченном числе регионов, и дальнейшее распространение, особенно в регионах с еще незначительным использованием энергии ветра, в настоящее время и в прибрежных зонах потребует, вероятно, принятия дополнительных политических мер. [7.4]

Ветроэнергетика быстро зарекомендовала себя как часть основной отрасли электроэнергетической промышленности. В общем производстве электроэнергии в 14 ГВт в конце 1999 года глобальная установленная мощность возросла в 12 раз за 10 лет и достигла почти 160 ГВт к концу 2009 года. Большая часть производственного потенциала была смонтирована на наземных участках, а прибрежные установки, главным образом, в Европе, при этом суммарная

мощность составила 2,1 ГВт. Странами с самой большой установленной мощностью к концу 2009 года были США (35 ГВт), Китай (26 ГВт), Германия (26 ГВт), Испания (19 ГВт) и Индия (11 ГВт). Общие капитальные затраты на новые ветроэнергетические установки, смонтированные в 2009 году, составили 57 млрд долл. США<sub>2005</sub>, а мировая непосредственная занятость в данном секторе в 2009 году оценивалась в приблизительно 500 000 человек. [7.4.1, 7.4.2]

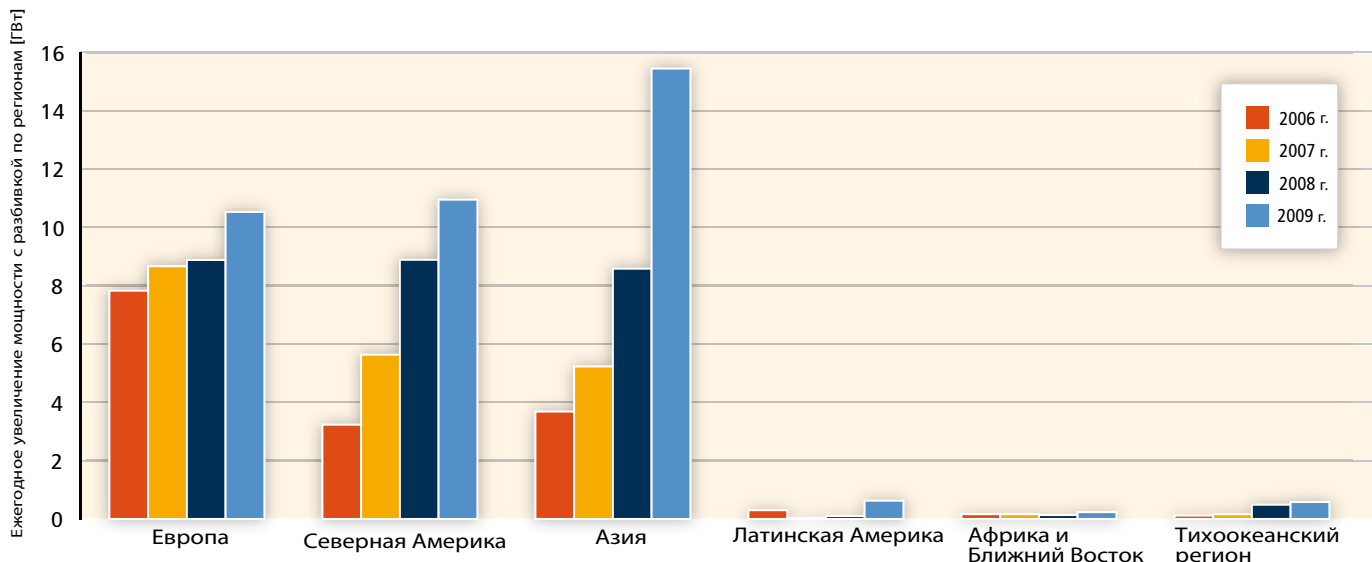
Как в Европе, так и в США, ветроэнергетика представляет собой главный новый источник для увеличения мощности электроснабжения. В 2009 году приблизительно 39% всей дополнительной мощности в США и ЕС было получено за счет ветроэнергетики; в Китае за счет ветроэнергетики в 2009 году было получено 16% чистой дополнительной мощности. В глобальном масштабе в период 2000-2009 годов приблизительно 11% всего чистого увеличения новой мощности электроэнергии было получено за счет новых ветроэнергетических установок; только в 2009 году эта цифра составила, вероятно, более 20%. В результате этого многие страны начинают достигать относительно высоких уровней ежегодного вклада ветроэлектроэнергетики в их соответствующие системы электроснабжения. К концу 2009 года мощность ветроэлектроэнергетики смогла обеспечить приблизительно 20% ежегодного спроса на электроэнергию в Дании, 14% в Португалии, 14% в Испании, 11% в Ирландии и 8% в Германии. [7.4.2]

Несмотря на эти тенденции, ветроэнергетика по-прежнему составляет относительно небольшую долю в общемировом электроснабжении. Общая установленная мощность ветроэнергетики к концу 2009 года будет удовлетворять (в среднегодовом показателе) приблизительно 1,8 мирового спроса на электроэнергию. Кроме того, хотя данная тенденция, характеризующая отрасль ветроэнергетики, со временем становится менее зависимой от европейских рынков ввиду значительного недавнего расширения этой отрасли в США и Канаде, данный рынок по-прежнему сосредоточен в определенных регионах: Латинская Америка, Африка, Ближний Восток и Тихоокеанский регион, где установили относительно небольшие ветроэнергетические мощности, несмотря на значительный технический потенциал ветроэнергетики в каждом из этих регионов (рисунок TP.7.3). [7.4.1, 7.4.2]

Для освоения энергии ветра необходимо преодолеть ряд проблем, включая: относительную стоимость использования энергии ветра по сравнению с рыночными ценами на энергию, по крайней мере, в том случае, если экологические последствия не будут интернализированы и выражены в денежной форме; решение вопросов, связанных с воздействием изменчивости ветроэнергетики; проблемы строительства новых линий электропередачи; трудоемкие и длительные процедуры планирования, размещения и получения разрешений; необходимость технического прогресса и высокая стоимость технологии морской ветроэнергетики; и нехватка организационных и технических знаний в регионах, в которых еще не накопили опыт масштабного использования энергии ветра. Как результат, развитие ветроэнергетики зависит от широкого спектра мер правительственной политики. [7.4.4]

## 7.5 Краткосрочные проблемы интеграции в сеть

По мере развития ветроэнергетики усиливалась также озабоченность по поводу ее интеграции в электросистемы. Характер и величина проблемы интеграции будут зависеть от характеристик существующей электросистемы и уровня вклада электричества, получаемого с помощью ветроэнергетики. Кроме того, как об этом говорится в главе 8, вопросы интеграции касаются не только ветроэнергетики. Тем не менее аналитическая информация и данные об опыте эксплуатации, главным образом, из стран, входящих в ОЭСР, свидетельствуют о том, что при низком или среднем показателе вклада ветроэлектроэнергетики (определяется



**Рисунок TP.7.3** | Ежегодное увеличение мощности электроэнергетики в разбивке по регионам. [рисунок 7.10]

Примечания: Регионы, показанные на рисунке, определены на основе исследования.

в данном случае до 20% от общего среднегодового спроса на электроэнергию)<sup>12</sup> интеграция ветроэнергетики, как правило, не создает каких-либо непреодолимых технических барьеров и является осуществимой с экономической точки зрения. В то же время даже при низком или среднем показателе вклада ветроэлектроэнергетики должны быть решены некоторые (и иногда конкретно относящиеся к данной сети) технические и/или организационные проблемы. Озабоченность (и стоимость), связанная с интеграцией ветроэнергетики, будет возрастать по мере развертывания ветроэнергетики, а увеличение вносимой доли может зависеть от наличия новых технологических и институциональных вариантов или поощряться благодаря наличию этих вариантов, с тем чтобы увеличить гибкость и поддерживать баланс между предложением и спросом, о чем говорится далее в главе 8 (раздел 8.2). [7.5]

Ветроэнергетика характеризуется характерными особенностями, которые создают проблемы для интеграции, и их необходимо учитывать при планировании и эксплуатации электросистемы для обеспечения ее надежной и экономичной работы. К этим характерным особенностям относятся: локализованный характер ветровых ресурсов с возможными последствиями для новой инфраструктуры передачи энергии, предназначенной как для наземной, так и морской ветроэнергетики; изменчивость выходной мощности, генерируемой за счет энергии ветра, в рамках многих временных масштабов; и более низкие уровни предсказуемости выходной мощности, генерируемой за счет энергии ветра, по сравнению с теми уровнями, которые являются обычными для многих других типов энергоустановок. Совокупная изменчивость и неопределенность выходной мощности, генерируемой за счет энергии ветра, зависит отчасти от степени корреляции между выходной мощностью различных территориально рассредоточенных ветряных энергоустановок: как правило, выходные мощности ветряных энергоустановок, которые дальше расположены друг от друга, в меньшей мере согласуются друг с другом, а изменчивость за более короткие периоды времени (минуты) согласуется в меньшей степени по сравнению с изменчивостью за более долгие периоды времени (многие часы). Прогнозы выходной мощности, генерируемой за счет энергии ветра, являются также более точными за более короткие периоды времени, а также когда многочисленные энергоустановки рассматриваются в совокупности. [7.5.2]

Для обеспечения того, чтобы электрическую сеть можно было надежно и экономично эксплуатировать в будущем, применяется детализированное планирование сети, предназначенной для новой инфраструктуры выработки и передачи электроэнергии. Для того чтобы сделать это, планировщикам необходимы компьютерные модели имитации, которые точно характеризуют энергию ветра. Кроме того, по мере увеличения мощности энергии ветра возрастает также необходимость того, чтобы ветровые энергоустановки играли более активную роль в поддержании работоспособности и качества энергии в электросистеме и были введены в действие технические стандарты для соединения сетей, с тем чтобы способствовать предотвращению пагубного воздействия ветряных энергетических установок на электросистему во время нормального функционирования и непредвиденных ситуаций. В то же время при проведении оценок адекватности передачи энергии должна учитываться зависимость данного места от ветровых ресурсов, а также изучаться любые варианты путем сравнения затрат на расширение системы передачи энергии для получения доступа к более высококачественным ветровым ресурсам с затратами на получение доступа к ветровым ресурсам более низкого качества, которые требуют меньших капиталовложений в систему передачи. Даже при низких или средних показателях вклада ветроэлектроэнергетики дополнительное использование больших количеств наземной или прибрежной энергии ветра в районах с более высококачественными ветровыми ресурсами может потребовать значительного удлинения системы передачи или ее модернизации. Институциональные проблемы расширения системы передачи могут быть существенными в зависимости от нормативно-правовой структуры в любом отдельном регионе. И наконец, планировщикам необходимо учитывать изменчивость выходной мощности, генерируемой за счет используемой энергии ветра, при оценке вклада ветроэнергетики в обеспечение адекватности генерации электроэнергии и соответственно долгосрочной надежности электросистемы. Хотя методы и цели меняются в зависимости от того или иного региона, вклад ветроэнергетики в обеспечение адекватности генерации электроэнергии обычно зависит от соответствия между выходной мощностью, генерируемой за счет энергии ветра, и периодами времени, когда существует высокий риск нехватки снабжения электроэнергией, что обычно происходит в периоды повышенного спроса на электроэнергию. Предельный вклад ветроэнергетики в адекватное генерирование электроэнергии обычно уменьшается по мере увеличения доли ветроэлектроэнергетики, однако агрегирование ветряных энергоустановок на более крупных территориях может замедлить это уменьшение в том случае, если

<sup>12</sup> Показатель вклада был определен для произвольного отделения вопроса об интеграционных потребностях ветроэнергетики в относительно недалекой перспективе от более широкого и конкретно не связанного с ветроэнергетикой обсуждения долгосрочных изменений в энергосистемах, представленного в главе 8.

имеется необходимый потенциал для передачи энергии. Относительно низкий средний вклад ветроэнергетики в адекватное производство электроэнергии (по сравнению с установками, работающими на ископаемом топливе) свидетельствует о том, что электросистемы с большим объемом использования энергии ветра будут также характеризоваться тенденцией получения гораздо большей общей паспортной генерирующей мощности для удовлетворения такого же пикового спроса на электроэнергию, нежели электросистемы, не располагающие большими объемами энергии ветра. Определенная часть этой генерирующей мощности будет эксплуатироваться, однако, в редких случаях, структура других генерирующих мощностей будет поэтому характеризоваться тенденцией все большего сдвига (по экономическим основаниям) в направлении гибких «пиковых» и «промежуточных» ресурсов и в обратной тенденции ресурсов «базовой» нагрузки. [7.5.2]

Уникальные характеристики энергии ветра также имеют важные последствия для функционирования электросистемы. Поскольку энергия ветра генерируется с весьма низкими предельными эксплуатационными затратами, она обычно используется для удовлетворения спроса при ее наличии; в таком случае осуществляется диспетчирование других генераторов для удовлетворения спроса за вычетом любой имеющейся энергии ветра (т.е. «чистого спроса»). В связи с увеличением доли ветроэлектроэнергетики изменчивость параметров энергии ветра приводит к общему увеличению величины колебаний чистого спроса, а также к уменьшению минимального чистого спроса. В результате этой тенденции оптовые цены на электроэнергию будут характеризоваться тенденцией снижения в тех случаях, когда выходная мощность, генерируемая за счет энергии ветра, является высокой, а возможности для подключения сети передачи к другим энергетическим рынкам являются ограниченными, и потребуются другие генерирующие установки для обеспечения более гибкого функционирования по сравнению с тем, которое является необходимым без использования энергии ветра. При низких или средних показателях доли ветроэлектроэнергетики предполагается, что увеличение поминутной изменчивости будет относительно незначительным. Более существенные эксплуатационные проблемы связаны с необходимостью управлять изменениями выходной мощности, генерируемой за счет энергии ветра, в периоды от одного до шести часов. Учет прогнозов энергии ветра при эксплуатации электрических систем может уменьшить потребность в гибких характеристиках других генераторов, однако даже при наличии высококачественных прогнозов операторам сети потребуются широкий диапазон стратегий для активного поддержания баланса между предложением и спросом, включая применение гибких технологий производства электроэнергии, ограничение выходной мощности ветрогенератора и усиление координации и взаимосвязи между электросистемами. Увеличение доли ветроэлектроэнергетики также окажет благотворное воздействие на удовлетворение спроса массового рынка, основные технологии сохранения энергии, крупномасштабное использование электромобилей и их соответствующий вклад в увеличение гибкости системы посредством контролируемой зарядки аккумуляторов, переключении избыточной энергии ветра на производство топлива или местное теплоснабжение, а также на территориальную диверсификацию размещения ветряных энергоустановок. Несмотря на существующие проблемы, имеющийся в настоящее время опыт эксплуатации в разных частях мира время показывает, что электросистемы могут надежно функционировать при увеличении вклада ветроэнергетики; в четырех странах (Дания, Португалия, Испания, Ирландия) ветроэнергетика уже смогла удовлетворить в 2010 году от 10 до приблизительно 20% ежегодного спроса на электроэнергию. Имеющийся опыт является, однако, ограниченным, в частности в отношении недостатков сети при большом объеме одновременной выдачи энергии, и по мере все более широкого использования энергии ветра в разных регионах и электросистемах будут получены дополнительные данные об интеграции ветроэнергетики. [7.5.3]

Помимо имеющегося сейчас опыта эксплуатации был завершен ряд высококачественных исследований, посвященных развитию ресурсов для передачи и регенерации, необходимых для обеспечения использования энергии ветра, охватывающих, в первую очередь, страны, входящие в ОЭСР. В этих исследованиях применяются самые разнообразные методологии и ставятся различные задачи, однако их результаты показывают, что затраты на интеграцию максимум 20% энергии ветра в электросистемы в большинстве случаев являются умеренными, но не незначительными. В частности, при низких или средних уровнях вклада ветроэлектроэнергетики из имеющейся литературы (также главным образом из подгруппы стран, входящих в ОЭСР) следует, что дополнительные затраты на регулирование изменчивости и неопределенности электросистемы с целью обеспечения адекватной генерации электроэнергии и добавления новых линий электропередачи для использования энергии ветра будут зависеть от конкретной системы, но, как правило, эти затраты лежат в пределах 0,7-3 цента США<sub>2005</sub>/кВтч. Технические проблемы и затраты на интеграцию становятся более значительными в связи с внедрением на рынок ветроэлектроэнергетики. [7.5.4]

## 7.6 Экологические и социальные последствия

Ветроэнергетика обладает значительным потенциалом сокращения выбросов ПГ (и уже их сокращает). Кроме того, попытки измерения относительных последствий применения различных технологий электроснабжения свидетельствуют о том, что ветроэнергетика обычно оказывает сравнительно небольшое воздействие на окружающую среду [9.3.4, 10.6]. Однако, как и другие виды промышленной деятельности, ветроэнергетика может оказывать определенные пагубные воздействия на окружающую среду, а также на деятельность и благосостояние человека. Многие органы местной и государственной власти установили требования, касающиеся планирования и размещения ветряных энергоустановок, с тем чтобы уменьшить эти воздействия. Поскольку ветроэнергетика используется во все больших масштабах и рассматривается вопрос о более крупных ветряных энергоустановках, существующие проблемы могут стать еще более острыми и могут возникнуть новые проблемы. [7.6]

Хотя основные экологические выгоды от использования энергии ветра являются результатом замены электроэнергии, генерируемой энергоустановками, работающими на ископаемом топливе, оценка этих выгод в определенной степени усложняется эксплуатационными характеристиками электросистемы и инвестиционными решениями, которые принимаются в отношении новых энергоустановок. В краткосрочной перспективе все более масштабное использование энергии ветра будет, как правило, приходиться на смену эксплуатации существующих установок, работающих на сжигании ископаемого топлива. Однако в долгосрочной перспективе могут потребоваться новые генерирующие установки и наличие энергии ветра может повлиять на выбор типов производимых энергоустановок. Следует также учитывать последствия, создаваемые промышленным производством, перевозкой, установкой, эксплуатацией и демонтажом ветряных турбин, однако всесторонний анализ имеющихся исследований показывает, что объем используемой энергии и выбросов ПГ, осуществленных на протяжении этих этапов, является незначительным по сравнению с выработанной энергией и предотвращенными выбросами в течение срока службы ветряных энергоустановок. Интенсивность выбросов ПГ при использовании энергии ветра оценивается в большинстве случаев в пределах от 8 до 20 г CO<sub>2</sub>/кВтч, в то время как сроки окупаемости энергии составляют от 3,4 до 8,5 месяца. Кроме того, было установлено, что управление изменчивостью выходной мощности генерируемой энергии ветра не приводит к существенному уменьшению выгод от использования энергии ветра с точки зрения выбросов ПГ. [7.6.1]



В других исследованиях рассматривались локальные экологические последствия развития ветроэнергетики. Сооружение и эксплуатация как наземных, так и морских ветряных энергоустановок имеют такие последствия для жизни дикой природы, как столкновения птиц и летучих мышей с ветряными установками и изменения окружающей среды и экосистемы, при этом характер и масштабы этих последствий зависят от конкретных мест и видов. Что касается морской ветроэнергетики, то должны рассматриваться последствия для ресурсов флоры и фауны морского дна, рыбных промыслов и морской жизни в более общем плане. Проводятся также исследования потенциального воздействия ветряных энергоустановок на местный климат. Гибель птиц и летучих мышей в результате столкновений с ветряными турбинами относится к числу экологических проблем, получивших самую широкую огласку. Хотя многое остается неизвестным относительно последствий этих воздействий для природы и населения, сообщенные ежегодные показатели гибели птиц составляли 0,95-11,67 на МВт в год. Гибель хищных птиц, хотя гораздо меньшая в абсолютных цифрах, вызывает особую озабоченность в некоторых случаях; в связи с увеличением масштабов морской ветроэнергетики высказывалась также озабоченность по поводу морских птиц. Исследования случаев гибели летучих мышей не проводились столь интенсивно, однако сообщалось о показателях их гибели, составляющих 0,2-53,3 на МВтгод; особую озабоченность в настоящее время вызывают последствия эксплуатации ветряных энергоустановок для популяций летучих мышей. Масштабы гибели птиц и летучих мышей в результате таких столкновений и последствия этого явления для населения могут также рассматриваться в контексте других случаев их гибели, вызванных деятельностью человека. Число случаев гибели птиц из-за существующих ветряных энергетических установок, по-видимому, на порядок ниже числа случаев гибели птиц по другим причинам антропогенного характера, и поэтому наземные ветряные энергоустановки не являются сейчас, по-видимому, причиной значительного сокращения популяций птиц и другие варианты производства электроэнергии также влияют на гибель птиц и летучих мышей в результате столкновений, изменений среды обитания и воздействия этих вариантов на изменение глобального климата. Необходимы более совершенные методы оценки последствий для численности популяций конкретных видов и их возможного смягчения, равно как и достоверные сравнения между последствиями использования энергии ветра и другими вариантами электроснабжения. [7.6.2]

Ветряные энергоустановки могут также оказывать воздействие на окружающую среду и экосистемы в результате покидания территории или перемещения из нее, уничтожения среды обитания и снижения репродуктивной способности. Кроме того, воздействия ветряных энергоустановок на морскую флору и фауну оказались в центре внимания вследствие более активного использования прибрежных установок. Воздействия морской ветроэнергетики на морскую флору и фауну меняются в зависимости от этапов монтажа данной установки, ее эксплуатации и демонтажа, а также в значительной мере зависят от конкретных условий в данном месте и могут быть негативными или позитивными. Потенциальные негативные воздействия включают подводный шум и вибрацию, электромагнитные поля, физические препятствия и вторжение инвазивных видов. В то же время физические структуры могут создавать новые места или укрытия для размножения и выступать в качестве искусственных рифов или устройств для концентрации рыб. Необходимо проведение дополнительных исследований этих воздействий и их долгосрочных последствий, в том числе для уровня популяции, однако они не представляются диспропорционально масштабными по отношению к наземной ветроэнергетике. [7.6.2]

Результаты исследований неизменно свидетельствовали о том, что ветроэнергетика хорошо воспринята широкой общественностью. Однако для того, чтобы эта поддержка нашла свое выражение в виде ускоренного развития, во многих случаях требуется помощь со стороны принимающих местных общин

и/или директивных органов. В этой связи, помимо обеспокоенности по поводу экологических проблем, неоднократно выражается озабоченность по поводу воздействий ветряных энергоустановок на местные общины. Возможно, наиболее важным фактом является то, что современная технология ветроэнергетики связана с крупными конструкциями, и поэтому ветряные турбины неизбежно видны на фоне ландшафта. К числу других вызывающих озабоченность воздействий относятся использование земли и морской среды (включая возможные радиолокационные помехи), а также воздействия, возникающие в непосредственной близости от установки, такие как шум и пульсация, а также последствия для стоимости имущества. Независимо от того, в какой степени выражается обеспокоенность по поводу социальных и экологических проблем, их решение является существенной частью любого успешного процесса планирования и размещения ветряных энергоустановок, а участие местных жителей часто является неотъемлемой частью этого процесса. Хотя некоторые из этих проблем можно легко минимизировать, другие проблемы, такие как визуальные воздействия, являются более трудными для их решения. Одновременно с расширением масштабов использования ветроэнергетики необходимо будет прилагать усилия, направленные на обеспечение лучшего понимания природы и величины остальных последствий, а также усилия по минимизации и смягчению этих последствий. На практике нормы, регулирующие планирование и размещение, характеризуются широким разбросом требований в зависимости от юрисдикции, а процедуры планирования и размещения явились препятствиями для развития ветроэнергетики в некоторых странах и контекстах. [7.6.3]

## 7.7 Перспективы технологического совершенствования и инновации

За последние три десятилетия инновации в конструкции ветряных турбин привели к существенному снижению затрат. Государственные и частные программы в области НИОКР сыграли важную роль в этих технических достижениях, результатом которых стали технологические усовершенствования на уровне системы и компонентов, а также усовершенствования в области оценки ресурсов, технических стандартов, интеграции электросистем, прогнозирования энергии ветра и в других областях. В период с 1974 по 2006 годы правительственное финансирование НИОКР по ветроэнергетике в странах-членах МЭА составили в общей сложности 3,8 млрд долл. США<sub>2005</sub> – сумму, которая равна 1% всех затрат на НИОКР в области энергетики. В 2008 году финансирование, выделенное ОЭСР на научные исследования в области ветроэнергетики, составило в общей сложности 180 млн долл. США<sub>2005</sub>. [7.7, 7.7.1]

Хотя технология наземной ветроэнергетики уже является объектом крупномасштабного промышленного производства и использования, ожидается продолжение поэтапного прогресса в совершенствовании процедур проектирования турбин, более эффективном использовании материалов, повышении надежности и улавливания энергии, снижении затрат на ЭТО и более продолжительных сроках эксплуатации компонентов. Кроме того, поскольку морская ветроэнергетика привлекает все больше внимания, возникают новые проблемы технологического характера и возможны более радикальные технические инновации. Ветроэнергетические установки и турбины представляют собой сложные системы, которые требуют комплексных проектно-конструкторских подходов для оптимизации стоимости и эксплуатационных характеристик. В плане требований к энергоустановке необходимо учитывать, что выбор ветряной турбины должен соответствовать определенному режиму ветровых ресурсов, а также учитывать местоположение турбины, процедуры ее размещения и монтажа; методологии ЭТО; и интеграцию в электросистемы. Исследования определили ряд областей, в которых технологические достижения могут привести к изменениям в капитальных затратах, ежегодном производстве

энергии, надежности, расходах на ЭТО и интеграции ветроэнергетических установок в электросистемы. [7.3.1, 7.7.1, 7.7.2]

На уровне компонентов изучается ряд возможностей, в том числе: прогрессивные концепции конструкции башни, которые уменьшают потребность в больших кранах и минимизируют потребности в материалах; повышение эффективности роторов и лопастей благодаря более совершенной конструкции наряду с более качественными материалами и передовыми производственными методами; снижение потерь энергии и большая эксплуатационная готовность благодаря более совершенному контролю турбин и мониторингу их состояния; последние модели трансмиссий, генераторов и электронных приборов для энергоустановок; и более совершенное производственное обучение. [7.7.3]

Кроме того, имеется несколько областей для возможного продвижения вперед, которые конкретно связаны с морской ветроэнергетикой, включая процедуры ЭТО, схемы установки и монтажа, конструкцию опорной структуры и разработку более крупных турбин, в том числе, возможно, новые концепции турбин. В частности, новаторские решения вопросов, связанных с основанием конструкции, предлагают перспективные возможности для доступа к большим глубинам, увеличивая, таким образом, технический потенциал ветроэнергетики. В течение долгого времени морские турбины устанавливались, главным образом, на относительно мелководье, а именно на глубине до 30 м на стержневой конструкции, которая по существу является продолжением башни, однако более обычными стали гравитационные структуры. Подобные подходы, а также другие концепции являются более подходящими для глубоководных участков, включая плавучие платформы, как это показано на рисунке TP.7.4. Кроме того, размер морских турбин не подвергается тем ограничениям, которые действуют в отношении наземных ветряных турбин, и стимулом для создания более крупных турбин является относительно более высокая стоимость возведения оснований в море. [7.7.3]

Ветряные турбины проектируются таким образом, чтобы выдерживать широкий диапазон неблагоприятных условий с минимальной нагрузкой. В этой связи требуются значительные усилия для лучшего понимания основ окружающей среды, в которой осуществляется эксплуатация турбин, с тем чтобы способствовать разработке нового поколения надежных, безопасных и экономически эффективных ветряных турбин, а также продолжать оптимизацию размещения и конструкций ветряных энергоустановок. Ожидается, например, что исследования в таких областях, как аэроупругость, неустойчивая аэродинамика, аэроакустика, передовые контрольные системы и атмосферная наука, приведут к появлению более совершенных возможностей для проектирования и, таким образом, повысят надежность технологии и будут способствовать дальнейшему совершенствованию проектированию конструкции. Фундаментальные исследования подобного характера помогут улучшить конструкцию ветряной турбины, повысить точность оценок эксплуатационных характеристик ветряных энергоустановок, оценок ветровых ресурсов, краткосрочного прогнозирования энергии ветра и оценок воздействий крупномасштабного использования ветроэнергетики на местный климат, а также возможных последствий изменения климата для ветровых ресурсов. [7.7.4]

## 7.8 Ценовые тенденции

Несмотря на значительное снижение стоимости ветровой энергии с 1980-х годов, в настоящее время требуется принятие политических мер для обеспечения быстрых темпов освоения этой энергии в большинстве регионов мира. При этом в некоторых районах со значительными ветровыми ресурсами стоимость ветровой энергии может конкурировать с нынешними рыночными ценами на энергию даже без учета относительных экологических последствий. Кроме того, ожидается постоянный прогресс в области технологии, который будет содействовать дальнейшему снижению затрат. [7.8]

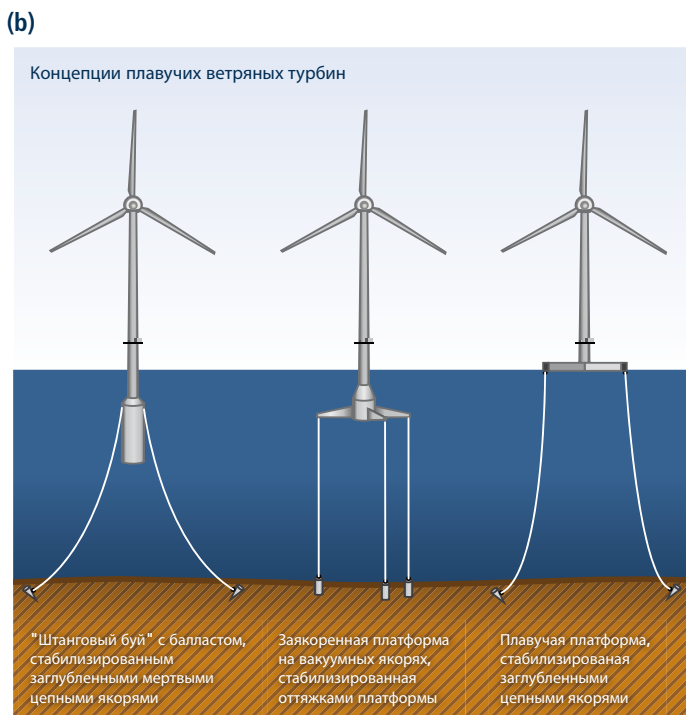
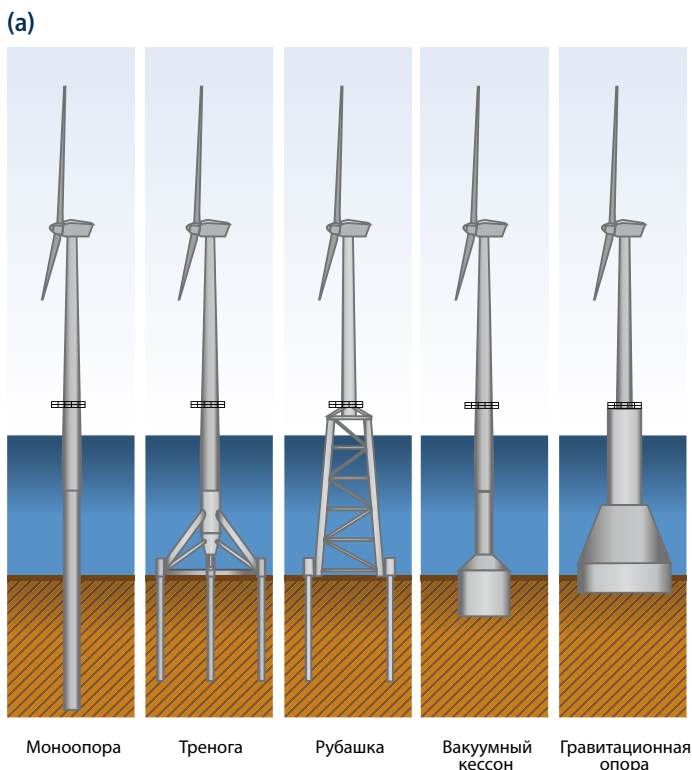


Рисунок TP.7.4 | Конструкции оснований морских ветряных турбин: а) краткосрочные концепции, и б) концепции плавучих морских турбин. [рисунок 7.19]

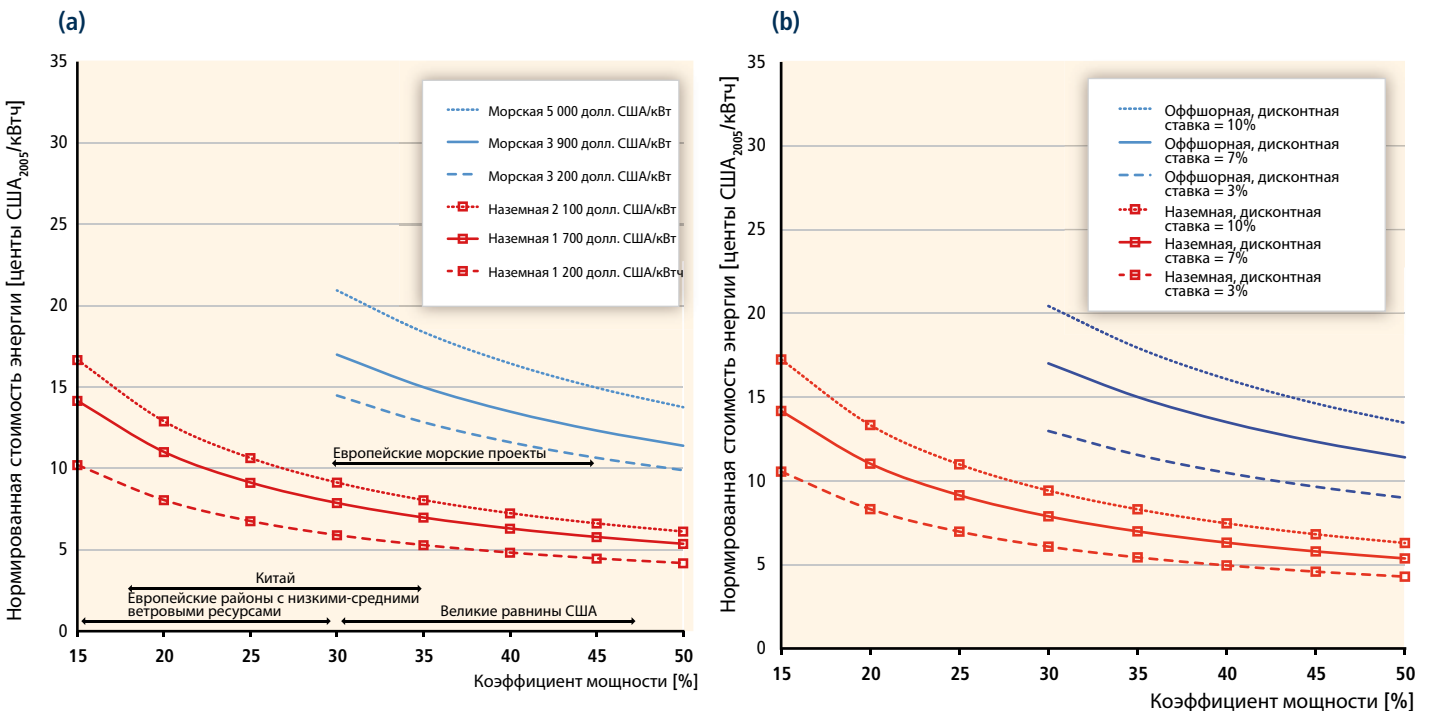
Нормированная стоимость энергии, производимой наземными и морскими ветроэнергетическими установками, зависит от пяти главных факторов: ежегодное производство энергии; капитальные затраты; затраты на ЭТО; расходы на финансирование; и предполагаемые сроки службы энергоустановки<sup>13</sup>. С 1980-х годов до приблизительно 2004 года наблюдалось снижение капитальных затрат на наземные энергоустановки. В то же время с 2004 по 2009 годы капитальные затраты возросли, и главной причиной этого были следующие факторы: резкий рост стоимости рабочей силы и исходных материалов; увеличение разницы между ценой изготовителей турбин и ценой их поставщиков; относительно прочная позиция евровалюты; и увеличение размера роторов турбин и высоты опор. В 2009 году средняя инвестиционная стоимость наземных ветряных энергоустановок, устанавливаемых по всему миру, составляла приблизительно 1 750 долл. США<sub>2005</sub>/кВт, при этом стоимость многих установок находилась в пределах 1 400-2100 долл. США<sub>2005</sub>/кВт; капитальные затраты в Китае в 2008 и 2009 годах составляли порядка 1 000-1350 долл. США<sub>2005</sub>/кВт. Гораздо меньший опыт имеется в отношении применения ветряных энергоустановок в море, и капитальные затраты на морские установки в значительной степени зависят от конкретного места. Тем не менее, капитальные затраты на морские установки были от 50 до более 100% выше затрат на наземные установки; затраты на ЭТО также выше у морских установок. Затраты, связанные с морскими установками, также зависели от некоторых из тех же самых факторов, которые были причиной повышения затрат на наземные установки в период 2004-2009 годов, а также от нескольких специфических факторов. Морские установки, которые были смонтированы или о которых было объявлено в самое последнее время, характеризовались инвестиционными затратами, которые, как сообщается, находятся в диапазоне от приблизительно 3 200 долл. США<sub>2005</sub>/кВт до 5 000 долл.

США<sub>2005</sub>/кВт. Хотя в динамике по времени увеличивается глубина участков, на которых монтируются морские установки, большая часть эксплуатируемых установок была возведена на относительно мелководье. Технические данные ветряных энергоустановок в значительной мере зависят от конкретного места и, в первую очередь, определяются параметрами локального ветрового режима, а также зависят от оптимизации конструкций ветряных турбин, их эксплуатационных характеристик и доступности и от эффективности процедур ЭТО. Эксплуатационные параметры меняются поэтому в зависимости от конкретного места, однако со временем они, как правило, также улучшаются. Морские ветроэнергетические установки часто эксплуатируются при наличии лучших ветровых ресурсах. [7.8.1–7.8.3]

Пользуясь стандартизированной методологией, изложенной в приложении II, а также данными о стоимости и технических характеристиках, резюме которых содержится в приложении III, была рассчитана НСЭ для наземных и морских ветряных энергоустановок по большому числу и диапазону исходных параметров, которая находится в пределах 3,5-17 центов США<sub>2005</sub>/кВтч и 7,5-23 цента США<sub>2005</sub>/кВтч соответственно. [1.3.2, 10.5.1, приложение II, приложение III]

На рисунке TP.7.5 показана НСЭ наземной и морской ветровой энергии, рассчитанная по несколько иному набору и диапазону параметров, а также показано, что НСЭ существенно меняется в зависимости от предполагаемых капитальных затрат, производства энергии и дисконтных ставок. Для наземной ветровой энергии приводятся оценки для установок, построенных в 2009 году; для морской ветровой энергии приводятся оценки для установок, сооруженных в 2008-2009 годах, а также для тех установок, завершение которых запланировано в начале 2010-х годов. НСЭ наземной ветровой энергии при хороших-отличных режимах ветровых ресурсов оценивается в среднем приблизительно 5-10 центов США<sub>2005</sub>/кВтч и может достигать более 15 центов США<sub>2005</sub>/кВтч в районах с

13 В этом разделе не рассматривается вопрос экономической конкурентоспособности энергии ветра по сравнению с другими источниками энергии, которая обязательно должна также учитывать другие факторы, такие как субсидии и экологические воздействия.



**Рисунок TP.7.5** | Оценочная нормативная стоимость наземной и морской энергии ветра, 2009 год: а) как функция коэффициента мощности и капитальных затрат\* и б) как функция коэффициента мощности и дисконтной ставки\*\*. [рисунок 7.23]]

Примечания: \* Предполагаемая дисконтная ставка 7%. \*\* Предполагаемые капитальные затраты в 1750 долл. США<sub>2005</sub>/кВт на наземные установки и 3 900 долл. США<sub>2005</sub>/кВт на морские установки.

меньшими ресурсами. Хотя оценки стоимости морской ветроэнергии являются более неопределенными, типичная НСЭ оценивается в диапазоне от 10-20 центов США<sub>2005</sub>/кВтч для недавно построенных или запланированных установок, находящихся в относительном мелководье. В том случае если пригодные для эксплуатации наземные ветровые ресурсы являются ограниченными, морские установки могут иногда конкурировать с наземными установками. [7.8.3, приложение II, приложение III]

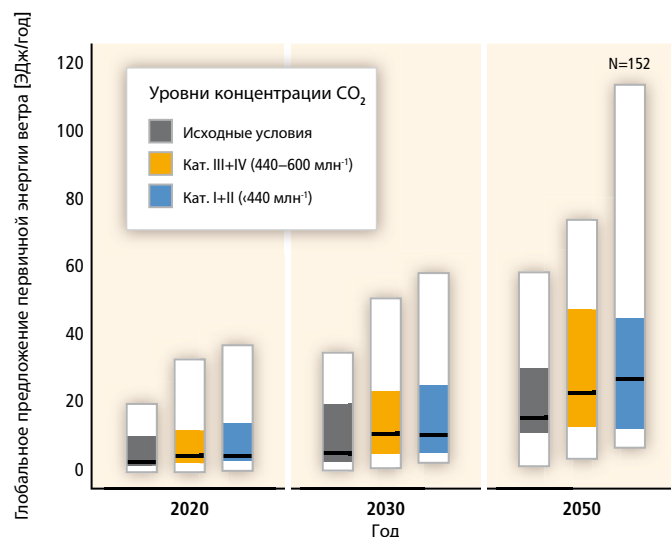
В ряде исследований разработаны прогнозируемая динамика затрат для наземной и морской энергии ветра, основанные на разных комбинациях оценок кривых обучения, инженерных моделей и/или экспертных заключений. В этих исследованиях фигурируют разные исходные годы прогнозов, методологические подходы и предполагаемые уровни использования энергии ветра. Тем не менее обзор этой литературы поддерживает идею о том, что постоянное проведение НИОКР, испытаний и приобретение опыта могли бы привести к снижению нормированной стоимости морской энергии ветра на 10-30% к 2020 году. Ожидается, что к 2020 году стоимость морской энергии ветра уменьшится еще больше, а именно на 10-40%, хотя в некоторых исследованиях были определены сценарии, согласно которым рыночные факторы приводят к увеличению стоимости в ближайшей или среднесрочной перспективе. [7.8.4]

## 7.9 Потенциальное использование

Благодаря коммерческой зрелости и стоимости технологии использования наземной энергии ветра более масштабное применение ветроэнергетики создает потенциал для существенных сокращений выбросов ПГ в краткосрочной перспективе: этот потенциал не обуславливается технологическими прорывами и не существует никаких непреодолимых технических барьеров, которые исключают увеличение доли ветроэнергетики, вносимой в системы электроснабжения. В результате этого в ближайшей или среднесрочной перспективе, согласно многим исследованиям, ожидается продолжение быстрого роста мощности электроэнергетики в период 2000-2009 годов. [7.9, 7.9.1]

Кроме того, в ряде исследований была дана оценка долгосрочного потенциала ветроэнергетики, причем часто в контексте сценариев стабилизации концентрации ПГ [10.2, 10.3]. Исходя из анализа этих исследований (включая 164 различных долгосрочных сценария), и согласно резюме, изложенному на рисунке TP.7.6, ветроэнергетика может играть важную долгосрочную роль в сокращении глобальных выбросов ПГ. Согласно сценариям с диапазонами стабилизации концентрации ПГ в 440-600 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> и <440 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> средний вклад ветроэнергетики к 2050 году составляет 23-27 ЭДж/год (6 500-7 600 ТВтч/год), возрастая до 45-47 ЭДж/год при 75-м процентиле сценариев (12 400-12 900 ТВтч/год), и до более 100 ЭДж/год согласно исследованию с наивысшим показателем (31 500 ТВтч). Для достижения этого вклада потребуется, чтобы ветроэнергетика обеспечивала порядка 13-14% глобального электроснабжения к 2050 году, согласно результату среднего сценария, возрастая до 21-25% при 75-м процентиле проанализированных сценариев. [7.9.2]

Для достижения верхнего предела этого диапазона использования ветроэнергетики во всем мире потребуются, вероятно, не только экономические меры поддержки адекватных масштабов и предсказуемости, но также и расширение региональных масштабов использования ветроэнергетики, уделение большего внимания морской энергетике в некоторых районах, технические и институциональные решения проблем, связанных с ограниченными возможностями и функциональной интеграцией, а также активные усилия по смягчению или решению социальных и природоохранных проблем. Ожидается, что в результате проведения дополнительных НИОКР еще больше снизятся затраты на наземную ветроэнергетику и большее финансирование НИОКР может



**Рисунок TP.7.6** | Глобальное предложение первичной энергии ветра согласно долгосрочным сценариям (медиана, диапазон между 25-м и 75-м перцентилями, и полный диапазон сценарных результатов; цветовая окраска соответствует категориям уровня концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере в 2100 году; конкретное число сценариев, лежащих в основе данной цифры, указано в правом верхнем углу). [рисунок 7.24]

иметь особенно важное значение для технологии морской ветроэнергетики. И наконец, что касается рынков с хорошим потенциалом ветровых ресурсов, но новых с точки зрения использования ветроэнергетики, то передача как опыта и знаний, так и технологий может способствовать вводу в действие ветряных энергоустановок в ближайшее время. [7.9.2]

## 8. Интеграция возобновляемой энергии в существующие и будущие энергетические системы

### 8.1 Введение

Во многих странах развитие систем энергоснабжения в течение десятилетий дало возможность обеспечивать действенное и экономически эффективное распределение электроэнергии, газа и тепла, а также транспортировку энергоносителей для предоставления полезных энергоуслуг конечным потребителям. Переход к низкоуглеродному будущему, в котором будет вырабатываться большая доля возобновляемой энергии, вероятно, потребует значительных инвестиций в новые технологии ВИЭ и инфраструктуры, включая более эффективные электроэнергетические сети, расширенные схемы централизованного теплоснабжения и охлаждения, системы распределения для газовых и жидких видов топлива, полученных на основе ВИЭ, системы хранения энергии, новые методы передачи и технически прогрессивного распределения энергии, а также системы регулирования в зданиях. Усиленная интеграция может привести к тому, что полный набор энергоуслуг для больших и малых населенных пунктов как в развитых, так и в развивающихся странах будет основан на ВИЭ. Независимо от режима функционирования систем энергоснабжения в настоящее время в сообществах как с высоким, так и с низким потреблением энергии, в перспективе при использовании взвешенной системы планирования и интеграции, технические ограничения, если таковые имеются, для увеличения доли ВИЭ в национальном, региональном и местном масштабах, а также для обеспечения индивидуальных зданий, будут довольно незначительными, даже если возникнут другие барьеры. [8.1, 8.2]

Системы энергоснабжения постоянно развиваются с целью увеличения эффективности технологий преобразования, сокращения потерь и

уменьшения стоимости предоставления энергоуслуг конечным потребителям. Увеличение доли предоставленного тепла, холода, транспортных видов топлива и электроэнергии, полученных на основе ВИЭ, может со временем потребовать модификации существующих политических инструментов, рыночных механизмов и существующих систем энергоснабжения с тем, чтобы они могли соответствовать высокой степени внедрения, необходимой для увеличения энергоснабжения за счет ВИЭ. [8.1]

Все страны имеют доступ к каким-либо ресурсам возобновляемой энергии, которые во многих частях мира довольно значительны. Характеристики большей части этих ресурсов отличают их от ископаемого топлива и ядерных систем. Некоторые ресурсы, такие, как солнечная энергия и энергия океана, широко распространены, в то время, как другие, такие как широкомасштабная гидроэлектроэнергетика, ограничены географическим расположением, в результате чего возможности для интеграции более централизованы. Некоторые ресурсы ВИЭ нестабильны и имеют ограниченную предсказуемость. Другие имеют низкую энергоёмкость и их технические характеристики отличаются от характеристик твердых, жидких и газообразных ископаемых видов топлива. Такие характеристики ресурсов возобновляемой энергии могут ограничивать легкую интеграцию и потребовать дополнительных системных издержек, в частности, в процессе увеличения доли возобновляемой энергии. [8.1, 8.2]

На основании структурного изложения главы 8 можно сделать вывод о том, что ресурсы возобновляемой энергии могут интегрироваться в сети энергоснабжения, по которым энергия поступает к потребителям посредством энергоносителей с различными долями включенной возобновляемой энергии, или непосредственно интегрироваться в такие сектора конечных потребителей, как транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, промышленность и сельское хозяйство. (рисунок TP.8.1). [8.2, 8.3]

Общие и специальные условия для усиления интеграции ВИЭ в системы энергоснабжения довольно хорошо изучены. Однако, поскольку вопросы интеграции обычно зависят от места, анализы типичных дополнительных затрат для вариантов интеграции ВИЭ ограничены и требуют проведения исследований в будущем с тем, чтобы их результаты были включены в сценарное моделирование. Например, неясно, как возможные тенденции в отношении увеличения децентрализации систем энергоснабжения могут повлиять на будущие затраты на разработку централизованных систем теплоснабжения и энергоснабжения и возможные решения об отказе от сооружения новой инфраструктуры. [8.2]

Централизованные энергетические системы, в которых используются, в основном, ископаемые виды топлива, развивались с тем, чтобы появилась возможность предоставления достаточно экономически эффективных энергоуслуг конечным потребителям с использованием ряда энергоносителей, включая твердые, жидкие и газообразные виды топлива, электроэнергию и тепло. Увеличение распространения технологий ВИЭ требует их интеграции в эти существующие системы после преодоления соответствующих технических, экономических, экологических и социальных барьеров. Создание децентрализованных энергетических систем может открыть новые возможности для внедрения. [8.1, 8.2]

В некоторых регионах электроэнергетические системы с использованием ВИЭ могут стать доминирующим видом энергоснабжения в будущем, особенно, если спрос на теплоснабжение и транспорт также будет обеспечен за счет электроэнергии, чего можно добиться при помощи параллельных разработок электромобилей, увеличения теплоснабжения и охлаждения с использованием электроэнергии (включая тепловые насосы), предоставления гибких услуг для удовлетворения спроса (включая использование интеллектуальных счетчиков) и других инновационных технологий. [8.1, 8.2.1.2, 8.2.2, 8.3.1-8.3.3]



**Рисунок TP.8.1** | Пути интеграции ВИЭ в процессы предоставления энергоуслуг либо посредством систем энергоснабжения, либо на месте для использования в секторах конечных потребителей. [рисунок 8.1]

Различные энергетические системы значительно отличаются в разных странах и регионах во всем мире, и каждая является сложной. Вследствие этого для содействия интеграции ВИЭ требуется использование различных подходов как централизованных, так и децентрализованных. Перед осуществлением любых значительных изменений систем энергоснабжения, подразумевающих увеличение интеграции ВИЭ, следует предпринять детальную оценку наличия ресурсов ВИЭ; устойчивости существующих технологий; институциональных, экономических и социальных ограничений; потенциальных рисков; и потребностей в соответствующем наращивании потенциала и приобретении навыков. [8.1, 8.2]

Большинство сценариев, в соответствии с которыми предполагается стабилизация концентрации ПГ на уровне около 450 млн<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>экв, показывают, что доля ВИЭ в низкоуглеродной первичной энергии будет превышать 50% к 2050 г. Этот переход может быть проиллюстрирован при помощи многих сценариев. Отдельный пример увеличения рыночной доли, представленный на рисунке TP.8.2, основан на «Политическом сценарии 450» Перспективной оценки всемирной энергии МЭА 2010 г. Достижение такого увеличения доли производства первичной и потребительской энергии за счет ВИЭ к 2035 г. потребует ежегодного постепенного среднего увеличения доли первичной ВИЭ почти в три раза по сравнению с сегодняшним уровнем (примерно до 4,0 ЭДж/год). [8.1, 10.2, 10.2.2.4]

Для того чтобы достичь подобного расширения внедрения ВИЭ в каждом из секторов – транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, промышленность и сельское хозяйство, необходимо учитывать системообразующие элементы и социальные вопросы. Возможности для расширения применения каждой их технологий ВИЭ при помощи интеграции зависят от конкретных секторов, технологий и регионов. Более плавная интеграция с системами энергоснабжения и предоставление многофакторных выгод конечным потребителям энергии должны стать конечными целями. [8.2, 8.3]

Несколько разработанных технологий ВИЭ уже успешно интегрированы в широкий ряд систем энергоснабжения, в большинстве случаев в относительно малом процентном соотношении, но в некоторых случаях (включая мелкомасштабную и крупномасштабную гидроэлектроэнергию, ветровую энергию, геотермальное тепло и энергию, биотопливо первого поколения, а также системы нагрева воды за счет солнечной энергии) их доля превышает 30%. Этому успеху, главным образом, способствовали улучшение конкурентоспособности этих технологий, которая основана на более низких издержках производства, а также увеличение политической поддержки и рост поддержки общественности, основанный на угрозах безопасности энергоснабжения и угрозах, связанных с изменением климата. Исключительными примерами являются крупномасштабное предоставление гидроэлектроэнергии в Норвегии и гидроэлектроэнергии и геотермальной энергии в Исландии, при которых почти 100% электроэнергии обеспечивается за счет ВИЭ, а также примеры подобного рода на некоторых небольших островах и в малых городах. [8.2.1.3, 8.2.5.5, 11.2, 11.5]

Другие менее разработанные технологии в перспективе требуют постоянного инвестирования в исследования, разработку и демонстрацию (ИРД), инфраструктуру, наращивание потенциала и другие меры поддержки. Такие технологии включают технологии, связанные с прогрессивным биотопливом, топливными элементами, солнечным топливом, системы распределенного регулирования генерации энергии, электромобили, системы охлаждения на основе поглощения солнечного излучения и усиление геотермальных систем. [11.5, 11.6]

Текущий статус использования ВИЭ различен для различных секторов конечных потребителей. Существует также множество региональных вариаций в отношении будущих сценариев усиления дальнейшей интеграции посредством преодоления барьеров. Например, в жилищно-коммунальном секторе интеграция технологий

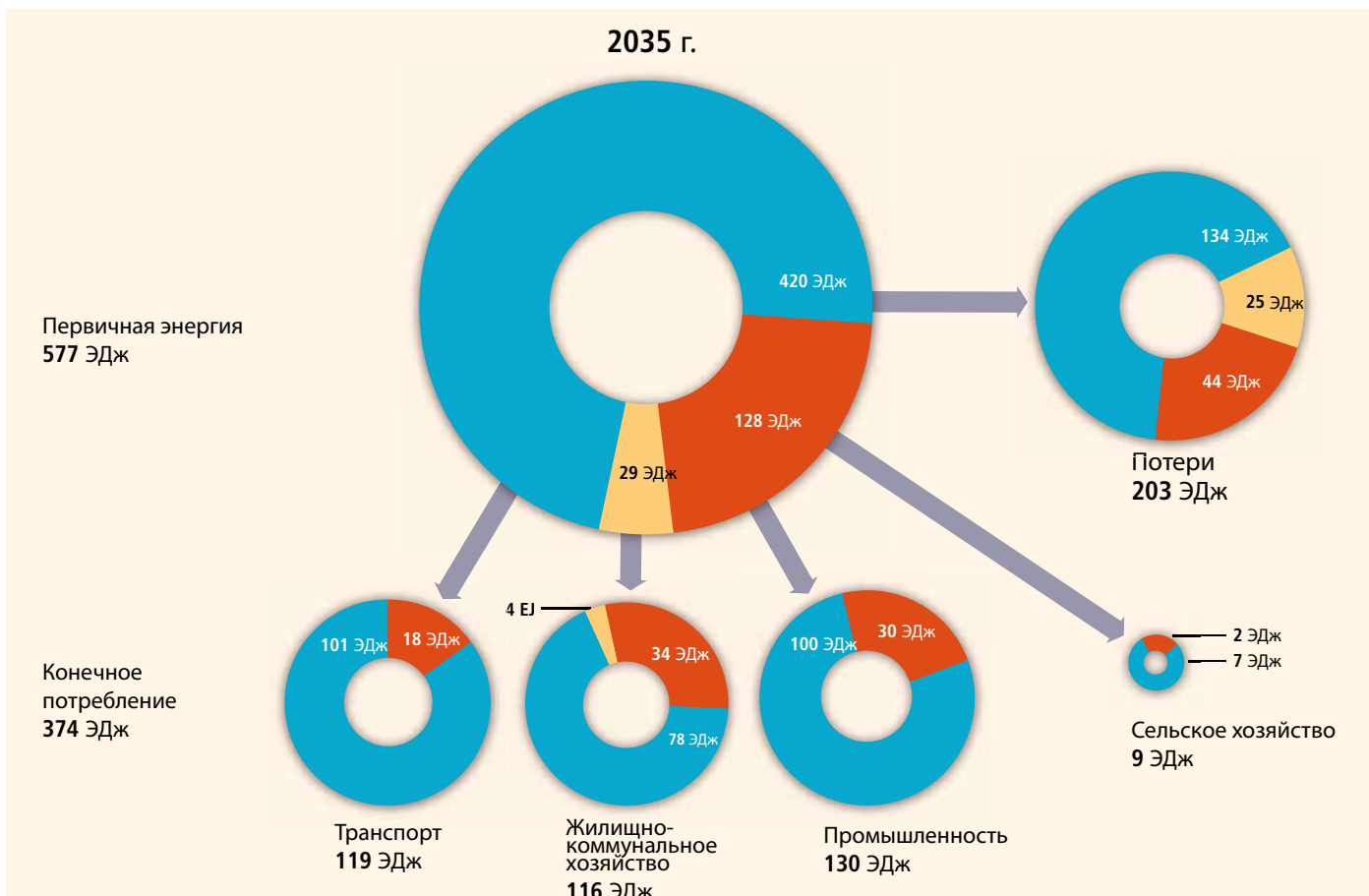
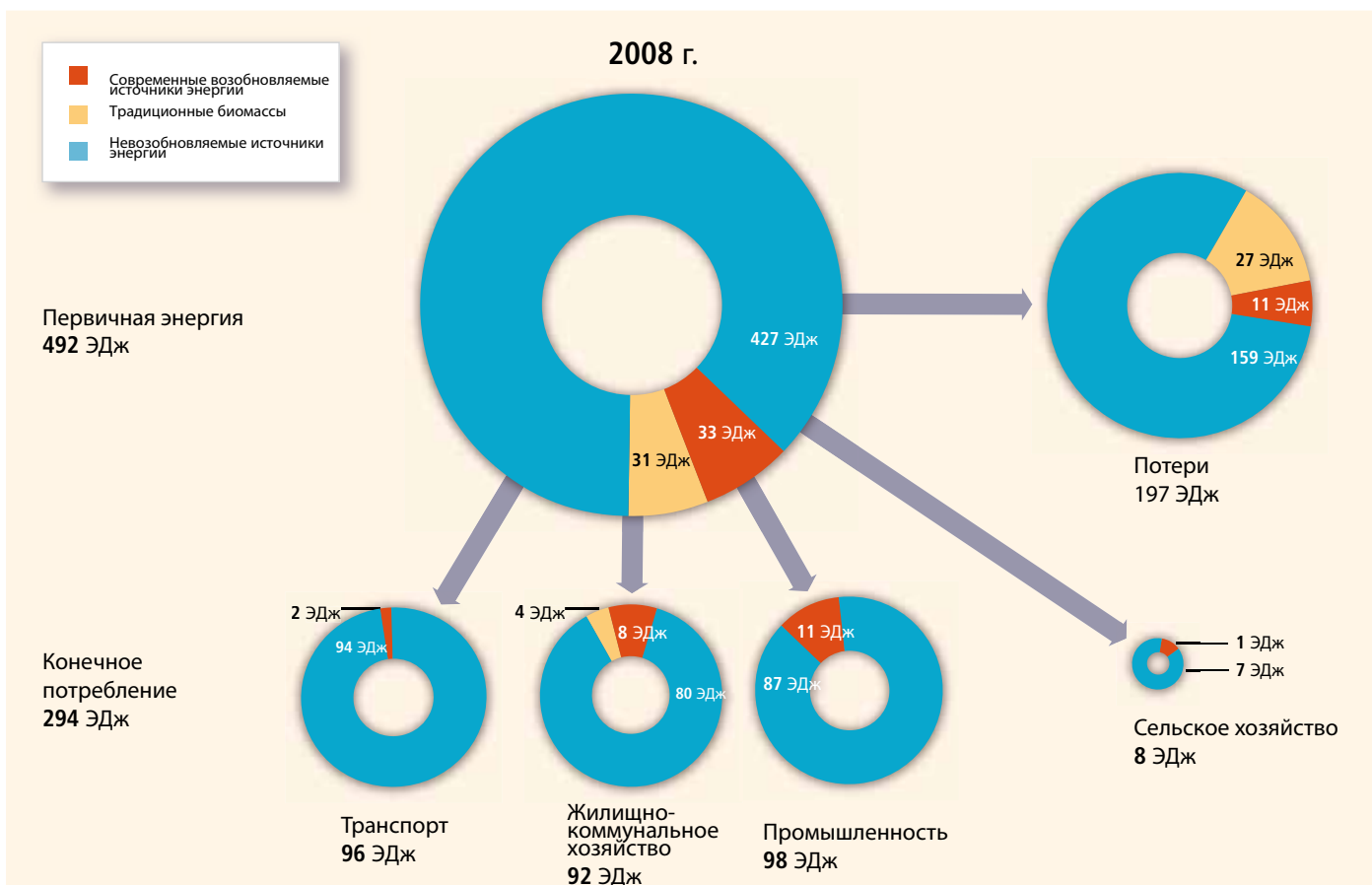
ВИЭ значительно различается между сценариями для коммерческих высотных домов и апартаментов в мегаполисах и сценариями для маленьких и средних деревенских жилищ в развивающихся странах, которые в настоящее время имеют ограниченный доступ к энергоуслугам. [8.3.2]

Большинство систем энергоснабжения могут быть приспособлены к выработке большего процента энергии за счет ВИЭ, чем в настоящее время, в частности, если процент ВИЭ относительно низкий (обычно допускается, что доля электроэнергии, тепла, смеси газа, подаваемого по трубопроводу, или смеси видов биотоплива, которые производятся за счет ВИЭ, составляет не более 20%). В целях увеличения доли возобновляемой энергии в будущем большинство систем энергоснабжения потребуют развития и адаптации. Во всех случаях максимальный практически достижимый процент будет зависеть от вида используемых технологий, наличия ресурсов для производства ВИЭ, а также типа и возраста существующих энергетических систем. Местные, национальные и региональные инициативы могут содействовать дальнейшей интеграции и увеличению степени распространения. Общая цель главы 8 состоит в обобщении существующего знания о возможностях и проблемах, относящихся к интеграции ВИЭ для государств, имеющих намерения разработать единую структуру в рамках подготовки к увеличению доли возобновляемой энергии в будущем. Существующие системы энергоснабжения, сети распределения природного газа, схемы теплоснабжения/охлаждения, сети распределения транспортного топлива и транспортные средства на бензине могут быть полностью адаптированы для увеличения процента использования ВИЭ, по сравнению с использованием в настоящее время. Стадии развития технологий ВИЭ варьируются от ранней стадии демонстрации концепции до полного завершения. Новые технологии имеют возможности для увеличения доли ВИЭ, а их интеграция будет зависеть от их возможностей для увеличения экономической эффективности, принятия обществом, надежности и размера политической поддержки на национальном и местном уровнях, предоставляемой в целях увеличения доли рынка. [8.1.2, 11.5]

Использование целостного подхода для всей энергетической системы может стать необходимым условием для обеспечения эффективной и гибкой интеграции ВИЭ, что может включать взаимную поддержку между различными энергетическими секторами, стратегию интеллектуального прогнозирования и контроля, а также единое долгосрочное планирование. Вместе это позволит обеспечить более тесно связанное между собой предоставление электроэнергии, тепла, холода и мобильности. Оптимальное комбинирование технологий и социальных механизмов для осуществления интеграции ВИЭ с целью увеличения их процентного соотношения, меняется в зависимости от ограничений, связанных с конкретными местными условиями, характеристиками доступных ресурсов ВИЭ и местным спросом на энергию. Точный порядок адаптации и разработки существующих систем предложения и спроса в секторе энергетики для увеличения доли ВИЭ, а также размер дополнительных затрат на интеграцию зависят от конкретных обстоятельств, для определения чего требуются дальнейшие исследования. В частности, в связи с наличием широкого ряда существующих систем выработки энергии и масштабов, которые изменяются между странами и регионами, исследования требуются для электроэнергетического сектора. [8.2.1, 8.2.2, 8.3]

## 8.2 Интеграция возобновляемой энергии в электроэнергетические системы

Электроэнергетические системы развивались с конца 19-го столетия. Сегодня масштабы и технологическая сложность электроэнергетических систем различны и варьируются от синхронизированной сети Истерн Интерконнекшн в Северной Америке до маленьких индивидуальных автономных систем, работающих на дизельном топливе, а некоторые системы, такие как, например, системы в



**Рисунок TP.8.2** | (На предыдущей странице) Доли возобновляемой энергии (красным) в первичном и конечном потреблении энергии в транспортном, жилищно-коммунальном (включая традиционные биомассы), промышленном и сельскохозяйственном секторах в 2008 г. и прогнозируемое увеличение доли возобновляемой энергии, необходимое для соответствия целям стабилизации концентрации на уровне  $450 \text{ млн}^{-1} \text{ CO}_{2\text{экв}}$  к 2035 г. [рисунок 8.2]

Примечания: Площадь диаграмм приблизительно соответствует масштабу. Потери в энергетической системе происходят в процессе конверсии, очистки и распределения первичных источников энергии для производства энергоуслуг для конечного потребления. «Невозобновляемые источники» энергии (синим) включают уголь, нефть, природный газ (с использованием и без использования УХУ к 2035 г.) и ядерную энергию. Этот пример сценария основан на данных, взятых из Перспективной оценки всемирной энергии МЭА 2010 г. и прямо переведенных в эквиваленты [приложение II.4]. В прогнозы на 2035 г. включено повышение энергетической эффективности по отношению к базовому уровню. ВИЭ в жилищно-коммунальном секторе включают традиционное твердое топливо, получаемое из биомассы (желтым), которое используется для приготовления пищи и теплоснабжения для 2,7 млн человек в развивающихся странах [2.2] наряду с применением угля в некоторых случаях. К 2035 г. традиционная биомасса будет частично заменена на современные системы преобразования биоэнергии. За исключением традиционной биомассы, общая эффективность систем с использованием возобновляемой энергии (при преобразовании энергии из первичной в потребительскую) остается на уровне 66%

Китае, испытывают быстрое расширение и трансформацию. Однако, принимая во внимание эти различия, электроэнергетические системы эксплуатируются и планируются с общей целью, заключающейся в предоставлении надежного и экономически эффективного снабжения электроэнергией. В будущем ожидается продолжение увеличения значимости электроэнергетических систем, поскольку они предоставляют современную энергию, позволяют переносить энергию на большие расстояния и предоставляют потенциальные возможности для снабжения низкоуглеродной энергией. [8.2.1]

Электроэнергетические системы имеют несколько важных характеристик, которые влияют на вопросы, связанные с интеграцией ВИЭ. Большинство электроэнергетических систем работают на переменном токе (ПТ), в то время как на основной массе производства осуществляется синхронизация на частоте около 50 или 60 Гц в зависимости от региона. Спрос на электроэнергию изменяется в течение дня, недели и сезона в зависимости от нужд потребителей электроэнергии. Комплексное разнообразие спроса приведено к различным графикам и диспетчерским инструкциям для выработки для непрерывного поддержания баланса между предложением и спросом. Генераторы и другие ресурсы энергетических систем используются для обеспечения контроля активной энергии для поддержания частоты системы, а также контроля реактивной энергии для поддержания напряжения в рамках определенных пределов. Изменение предложения и спроса от минуты к минуте управляется при помощи автоматического контроля выработки посредством обслуживания, которое называется регулированием или отслеживанием нагрузки, в то время как управление изменениями в долгосрочных временных масштабах от часов до дней осуществляется при помощи диспетчирования и распределения выработки (включая включение и выключение выработки, которое также известно как планирование запуска и остановки агрегатов). Эта непрерывная балансировка требует безотносительно используемого механизма ее достижения. Некоторые регионы выбирают организованные рынки электроэнергии в целях определения требуемых объемов выработки и/или диспетчирования этих объемов. Даже в автономных системах следует использовать методы поддержания баланса между выработкой и спросом (при помощи контролируемых генераторов, контролируемой нагрузки или накопительных ресурсов, таких как батареи). [8.2.1.1]

Помимо поддержания баланса между предложением и спросом, в рамках электроэнергетических систем между моментом выработки и обеспечением спроса электроэнергия должна передаваться при помощи систем передачи и распределения с ограниченным потенциалом. Обеспечение адекватной выработки и мощности сети требует планирования на много лет вперед. Планирование электроэнергетических систем должно основываться на понимании того, что индивидуальные компоненты системы, включая компоненты выработки и сеть, будут периодически выходить из строя (непредвиденный случай). Требуемая степень надежности, однако, должна быть обеспечена путем накопления адекватных ресурсов. Один из важных параметров, используемых для определения увеличения выработки — на основе ископаемого топлива или возобновляемых источников энергии — для обеспечения спроса с требуемым уровнем надежности называется фактической мощностью. [8.2.1.1]

Для интеграции ВИЭ в энергетические системы с учетом конструктивных особенностей электроэнергетических систем важны некоторые характеристики ВИЭ. В частности, изменчивость и непредсказуемость (или неопределенность) ВИЭ учитываются при планировании и диспетчировании электроэнергетических систем, месторасположение ресурсов возобновляемой энергии является соответствующим индикатором для оценки потребности в электроэнергетических сетях, а коэффициент потенциала, фактическая мощность и характеристики электроэнергетической станции являются индикаторами, которые можно использовать для сравнения, например, с выработкой тепловой энергии. [8.2.1.2]

Некоторые ресурсы для выработки электроэнергии за счет ВИЭ (особенно энергия океана, солнечная энергия на основе ФЭ, энергия ветра) нестабильны и только частично диспетчируемы: выработка на основе этих ресурсов может быть при необходимости уменьшена, но увеличение выработки энергии зависит от наличия ресурса возобновляемой энергии (например, приливы, солнце или ветер). Фактическая мощность может быть низкой, если выработка энергии не достаточно хорошо коррелируется со временем пикового спроса. Кроме того, изменчивость и частично непредсказуемость некоторых источников ВЭ увеличивают нагрузку на выработку энергии, которая обеспечивает возможность диспетчерского управления, или на другие ресурсы, необходимые для обеспечения баланса между предложением и спросом с учетом нестабильности ВИЭ. Во многих случаях изменчивость и, частично непредсказуемость, в некоторой степени смягчается географическим разнообразием — изменения и ошибки прогнозирования не всегда происходят в одно и то же время и в одном и том же месте. Общая проблема для большинства ВИЭ, однако, заключается в том, что возобновляемые ресурсы привязаны к месту и поэтому концентрированная электроэнергия, выработанная на основе возобновляемой энергии в одном месте, может потребовать передачи на значительные расстояния и, как следствие, расширения сетей. Диспетчируемые возобновляемые источники (включая гидроэлектроэнергию, биоэнергию, геотермальную энергию и КСЭ с термическим хранением) могут во многих случаях представить собой дополнительные гибкие возможности с тем, чтобы системы имели возможность интегрировать другие возобновляемые источники и благодаря этому увеличивать фактическую мощность. [8.2.1.2]

Краткое резюме конкретных характеристик для выбора технологий приведено в таблице TP.8.1. [8.2.1.3]

Уже накоплен значительный опыт в отношении эксплуатации электроэнергетических систем с использованием большой доли возобновляемых источников, в частности, это относится к гидроэлектроэнергии и геотермальной энергии. Хранение гидроэлектроэнергии и прочные взаимосвязи помогают в процессе управления колебаниями речных потоков. Баланс затрат на нестабильную генерацию осуществляется при несоответствии предписанной выработки (в соответствии с прогнозами) и реального производства. Нестабильность и неопределенность увеличивают потребность в балансировке. В большинстве случаев, ожидается, что балансировка усложнится с увеличением доли рынка частично диспетчируемых ВИЭ. Исследования ясно показывают, что сочетание различных нестабильных возобновляемых ресурсов и ресурсов



Таблица ТР.8.1 | Резюме параметров интеграции для выбора технологий ВИЭ. [Таблица 8.1]

Технология	Диапазон размера станций (МВт)	Изменчивость: Характерные временные масштабы для функционирования энергетической системы Временной масштаб	Возможность диспетчирования См. пояснения	Потенциал географического многообразия См. пояснения	Прогнозируемость См. пояснения	Диапазон коэффициента потенциала %	Диапазон фактической мощности %	Активная энергия и контроль частоты См. пояснения	Контроль напряжения и реактивной энергии См. пояснения
Биоэнергия	0,1–100	Сезоны (зависит от наличия биомассы)	+++	+	++	50–90	Подробнее термальной и КТЭ	++	++
Солнечная энергия	0,004–100 модульная	Минуты-годы	+	++	+	12–27	<25–75	+	+
	КСЭ с термическим хранением <sup>1</sup>	Часы-годы	++	+ <sup>2</sup>	++	35–42	90	++	++
Геотермальная энергия	2–100	Годы	+++	Нет информации	++	60–90	Подробнее термальной	++	++
	0,1–1 500	Часы-годы	++	+	++	20–95	0–90	++	++
Гидроэлектророзергия	1–20 000	Дни-годы	+++	+	++	30–60	Подробнее термальной	++	++
	0,1–300	Часы-дни	+	+	++	22,5–28,5	<10%	++	++
Энергия океана	1–200	Часы-дни	+	+	++	19–60	10–20	+	++
	1–200	Минуты-годы	+	++	+	22–31	16	+	+
Энергия ветра	5–300	Минуты-годы	+	++	+	20–40 наземной, 30–45 морской	5–40	+	++

Примечания: 1. В качестве примера взята система КСЭ с емкостью термического хранения шесть часов, расположенная на юго-западе США. 2. В районах с прямым нормальным излучением (ПНИ) >2 000 кВтч/м<sup>2</sup>/год (7 200 МДж/м<sup>2</sup>/год).

Размер станции: диапазон в соответствии с типичной классификацией мощности станций.

Характерные временные масштабы: временные масштабы, в рамках которых имеет место изменчивость, значительная для интеграции энергетической системы.

Возможность диспетчирования: степень диспетчируемости станции: + мало диспетчируемая, ++ частично диспетчируемая, +++ диспетчируемая.

Потенциал географического разнообразия: степень, до которой размещение технологии может смягчить неустойчивость и улучшить непредсказуемость без значительной потребности в дополнительных сетях: + умеренный потенциал, ++ высокий потенциал разнообразия.

Прогнозируемость: Точность, с которой выходная мощность станции может быть спрогнозирована в соответствующих временных масштабах для содействия функционированию энергетической системы: + средняя точность прогнозирования (обычно <10% отклонение среднеквадратичного значения (СКЗ) от проектной мощности на день вперед), ++ высокая точность прогнозирования.

Активная энергия и контроль частоты: технологическое возможности, позволяющие станции участвовать в контроле активной энергии и поддержании частоты при нормальных ситуациях (состояние покоя, динамика) и в ситуациях, связанных с сетевыми ошибками (например, поддержание активной энергии в случаях ошибок сквозного управления): + хорошие возможности, ++возможности полного контроля.

Контроль напряжения и реактивной энергии: технологическое возможности, позволяющие станции участвовать в контроле напряжения и реактивной энергии при нормальных ситуациях (состояние покоя, динамика) и в ситуациях, связанных с сетевыми ошибками (например, поддержание активной энергии в случаях ошибок сквозного управления): + хорошие возможности, ++возможности полного контроля.

более крупных географических районов окажет благоприятное воздействие на сглаживание неустойчивости и уменьшение общей определенности в отношении систем энергоснабжения. [8.2.1.3]

Ключевым вопросом является важность сетевой инфраструктуры, как в отношении доставки энергии от станций выработки до потребителя, так и для обеспечения баланса более крупных регионов. Укрепление связей в рамках электроэнергетических систем и установление дополнительных взаимосвязей с другими системами может непосредственно смягчить воздействие нестабильных и неопределенных источников ВИЭ. Для большинства источников ВИЭ требуется расширение сети, хотя степень расширения зависит от ресурсов и их месторасположения по отношению к существующей сетевой инфраструктуре. Среди прочих проблем возникнет проблема расширения инфраструктуры в контексте протеста общественности против затрат на сетевую инфраструктуру. В общем, основные изменения потребуются произвести в структурах электростанций сочетания генерации, инфраструктурах и оперативных процедурах электроэнергетических систем для осуществления перехода к увеличению выработки энергии за счет возобновляемых источников, поддерживая уровень затрат и экологическую эффективность. Эти изменения потребуют значительных инвестиций, сделанных с большой заблаговременностью в целях обеспечения надежного и безопасного снабжения электроэнергией. [8.2.1.3]

В дополнение к совершенствованию сетевой инфраструктуры посредством накопления оперативного опыта или проведения исследований было определено несколько других важных сценариев интеграции:

**Увеличение гибкости выработки:** Увеличение внедрения неустойчивых возобновляемых источников влияет на увеличение потребности в управлении неустойчивостью и неопределенностью. Для структур сочетания генерации требуется увеличение гибкости выработки. Большая часть имеющейся гибкости энергетических систем, необходимой для того, чтобы справиться с нестабильностью и неопределенностью посредством увеличения, уменьшения или периодического изменения выработки, если это необходимо, обеспечивается при помощи генерации. Увеличение гибкости предполагает либо увеличение объема инвестиций в новую гибкую выработку энергии, либо совершенствование существующих электростанций с тем, чтобы они могли функционировать в более гибком режиме. [8.2.1.3]

**Управление спросом:** Несмотря на то, что управление спросом исторически осуществлялось только для сокращения спроса в течение периодов средних нагрузок, либо спроса в течение периодов пиковых нагрузок, управление спросом может потенциально способствовать обеспечению потребностей, связанных с увеличением выработки неустойчивой возобновляемой энергии. Разработка передовых коммуникационных технологий с интеллектуальными счетчиками электроэнергии, связанными с центрами контроля, представляет собой потенциал для доступа к высоким уровням гибкости спроса. Потребителям электроэнергии можно предоставить стимулы для модифицирования и/или сокращения потребления путем ранжирования цен на электроэнергию в разные временные периоды, в частности, повышения стоимости в периоды наибольшего спроса. Такое сокращение спроса в течение периодов наибольшего спроса может смягчить воздействие малой фактической мощности некоторых типов изменчивой выработки. Более того, потенциальное уменьшение спроса в течение любого периода года, может предоставить возможности для сбережения энергии, что избавит от необходимости обеспечивать этот резерв за счет выработки требуемых ресурсов. Спрос, который может быть распланирован для того, чтобы иметь возможность его в любое время его обеспечить или сопоставить с ценами на электроэнергию в режиме реального времени, а также который может быть учтен в процессе балансировки в течение дня, смягчит оперативные проблемы, которые, как ожидается, усложнятся при неустойчивой выработке энергии. [8.2.1.3]

**Хранение электроэнергии:** При помощи хранения электроэнергии в случаях, когда возобновляемая мощность высока, а спрос незначителен и выработки энергии, в случаях, когда возобновляемая мощность мала, а спрос большой, сокращение передаваемой возобновляемой энергии может быть уменьшено, а агрегаты с базисной нагрузкой на систему могут функционировать более эффективно. Хранение может также сократить перегрузки в сети электропередач и сократить потребность в обновлении технологии передачи или отсрочить его. Такие технологии, как батареи или маховики, которые сохраняют меньшие количества энергии (минуты-часы), могут теоретически быть использованы для предоставления энергии во внутрисуточных временных рамках для регулирования баланса между предложением и спросом. [8.2.1.3]

**Усовершенствование оперативных/рыночных методов и методов планирования:** Для оказания содействия в решении проблем в отношении неустойчивости и неопределенности, связанных с выработкой энергии за счет нестабильных источников, прогнозирование мощности может комбинироваться с усовершенствованными оперативными методами для определения как требуемого резерва для поддержания баланса спрос-выработка энергии, так и оптимального планирования выработки энергии. Близкое к реальному времени более частое принятие решений в отношении планирования (например, более короткое время для «закрытия ворот» на энергетических биржах) позволяет использовать более новую и точную информацию при диспетчировании объемов энергии. Баланс по более крупным областям или распределенный баланс между территориями также предпочтителен при больших количествах нестабильной выработки в связи с суммированием выгод от многофакторных, рассредоточенных возобновляемых источников энергии. [8.2.1.3]

Подводя итоги можно сказать, что возобновляемая энергия может быть интегрирована во все типы электроэнергетических систем от крупных взаимосвязанных систем континентального масштаба до небольших автономных систем. Характеристики систем, включая сетевую инфраструктуру, спрос и ее географическое место-расположение, структуру генерирующих мощностей, возможности для контроля и коммуникации в комбинации с месторасположением, географической зоной обслуживания, нестабильностью и предсказуемостью возобновляемых источников определяют масштаб проблем, связанной с интеграцией. При увеличении объема ресурсов возобновляемой энергии требуется, как правило, создание дополнительной электросетевой инфраструктуры (передача и/или распределение). Нестабильные возобновляемые источники энергии, такие как ветер, возможно, будет сложнее интегрировать, чем диспетчируемые источники энергии, такие как биоэнергия, а при увеличении уровней интеграции обеспечение надежности становится более трудноосуществимым и затратным. Эти проблемы и затраты могут быть минимизированы при помощи внедрения портфеля вариантов, включая взаимосвязи электроэнергетических сетей, разработку дополнительной гибкой генерации энергии, балансирование по более крупным территориям, почасовую торговлю, обеспечение соответствия спроса предложению, технологии хранения, улучшенное прогнозирование, а также инструменты для эксплуатации и планирования систем.

## 8.3 Интеграция возобновляемой энергии в сети теплоснабжения и охлаждения

Сети центрального отопления (ЦО) или централизованного охлаждения (ЦОХ) имеют возможность для использования многофакторных источников энергии (рисунок TP.8.3), которые связаны со многими потребителями энергии за счет перекачки энергоносителей (горячая или холодная вода и иногда пар) через изолированные подземные трубопроводы. Централизованное производство тепла может способствовать использованию низкзатратного

и/или низкотемпературного теплоснабжения на основе возобновляемой энергии, полученного за счет геотермальных или гелиотермальных источников, или сжигания биомассы (включая полученные из отходов топлива и побочные отходы, которые часто непригодны для использования в системах индивидуального теплоснабжения). Тепло отработанных газов от выработки КТЭ и промышленных процессов также может быть использовано. Данная гибкость предоставляет возможности для конкурирования между различными источниками тепла, топливом и технологиями. Централизованная выработка тепла может также содействовать применению экономически эффективных мер, которые сокращают местное загрязнение воздуха в отличие от многочисленных небольших индивидуальных котлов. С учетом гибкости в отношении используемых источников тепла или холода системы центрального отопления и охлаждения позволяют использовать несколько типов ВИЭ, поэтому постепенное или быстрое замещение конкурентоспособного ископаемого топлива обычно представляется целесообразным. [8.2.2]

Владельцы зданий и промышленных объектов, подсоединенных к сети, могут получить выгоду в результате использования профессионально управляемой центральной системы, избегав таким образом необходимости эксплуатировать и поддерживать индивидуальное оборудование для отопления/охлаждения. Проникновение центрального отопления на рынки нескольких стран, расположенных на высоких широтах, уже составляет 30 до 50%, а в Исландии этот процент достигает 96% за счет того, что она использует свои геотермальные ресурсы. Объем ежегодного мирового предоставления центрального отопления оценивается в 11 ЭДж, хотя данные в отношении тепла довольно неопределенны. [8.2.2.1]

Посредством схем ЦО электроэнергия может предоставляться при помощи проектирования систем КТЭ, а спрос обеспечиваться таким образом, чтобы содействовать увеличению интеграции ВИЭ, включая интеграцию при помощи использования возобновляемой энергии для тепловых насосов и электроэнергетических котлов. Системы термального хранения могут сократить разрыв между спросом и предложением в отношении предоставления тепла, который образовался в результате использования нестабильных останавливающихся или не синхронизованных систем теплоснабжения. Для краткосрочного хранения (часы-дни) может быть использован термальный потенциал распределительной сети. В системах термального хранения с периодом хранения до нескольких месяцев при температурах до сотен градусов Цельсия используются различные материалы и соответствующие механизмы хранения, которые могут иметь мощность до нескольких ТДж. Комбинированное производство тепла, холода и электроэнергии (тройная выработка), а также дневное и сезонное хранение тепла или холода могут обеспечиваться посредством расширения интеграции возобновляемой энергии и увеличения эффективности всей системы. [8.2.2.2, 8.2.2.3]

Многие коммерческие станции выработки геотермальной энергии, тепла и КТЭ за счет биомасс были успешно интегрированы в системы ЦО без поддержки государства. Несколько крупномасштабных систем выработки солнечной термической энергии с площадью коллекторов около 10,000 м<sup>2</sup> (рисунок TP.8.3) были также построены в Дании, Норвегии и других местах. Наилучшее сочетание горячих и холодных источников, передача тепла и технологий хранения в значительной степени зависят от местных условий, включая потребительский спрос. В результате сочетание генерации тепловой энергии значительно отличается в различных системах. [3.5.3, 8.2.2]



**Рисунок TP.8.3** | Электростанция, работающая на ВИЭ в Лиллестеме, Норвегия, снабжающая университет, научно-исследовательский центр и ряд коммерческих и жилых зданий с использованием системы центрального теплоснабжения и охлаждения, работающей на возобновляемой энергии, и включающей ряд источников тепла, термального хранения и производства водорода, а также системы распределения. (Общая сумма инвестиций, которые подлежат завершению в 2011 г., составила около 25 млн долл. США<sub>2005</sub>) 1) Центральная энергетическая система с аккумулятором емкостью 1 200 м<sup>3</sup>, который представляет собой накопительный бак с горячей водой; (2) система сжигания древесины 20 МВт<sub>t</sub> (с улавливанием горячих отходящих газов); (3) сжигатель биомасла 40 МВт<sub>t</sub>; (4) 4,5 МВт тепловой насос; (5) сжигатель свалочного газа 1,5 МВт<sub>t</sub> и 5 км трубопровод; (6) система солнечных тепловых коллекторов 10 000 м<sup>2</sup>; и (7) производство водорода на основе ВИЭ (с использованием водного электролиза и усиленной сорбции потоков метана за счет реформирования свалочного газа) и система распределительных транспортных средств. [рисунок 8.3]

Разработка или расширение схем ЦО предполагает значительные начальные капитальные затраты на трубопроводные сети. Затраты на распределение сами по себе могут представлять собой примерно половину общих затрат, но являться в значительной степени нестабильными в зависимости от интенсивности спроса на тепло и местных условий для строительства изолированных трубопроводных сетей. Увеличение урбанизации содействует ЦО, поскольку сетевые капитальные затраты для новых участков ниже, а потери при распределении на единицу предоставленного тепла в районах с большей интенсивностью спроса на тепло меньше. Потери при теплораспределении обычно составляют от 5 до 30%, но величина потерь, которая считается проблемой, зависит от источника и стоимости теплоснабжения. [8.2.2.1, 8.2.2.3]

Расширение использования станций глубокой переработки геотермальной энергии и КТЭ, работающих на биомассе, в системах ЦО может способствовать увеличению доли ВИЭ, но для того, чтобы быть экономически целесообразным, обычно требуется, чтобы вся система имела большую тепловую нагрузку. Поэтому некоторые государства поддерживают инвестирование в сети ЦО, а также предоставляют дополнительные стимулы для использования возобновляемой энергии в системе. [8.2.2.4]

Разработка и использование современных зданий имеет тенденцию к сокращению спроса на дополнительное теплоснабжение, в то время как глобальный спрос на охлаждение имеет тенденцию увеличиваться. Спрос на охлаждение в целях комфорта увеличился в некоторых регионах, расположенных в низких широтах, где страны стали богаче и в некоторых регионах, расположенных в высоких широтах, где лето стало теплее. Сокращение нагрузки, связанной с охлаждением, можно обеспечить при помощи использования вариантов, при которых здания проектируются с использованием пассивного охлаждения или активной возобновляемой энергии, включая холодильные установки, работающей за счет поглощения солнечной энергии. В отношении ЦО, степень использования энергоэффективности в целях сокращения спроса на охлаждение, распространение новых технологий и структурирование рынка будет определять различные варианты разработки схем ЦОХ. Современные системы ЦОХ мощностью от 5 до 300 МВт успешно эксплуатируются с использованием природных водоносных горизонтов, водотоков, морей или глубоководных озер как источников холода, классифицируемых в качестве формы возобновляемой энергии на протяжении многих лет. [8.2.2.4]

Схемы ЦО и ЦОХ обычно разрабатывались в ситуациях, при которых имело место четкое энергетическое планирование, такое как централизованно планируемая экономика, университетские студенческие городки в США, страны Западной Европы с множеством энергетических компаний, и городских территорий, контролируемых местными муниципальными властями.

## 8.4 Интеграция возобновляемой энергии в газораспределительные сети

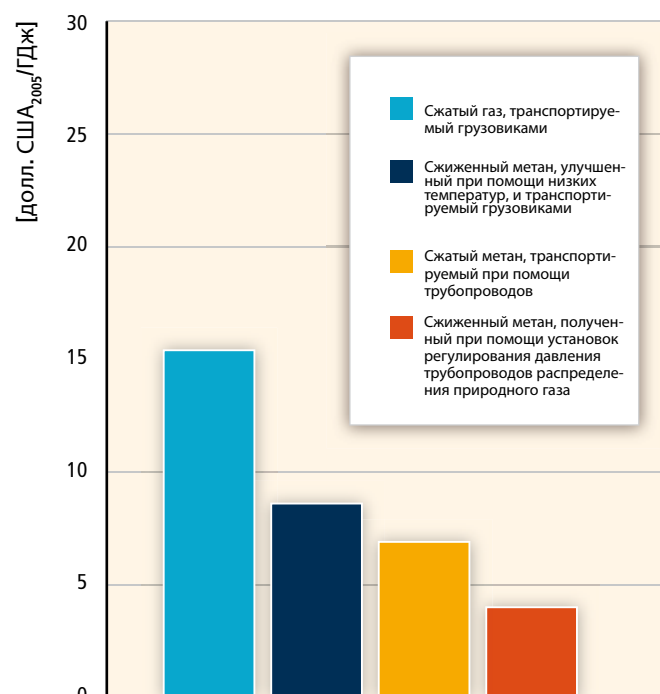
За последние 50 лет крупные сети природного газа были разработаны в нескольких регионах мира. Не так давно наблюдалось повышение интереса к увеличению «экологичности» этих сетей при помощи интеграции газов, полученных на основе ВИЭ. Для газового топлива, полученного с использованием ВИЭ, основным источником служит биомасса, а произведено оно может быть либо при помощи анаэробного сбраживания для выработки биогаза (в основном метан и CO<sub>2</sub>), либо термохимическим способом с целью получения синтез-газа (или генераторного газа, в основном водород или оксид углерода). Биометан, синтез-газ и в долгосрочной перспективе водород, полученные с использованием ВИЭ, могут быть инжектированы в существующие газопроводы для распределения на национальном, региональном или местном уровнях. Различия в существующей

инфраструктуре, качестве газа, и уровнях производства и потребления могут затруднить планирование увеличения доли газов, полученных на основе ВИЭ, путем интеграции в существующие сети. [8.2.3, 8.2.3.1]

Производство биогаза растет быстрыми темпами и несколько крупных газовых компаний в настоящее время планируют повысить уровень его качества до требуемого для инжектирования больших количеств в национальные или региональные распределительные газопроводы. Большая часть биометана, производимого в настоящее время во всем мире, уже распределена в местные системы газопроводов и используется преимущественно для целей теплоснабжения. Стоимость единицы предоставляемой энергии при этом варианте может оказаться ниже (рисунок TP.8.4), чем при перевозках грузовиками (обычно к заправочным станциям для обеспечения транспортных средств, работающих на газу) в зависимости от дистанции и объема, который надо транспортировать в год. [8.2.3.4]

Использование газа может быть высокоэффективным при его сжигании в целях теплоснабжения; при использовании для выработки электроэнергии путем заправки газовых двигателей, газовых котлов или газовых турбин; или при использовании преобразованного с помощью различных процессов газа как в сжатое, так и в сжиженное топливо для средств передвижения. Например, биогаз или свалочный газ могут сжигаться на месте для выработки тепла и/или электроэнергии; биометан может быть очищен и приближен по качеству к природному газу для инжектирования в газораспределительные сети; или, после сжатия или сжижения, распределен в автозаправочные станции для использования в транспортных средствах на газовом топливе или топливе двух видов. [8.2.3.2–8.2.3.4]

Технические проблемы относятся к источникам, составу и качеству газа. Только биогаз и синтез-газ определенного качества могут быть инжектированы в существующие газораспределительные сети, и поэтому очистка является критически важным шагом для удаления воды, CO<sub>2</sub> (что увеличивает ценность



**Рисунок TP.8.4** | Относительные затраты на распределение и перекачку биометана (как сжатого, так и сжиженного) в средних масштабах при помощи грузовиков или газопроводов в Европе. [рисунок 8.9]

теплоснабжения) и дополнительных побочных продуктов из газовых потоков. Стоимость усовершенствования варьируется в соответствии с масштабом структуры и процессом, при котором может теряться от 3 до 6% энергоемкости газа. Системы выработки газа на основе ВИЭ, вероятно, потребуют значительной емкости хранилищ для учета нестабильности и сезонности снабжения. Размер и форма емкости хранилища и требуемое качество газа будут зависеть от источников производства первичной энергии и ее конечного использования. [8.2.3]

Водород может быть произведен на основе возобновляемой энергии разными путями, включая газификацию биомасс, реформацию биометана или электролиз воды. В этой связи потенциальная база ВИЭ для водорода больше, чем для биогаза или синтез-газа. Будущее производство водорода на основе различных ВИЭ, таких как ветер или солнце, путем электролиза будет в значительной степени зависеть от взаимодействия с существующими электроэнергетическими системами и степенью резервной емкости. В ближайшей перспективе сценарий смешивания водорода с природным газом (до 20% по объему) и транспортирование смеси на большие расстояния в существующих газораспределительных сетях может стать реальным. В долгосрочной перспективе конструкция газопроводов для транспортировки чистого водорода возможна при помощи использования специальной стали для того, чтобы избежать охрупчивания. Факторами, ограничивающими скорость распространения водорода, вероятно, будут значительные средства и время для строительства новой водородной инфраструктуры, а также и любые дополнительные затраты на хранение с целью размещения нестабильных источников возобновляемой энергии. [8.2.3.2, 8.2.3.4]

Для того, чтобы смеси, полученные на основе ВИЭ, были инжестрированы в газораспределительную сеть, источник газа должен быть расположен около существующей системы для того, чтобы избежать больших затрат на конструирование дополнительного трубопровода. В случае удаленного месторасположения станции, связанного с размещением ресурсов, возможно, лучшим решением будет использование газа на месте, где это целесообразно, во избежание необходимости передачи и наращивания системы. [8.2.3.5]

## 8.5 Интеграция возобновляемой энергии в жидкие виды топлива

Большая часть прогнозируемого спроса на жидкое топливо относится к транспорту, хотя может возникнуть промышленная потребность в биосмазках и биохимикатах, таких как метанол. Помимо этого, большие количества традиционных твердых биомасс могут постепенно заменяться на более подходящие, надежные, безопасные для здоровья жидкие виды топлива, такие как диметилэфир, полученный на основе ВИЭ (ДМЭ), или этаноловые гели. [8.2.4]

Процесс производства биоэтанолового и биодизельного топлива из различных культур, обычно используемых для продовольствия, хорошо изучен (рисунок TP.8.5). При производстве топлива можно использовать преимущества существующих компонентов инфраструктуры, которые уже используются для производства топлив на нефтяной основе, включая хранение, смешивание, распределение и раздачу. Однако, совместное использование производственно-технической базы для нефтепродуктов (накопительные баки, трубопроводы, грузовики) и этанола или смесей может привести к проблемам, связанным с водопоглощением и коррозией оборудования, и поэтому могут потребоваться инвестиции в специализированные материалы, необходимые для трубопроводов или изоляции. Децентрализованное производство биомассы, сезонность и удаленное месторасположение сельскохозяйственных угодий от существующих нефтеперерабатывающих заводов и центров распределения топлива могут повлиять на цепочки процессов, обеспечивающих выпуск продукции и хранение биотоплива. Технологии производства биотоплива из непродовольственного сырья, а также биотоплива, которое более совместимо с существующими видами топлива на нефтяной основе и инфраструктурой продолжают развиваться. Для обеспечения соответствия подобного биотоплива всем существующим техническим характеристикам для данной продукции следует использовать процедуры контроля качества. [8.2.4.1, 8.2.4.3, 8.2.4.4]



Рисунок TP.8.5 | Системы производства, смешивания и распределения для ряда жидких видов биотоплива одинаковы для всех видов исходного сырья для биомасс. [рисунок 8.11]

Использование смешанных видов топлива, произведенных путем замещения части (доля замещения обычно составляет от 5 до 25%, но может достигать до 100%) бензина этанолом или дизеля биодизелем требует инвестиций в инфраструктуру, включая дополнительные баки и насосы на станциях обслуживания транспортных средств. Несмотря на то, что стоимость доставки биотоплива незначительна по сравнению с общей стоимостью, логистика и потребности в капитальных затратах для широкой интеграции и расширение пространства могут представить собой основное препятствие, если не будут хорошо спланированы. Поскольку энергоемкость этанола составляет только около двух третей (объемная концентрация) энергоемкости бензина, требуются большие системы хранения, большее количество вагонов, судов или трубопроводы большей емкости для хранения и транспортировки такого же объема энергии, что увеличит затраты на хранение и доставку топлива. Несмотря на то, что трубопроводы теоретически могут быть наиболее экономичным методом предоставления и транспортировки этанола трубопроводным транспортом успешно осуществлялась, остается ряд технических и логистических проблем. Обычно употребительные количества этанола, производимые в сельскохозяйственном регионе для удовлетворения местных потребностей, либо для экспорта, в основном слишком малы для того, чтобы оправдать затраты на инвестиции и эксплуатационные проблемы, связанные с конструкцией соответствующего трубопровода. [8.2.4.3]

## 8.6 Интеграция возобновляемой энергии в автономные системы

Автономные системы энергоснабжения обычно небольшие по размеру и часто расположены в отдаленных неэлектрифицированных районах, на небольших островах или в индивидуальных зданиях, где предоставление коммерческой энергии при помощи магистралей и сетей не является легкодоступным. Существует несколько типов автономных систем, в которых могут использоваться как отдельные энергоносители, например, электроэнергия, тепло или жидкое, газообразное и твердое топливо, так и комбинация носителей. [8.2.5, 8.2.5.1]

В основном, вопросы, связанные с интеграцией ВИЭ для автономных систем, подобны вопросам, связанным с централизованными системами, например, в отношении баланса предложения/спроса для систем электроснабжения, выбора вариантов теплоснабжения и охлаждения, производства газов на основе ВИЭ и производства жидкого биотоплива для местных нужд. Однако, в отличие от более крупных систем снабжения, менее крупные автономные системы часто имеют меньше вариантов, доступных на местном уровне для использования ВИЭ. Кроме того, некоторые технические и институциональные вопросы, связанные с управлением интеграцией в рамках более крупных сетей, такие как прогнозирование снабжения возобновляемой энергией, вероятностные процедуры диспетчирования оборудования электростанций, жесткие нормы качества топлива и выравнивание воздействия географической и технической диверсификации, становятся более сложными или даже невыполнимыми для мелкомасштабных автономных систем. [8.2.1-8.2.5]

Решения в отношении интеграции ВИЭ обычно ограничиваются с уменьшением систем снабжения. Поэтому наибольший упор следует сделать на более выполнимые решения. С учетом неустойчивости ресурсов ВИЭ и принимая во внимание ограниченные возможности, а также процедуры эксплуатации и планирования, сценарии для автономных систем будут естественным образом сводиться к хранению энергии, различным вариантам обеспечения спроса и гибкой выработке электроэнергии на основе ископаемого топлива для содействия приведению в соответствие предложения и спроса. Варианты снабжения возобновляемой энергией могут лучше подойти местным характеристикам нагрузки, а варианты с возможностью диспетчирования могут быть выбраны вместо других низкочастотных вариантов, которые не имеют такого строгого

соответствия режиму нагрузки или нестабильны. Управление интеграцией ВИЭ в рамках автономных систем будет при прочих равных условиях более затратным, чем в рамках крупных интегрированных сетей в связи с ограниченным набором вариантов, но в большинстве случаев, например, на островах или в отдаленных сельских районах у потребителей энергии не будет выбора. На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что пользователи и разработчики систем автономного энергоснабжения могут столкнуться со сложностями, связанными с балансом желания иметь надежное и непрерывное снабжение и минимизации общих затрат на снабжение. [8.2.5]

Интеграция технологий преобразования возобновляемой энергии, баланс вариантов и технологии для конечного использования в автономных энергосистемах зависят от наличия местных ресурсов ВИЭ и режима местного потребления энергии, которые могут изменяться в зависимости от местного климата и образа жизни. Баланс затрат и надежности является существенно важным вопросом при проектировании и внедрении автономных энергосистем, в особенности, для сельских районов стран с развивающейся экономикой в связи с тем, что дополнительные затраты на предоставление непрерывного и надежного снабжения могут оказаться выше для менее крупных автономных систем. [8.2.5.2]

## 8.7 Сектора конечных потребителей: стратегические элементы для сценариев перехода

Разработка технологий, основанных на ВИЭ, продолжает развиваться, в связи с чем увеличивается внедрение этих технологий в транспортный, жилищно-коммунальный, промышленный, сельскохозяйственный, лесной и рыбный сектора. В целях расширения внедрения ВИЭ во всех секторах следует рассматривать как технические, так и не технические вопросы. В рамках каждого сектора существуют региональные различия, связанные с текущим статусом использования ВИЭ, широким рядом типов энергосистем, соответствующей используемой в настоящее время инфраструктурой, различными возможными путями усиления интеграции ВИЭ, вопросами, связанными с преобразованием, которые еще предстоит решить, и будущими тенденциями, на которые влияют различные национальные и местные устремления и культура. [8.3, 8.3.1]

### 8.7.1 Транспорт

Последние тенденции и прогнозы указывают на значительный рост спроса на транспорт и быстрое увеличение количества транспортных средств по всему миру. Обеспечение такого спроса, при обеспечении низкоуглеродного безопасного энергоснабжения, потребует сильных политических инициатив, быстрых технологических изменений, материального стимулирования и/или желания потребителей нести дополнительные затраты. [8.3.1]

В 2008 г. доля сожженного ископаемого топлива, используемого для целей транспорта, составила около 19% глобального использования первичных энергоресурсов, что составляет 30% общего потребления энергии и примерно 22% выбросов ПГ, кроме того, значительный процент местных выбросов, загрязняющих воздух. Легковые автомобили (ЛА) являются причиной сжигания более половины транспортного топлива по всему миру, большегрузные автомобили (БГА) являются причиной сжигания 24%, авиация - 11%, судоходство - 10% и железные дороги - 3%. Спрос на мобильность быстро растет, количество моторных транспортных средств по прогнозам утроится к 2050 г., кроме того, подобный рост будет наблюдаться и для воздушных перевозок. Поддержка безопасного энергоснабжения в этой связи вызывает серьезную озабоченность в транспортном секторе с учетом того, что около 94% транспортного топлива

в настоящее время производится на основе нефтепродуктов, которые для большинства стран импортируются. [8.3.1]

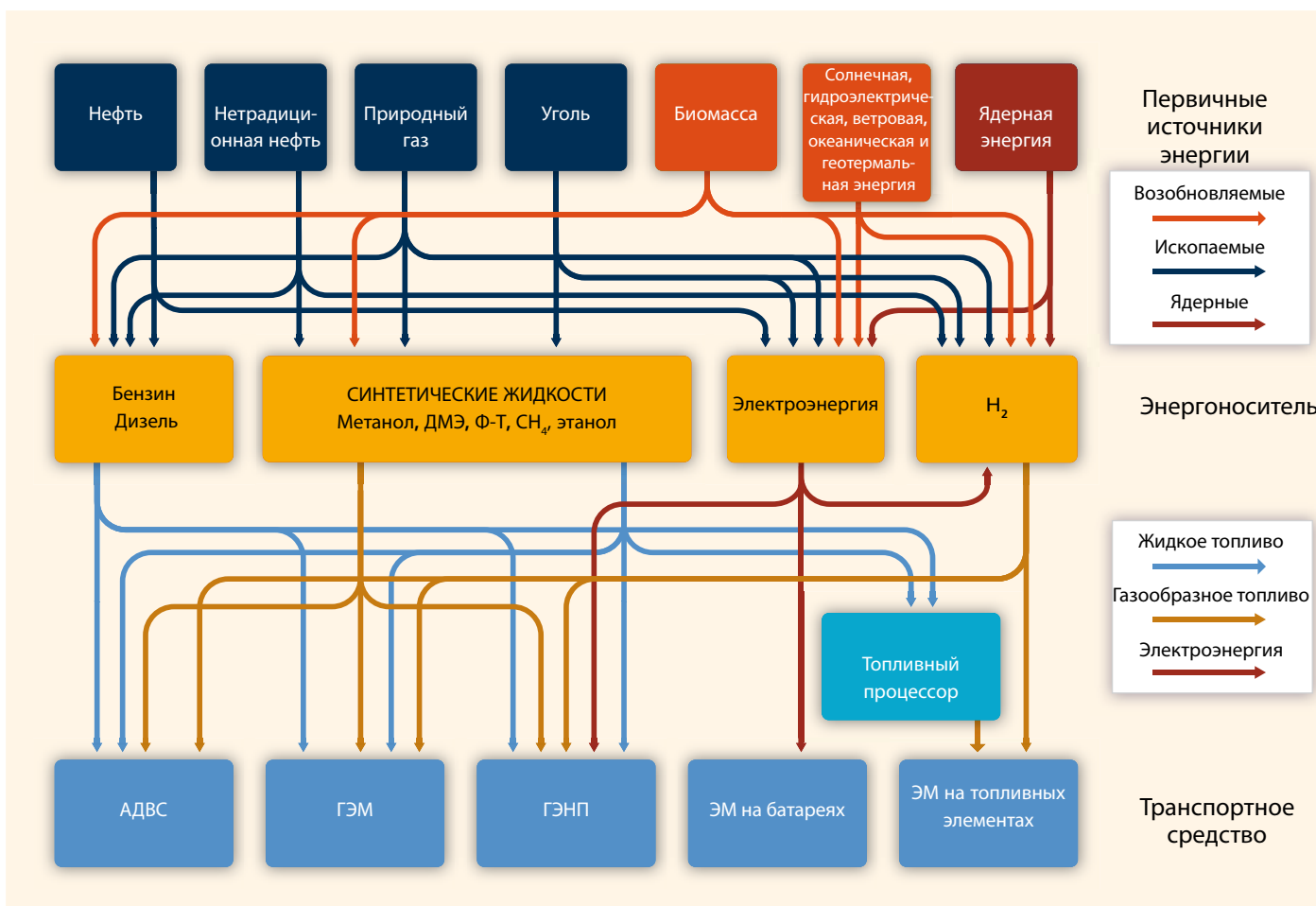
Существует ряд возможных сценариев сочетания топлива/транспортного средства, от преобразования первичных источников энергии в энергоносители (или топливо) и до конечного использования как в передовых автомобилях с двигателями внутреннего сгорания (АДВС), электромобилях (ЭМ), гибридных электромобилях (ГЭМ), электромобилях с подзарядкой (ГЭНП), так и в электромобилях на водородном топливе (ЭМВТ) (рисунок TP.8.6). [8.3.1.2]

Улучшение эффективности транспортного сектора и его декарбонизация были определены в качестве критически важных целей, которых необходимо достичь в долгосрочной перспективе для значительных сокращений глобальных выбросов ПГ. Подходы к сокращению выбросов, относящихся к транспорту, включают сокращение спроса на перевозки, увеличение эффективности транспортных средств, переход на более эффективные виды транспорта, и замену топлива на нефтяной основе на альтернативные низкоуглеродные или практически безуглеродные виды топлива (включая биотопливо, электроэнергию или водород, производимые на основе низкоуглеродных первичных источников энергии). Исследования на основе сценариев убедительно указывают на то, что для реализации от 50 до 80% сокращений выбросов ПГ к 2050 г. (по сравнению с

текущими уровнями) при обеспечении растущего спроса на транспортную энергию, потребуется комбинация технологий (рисунок TP.8.7). [8.3.1.1]

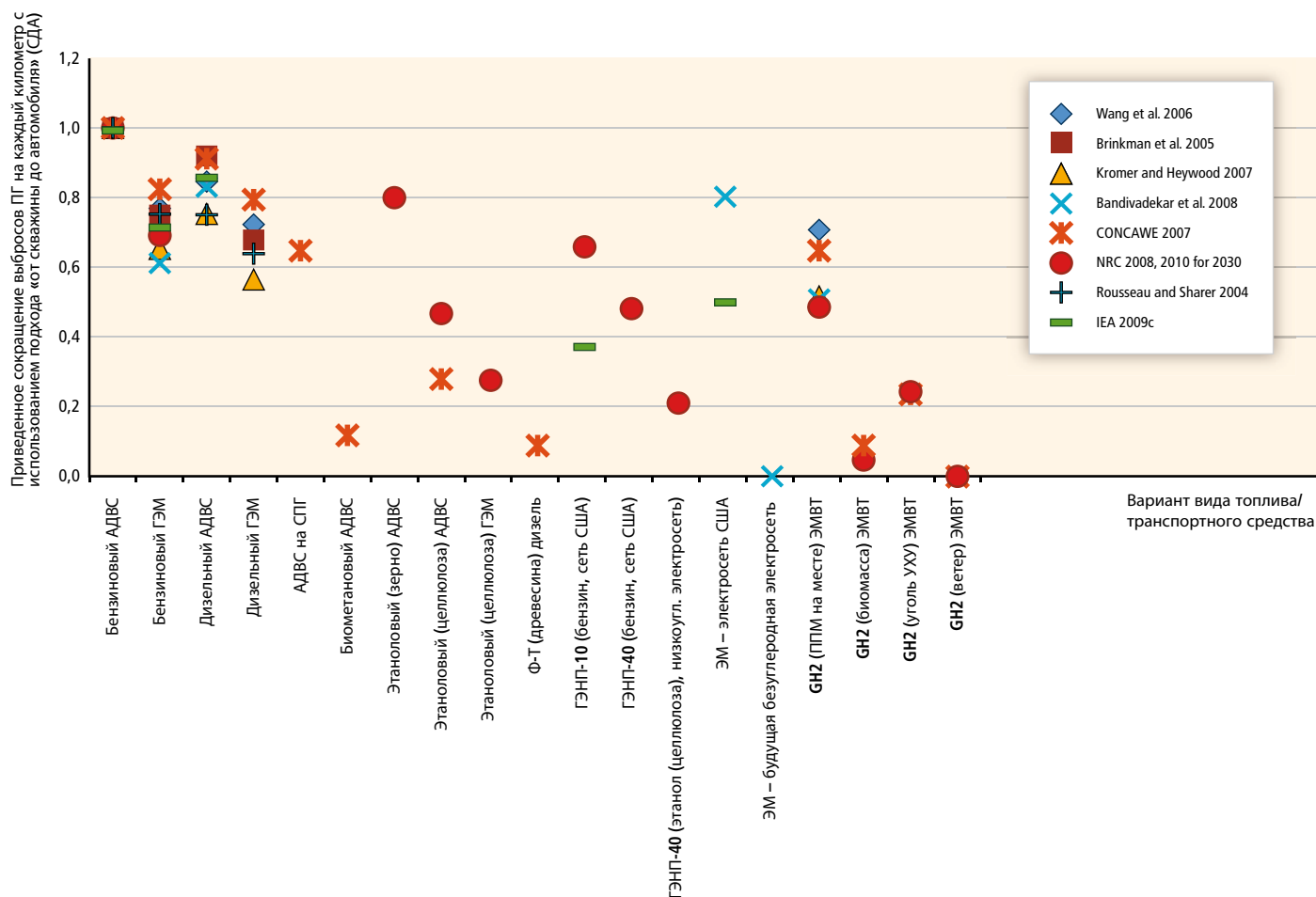
В настоящее время использование возобновляемой энергии для транспорта составляет только несколько процентов от общего использования энергии, в основном, в это число входят электрифицированный рельсовый транспорт и смешивание жидких биотоплив с нефтепродуктами. Миллионы ЛА, способные передвигаться на смесях с высоким содержанием биотоплива, уже эксплуатируются в мировом транспортном парке; биотопливные технологии готовы с коммерческой точки зрения, а сжатый биометан может применяться в технологиях, используемых для средств передвижения на сжатом природном газе. [8.2.3]

Однако переход на новые виды топлива и типы двигателей является сложным процессом, включающим разработку технологий, затраты, инфраструктуру, рыночное признание товара потребителями, а также экологические и ресурсные последствия. Вопросы перехода различны для транспортных средств на основе биотоплива, водорода и электроэнергии (таблица TP.8.2), ни один вариант не рассматривается в качестве безоговорочного «лидера», и для всех требуется несколько десятилетий для развертывания в больших масштабах. Биотопливо широко признано, и его доля составила около 2% от общего объема топлива



**Рисунок TP.8.6** | Диапазон возможных топливных сценариев для легковых автомобилей, от первичных энергоресурсов (вверху), через энергоносители до конечного использования в возможных силовых передачах транспортных средств (внизу) (ресурсы возобновляемой энергии отмечены зеленым цветом). [рисунок 8.13]

Примечание: Ф-Т = процесс Фишера-Тропша; ДМЭ = диметилэфир; ДВС = двигатель внутреннего сгорания; ГЭМ = гибридный электромобиль; ЭМ = электромобиль; «нетрадиционная нефть» относится к нефтеносным пескам, нефтяным сланцам и другим видам необработанной нефти.



**Рисунок TP.8.7** | Сокращение выбросов ПГ в процессе «от скважины до автомобиля» (СДА) на каждый километр. Указанные диапазоны взяты из выборочных исследований возможных вариантов сочетания легковых автомобилей/видов топлива и приведены к выбросам ПГ от сжигания бензина в двигателе внутреннего сгорания легкового автомобиля. [рисунок 8.17]

Примечание: Примечания: В целях облегчения сравнения выполненных работ, выбросы ПГ СДА на каждый километр взяты из каждой работы, были приведены к выбросам бензинового АДВС (таким образом, что «АДВС на бензине» = 1) и лежат в пределах от 170 до 394 г CO<sub>2</sub>/км. Для всех водородных вариантов водород хранится на борту транспортного средства в сжатом виде (GH<sub>2</sub>). СПГ = сжатый природный газ; ППМ = паровой преобразователь метана.

для дорожного транспорта в 2008 г., однако остаются проблемы, связанные с устойчивостью [2.5]. Были продемонстрированы многие автомобили с силовыми установками на водородных топливных элементах, однако маловероятно, что они будут коммерциализованы, по крайней мере, до 2015-2020 гг. в связи с барьерами, связанными с долговечностью топливных элементов, стоимостью, хранением водорода на борту и наличием водородной инфраструктуры. В отношении ЭМ и ГЭНП, стоимость и относительно короткое время жизни существующих аккумуляторных технологий, ограниченная дальность пробега между перезарядкой, и время для перезарядки могут стать препятствиями для рыночного признания потребителями. Разработка ЭМ и ГЭНП испытывает быстрое развитие, спровоцированное недавними политическими инициативами по всему миру, и несколько компаний объявили о своих планах по их коммерциализации. Приемлемой стратегией для использования может стать стратегия начального введения ГЭНП по мере разработки и увеличения масштабов аккумуляторных технологий. Для транспортных средств на водороде и электроэнергии внедрение реальной транспортной системы с помощью разработки необходимой инфраструктуры в крупном масштабе может занять несколько десятилетий.

Преимуществом *биотоплива* является его относительная совместимость с существующими инфраструктурами для жидкого топлива. Его можно смешать с нефтепродуктами, а большинство транспортных средств с ДВС могут работать

на смесях, причем некоторые даже на 100% биотопливе. Оно аналогично бензину или дизелю с точки зрения эффективности транспортного средства<sup>14</sup> и времени заправки, хотя некоторые имеют ограничения по концентрации и обычно их невозможно легко распределить с использованием существующих топливных трубопроводов без модификаций. Устойчивость доступных ресурсов биомасс является серьезной проблемой для некоторых видов биотоплива. [2.5, 8.2.4, 8.3.1.2]

Водород имеет потенциал в отношении получения огромных новых энергетических ресурсов, выбросы в результате использования которых для транспорта нулевые или стремятся к нулю. Технологии для получения водорода при помощи газификации биомассы находятся в процессе разработки и могут стать конкурентоспособными после 2025 г. Получение водорода путем электролиза с использованием ВИЭ имеет барьеры, связанные со стоимостью, а не с вопросами технической целесообразности или наличием ресурсов возобновляемой энергии. Изначально ВИЭ и другие низкоуглеродные технологии, по всей вероятности, будут использоваться для выработки электроэнергии, а по мере развития – для производства практически безуглеродного водорода совместно с электроэнергией или теплом в будущих энергетических комплексах. По сравнению с электроэнергией, природным газом, бензином, дизелем или биотопливом водород еще не так широко распространен, но может стать предпочтительным топливом в будущем для больших БГА, которые являются транспортными средствами дальнего следования и нуждаются в относительно быстром времени заправки. Использование водорода в большом количестве

<sup>14</sup> Эффективность в этом примере исключает энергоёмкость. Энергоёмкость биотоплива обычно ниже, чем у эквивалентных им нефтепродуктов.



**Таблица ТР.8.2** | Вопросы перехода на использование биотоплива, водорода и электроэнергии в качестве транспортного топлива для легковых автомобилей.  
[обобщение на основе 8.3.1]

Статус технологии	Биотопливо	Водород	Электроэнергия
Существующие и потенциальные первичные ресурсы	Сахар, крахмал, масличные культуры; культуры для целлюлозных биомасс; лесные, сельскохозяйственные и твердые отходы; морские водоросли и другие биологические масла.	Ископаемые виды топлива; ядерная энергия; все ВИЭ. Потенциальная ресурсная база для ВИЭ велика, но неэффективность и стоимость преобразования в $H_2$ может оказаться проблемой.	Ископаемые виды топлива; ядерная энергия; все ВИЭ. Потенциальная ресурсная база для ВИЭ велика.
Производство топлива	Первое поколение: этанол из сахара и крахмала, биометан, биодизель. Прогрессивные биотоплива второго поколения, например, из целлюлозных биомасс, биотходов, биомасел и морских водорослей после, по крайней мере, 2015 г.	Ископаемый $H_2$ выгоден для крупномасштабных промышленных применений, но не конкурентен в качестве транспортного топлива. Возобновляемый $H_2$ обычно более затратный.	Легкодоступная промышленная энергия. Электроэнергия на основе ВИЭ может стоить дороже, но является предпочтительной для транспорта в связи с низкими выбросами ПГ на протяжении всего цикла работы.
Транспортные средства	В топливе миллионов существующих средств передвижения с возможностью использования разных видов топлива присутствует большая доля этанола. Доля концентрации этанола в традиционных АДВС ограничена (<25%). Некоторые промышленные сельскохозяйственные трактора и механизмы работают на 100% биодизеле.	Демонстрация ЭМВТ. Коммерциализация ЭМВТ не ранее 2015-2020 гг.	Демонстрация ГЭНП, Коммерциализация ГЭНП не ранее 2012-2015 гг. Ограниченное использование ЭМ в настоящее время. Коммерциализация ЭМ не ранее 2015-2020 гг.
Стоимость <sup>1</sup> по сравнению с транспортными средствами с бензиновыми ДВС			
Прирост стоимости транспортного средства по сравнению с будущими бензиновыми ДВС (долл. США <sub>2005</sub> )	Аналогичная цена.	Практический прирост стоимости ЭМВТ (к 2035 г.) >5 300 долл. США	Практический прирост стоимости (к 2035 г.): ГЭНП > 5 900 долл. США; ЭМ > 14 000 долл. США
Затраты на топливо (долл. США <sub>2005</sub> /км)	Стоимость топлива на километр зависит от вида био-топлива и уровня субсидий на развитие сельского хозяйства. Биотопливо может составлять конкуренцию, если стоимость единицы энергии эквивалентна стоимости единицы энергии, полученной с использованием бензина/дизеля. Этанол в Бразилии конкурирует без субсидий.	Целевая стоимость топлива составляет от 3 до 4 долл. США/кг для развитой инфраструктуры для $H_2$ – может оказаться оптимистичной. Когда топливо используется в ЭМВТ, оно конкурирует с бензином в ЭМВТ на уровне от 0,40 до 0,53 долл. США/л. Предполагается, что ЭМВТ в два раза более экономичен, чем АДВС на бензине. Полученный на основе ВИЭ $H_2$ примерно от 1,5 до 3 раз дороже, чем на основе других источников.	Стоимость электроэнергии, израсходованной за километр, при том, что энергия покупается за 0,10-0,30 долл. США/кВт, конкурирует с бензином, при том, что он покупается за 0,3-0,9 долл. США/л (допускается, что экономия топлива в ЭМ в три раза больше, чем в АДВС на бензине).
Совместимость с существующей инфраструктурой	Частично совместимо с существующей системой распределения углеводородного сырья. Отдельная инфраструктура для распределения и хранения может потребоваться для	Потребуется новая инфраструктура для $H_2$ , а также возобновляемые источники для производства $H_2$ . Развертывание инфраструктуры должно координироваться в соответствии с ростом рынка транспортных средств.	Имеется широко распространенная электроэнергетическая инфраструктура. Требуется добавить затраты на домашние и общественные зарядные устройства, источники выработки ВИЭ и обновление процессов передачи и распределения (особенно для ускоренных зарядных устройств).
Рыночное восприятие товара потребителями	Зависит от сравнительной оценки цен на топливо. Транспортные средства на этаноле могут иметь меньший диапазон цен, чем на бензине. Потенциальные расходы на продовольственные культуры. Землепользование и вопросы, связанные с водой, могут стать проблемой.	Зависит от сравнительных затрат на транспортные средства и топливо. Общественное восприятие безопасности. Практически отсутствие общедоступных заправочных станций на ранних стадиях развития рынков сбыта	Высокие начальные цены на транспортные средства. Высокая стоимость электроэнергии при зарядке в часы пиковой нагрузки. Ограниченный диапазон (не считая ГЭНП). Время зарядки от среднего до продолжительного, но возможно зарядка в домашних условиях. Значительно пониженные эксплуатационные качества в экстремально холодные зимние и жаркие летние периоды. Отсутствие общедоступных заправочных станций на ранних стадиях развития рынков сбыта.
Выбросы ПГ	Зависят от вариантов исходного сырья, переработки и конечного использования и землепользования. Небольшие от остатков биомасс, включая сахарный тростник. В ближайшем будущем могут быть высокими для этанола на основе зерновых. От прогрессивного биотоплива второго поколения, вероятно, будут ниже.	Зависят от процесса производства $H_2$ . По сравнению с будущими гибридно-бензиновыми АДВС, выбросы ПГ СДА для ЭМВТ с использованием $H_2$ из природного газа будут до некоторой степени зависеть от допущений. Выбросы ПГ СДА могут стремиться к нулю для вариантов на основе ВИЭ или ядерной энергии.	Зависит от сочетания сетей. При использовании смешанных энергетических сетей с доминирующим углем выбросы ПГ СДА от ЭМ и ГЭНП аналогичны или выше, чем от бензиновых ДВС. С увеличением доли ВИЭ и низкоуглеродной электроэнергии выбросы СДА будут снижаться.
Потребление бензина	Низкое для смесей	Очень низкое	Очень низкое
Вопросы, связанные с окружающей средой и устойчивостью			
Загрязнение воздуха	Аналогично бензину. Дополнительные проблемы в отношении этанола и проникновения летучих органических веществ через затворы топливных резервуаров. Выбросы альдегидов.	Транспортные средства с нулевыми выбросами	Транспортные средства с нулевыми выбросами
Использование воды	Больше, чем для бензина зависит от потребностей в ирригации исходного сырья и культур.	Потенциально низкое, но зависит от вариантов использования, поскольку электролиз и преобразование потока зависят от воды.	Потенциально очень низкое, но зависит от используемых вариантов для выработки энергии.
Землепользование	Может конкурировать с производством продовольствия и волокон на сельскохозяйственных угодьях.	Зависит от варианта использования.	Зависит от варианта использования.
Использование материалов		Платина в топливных элементах. Неодим и другие редкоземельные элементы в электродвигателях. Утилизация отходов.	Литий в аккумуляторах. Неодим и другие редкоземельные элементы в электродвигателях. Утилизация отходов.

Примечания: 1. Заявленная стоимость не всегда включает период окупаемости прироста стоимости на первое средство передвижения. 2. Косвенные выбросы ПГ, относящиеся к землепользованию и связанные с биотопливом, не включены.

транспортных средств потребует создания новой инфраструктуры заправки, что может занять несколько десятилетий. Первые шаги по тестированию водорода на парке автомашин и демонстрации технологий заправки в мини-сетях начали предприниматься в нескольких странах. [2.6.3.2, 8.3.1, 8.3.1.2]

Для того, чтобы электроэнергия, полученная на основе ВИЭ, использовалась для снабжения большого количества автомобилей в будущем на рынках ЭМ и ГЭНП, настоятельно рекомендуется внедрить несколько инноваций, таких как разработка аккумуляторов и низкочастотное электроснабжение, доступное для зарядки тогда, когда это необходимо для ЭМ. Потребность в новом потенциале будет менее вероятна, если использовать ночное время или внепиковую зарядку, а в некоторых местах появится возможность для хорошего сочетания по времени с ветровыми или гидроэлектроэнергетическими ресурсами. Гибкость энергосети и/или хранения энергии может также понадобиться для баланса спроса на электроэнергию, необходимую для зарядки транспортных средств, с наличием ВИЭ. [8.2.1]

В отличие от ЛА в других транспортных секторах возможно внедрить варианты с использованием ВИЭ, которые подразумевают меньшие выбросы ПГ: БГА, авиация, судоходство и железная дорога. Использование биотоплива является ключевым вопросом для увеличения доли ВИЭ в этих секторах, но существующие типы ДВС, вероятно, потребуют модификации для обеспечения возможности работы на смесях с высоким содержанием биотоплива (более 80%). Авиация имеет, возможно, наименьший потенциал для замещения топлива, чем другие сектора в связи с потребностью в безопасности и минимизации веса и объема топлива. Несмотря на то, что различные авиалинии и производители воздушных судов продемонстрировали тестовые полеты с использованием различных биотопливных смесей, для обеспечения выполнения строгих требований к авиационному топливу требуется осуществить гораздо больший объем работы, чем для моторных видов топлива, в особенности, при низких температурах. Для железнодорожного транспорта два основных варианта внедрения ВИЭ предусматривают увеличение электрификации и использование биодизеля в связи с тем, что около 90% отрасли обеспечивается за счет дизельного топлива. [8.3.1.5]

Принимая во внимание все вышеупомянутые неопределенности и проблемы, связанные с сокращением затрат, представляется важным на протяжении длительного времени поддерживать использование комплексного подхода, который включает изменение отношения к вопросу (например, ежегодное сокращение пройденных транспортными средствами или морскими и воздушными судами расстояний), использование более энергоэффективных транспортных средств и увеличение диапазона низкоуглеродных видов топлива. [8.3.1.5]

### 8.7.2 Жилищно-коммунальные хозяйства

Жилищно-коммунальный сектор предоставляет кров и различные энергослужбы в поддержку существования и благосостояния людей, живущих как в развитых, так и в развивающихся странах. В 2008 г. в этом секторе было использовано 120 ЭДж, что составляет около 37% общего объема глобального потребления конечной энергии (включая потребление от 30 до 45 ЭДж первичной энергии за счет традиционных биомасс, используемых для приготовления пищи и теплоснабжения). Значительная доля общего спроса на энергию, необходимую для теплоснабжения и кондиционирования зданий, обычно обеспечивается за счет ископаемого топлива (нефтяные горелки, газовые нагреватели) и электроэнергии (вентиляторы и установки для кондиционирования воздуха). Во многих регионах эти схемы по экономическим причинам могут быть заменены на схемы центрального отопления и охлаждения (ЦООХ) или на прямое использование в зданиях систем на основе ВИЭ, таких как встроенные воздушные нагреватели, работающие на современных биомассовых гранулах, и тепловые насосы (включая системы с использованием теплоты грунта), нагрев воды и помещений при

помощи тепловой солнечной энергии и системы охлаждения с использованием поглощения солнечной энергии в строениях. [2.2, 8.2.2, 8.3.2]

Технологии выработки электроэнергии на основе ВИЭ, интегрированные в здания (такие, как панели солнечных батарей ФЭ) дают возможность зданиям стать поставщиками, а не потребителями энергии. Интеграция ВИЭ в существующую городскую среду в комбинации с энергосберегающими электроприборами и разработкой «зеленых зданий» является ключом к дальнейшему внедрению. Как для жилых домов, так и для коммерческих зданий, энергоносители и системы предоставления энергоуслуг различаются в зависимости от местных характеристик и ресурсов ВИЭ региона, его природных богатств и среднего возраста существующих зданий и инфраструктуры, которые влияют на оборачиваемость фондов зданий. [8.3.2]

Особенности и условия энергопотребления в существующих или новых зданиях и перспективы для интеграции ВИЭ отличаются в зависимости от месторасположения и проекта зданий. Как в городских, так и сельских поселениях в развитых странах большинство зданий подключены к сетям распределения электроэнергоснабжения, водоснабжения и канализации. С малой оборачиваемостью фонда зданий, которая составляет только около 1% в год в развитых странах, потребуются, чтобы будущая модернизация существующих зданий играла значительную роль в интеграции ВИЭ, а также улучшить энергоэффективность. Примеры включают установку солнечных водонагревателей и тепловых насосов, использующих теплоту грунта, а также разработку или расширение систем ЦООХ, которые будучи гибкими в отношении источников тепла или холода, допускают со временем увеличение доли ВИЭ. Эти примеры предполагают относительно высокие предварительные капиталовложения и длительные периоды окупаемости вложений, которые, возможно, смогут компенсироваться посредством согласования и регулирования уточненных планов в целях увеличения их полезности, разработки проектов с улучшенной энергоэффективностью, а также предоставления экономических стимулов и заключения соглашений о финансировании. [8.2.2, 8.3.2.1]

Сети снабжения электроэнергией доступны в большинстве городских районов развивающихся стран, хотя часто системы снабжения имеют ограниченную мощность и являются ненадежными. Увеличение интеграции технологий ВИЭ с использованием местных ресурсов возобновляемой энергии может помочь обеспечить безопасное энергоснабжение и также улучшить доступ к энергии. В городских и сельских поселениях в развивающихся странах примеры энергопотребления часто включают неустойчивое использование биомасс и древесного угля. Проблемой является изменение тенденции к увеличению потребления традиционных биомасс при помощи увеличения доступа к современным энергоносителям, обслуживанию и увеличению доли ВИЭ посредством осуществления мер для интеграции. Распределительный характер солнечной энергии и других ресурсов ВЭ способствует их интеграции в новые и существующие здания, как бы ни малы они были, включая жилища в сельских районах, не подключенные к энергосетям. [8.2.2.2, 8.2.5]

### 8.7.3 Промышленность

Производительная промышленность использует около 30% общего объема глобального потребления конечной энергии несмотря на то, что эта доля сильно варьируется в зависимости от страны. Сектор является весьма разноплановым, но около 85% промышленного использования энергии осуществляется в рамках более энергетически интенсивной «тяжелой» промышленности, включая черную металлургию, сталелитейное производство, цветные металлы, химикаты и удобрения, очистку нефти, извлечение ископаемого топлива и целлюлозно-бумажную промышленность. [8.3.3.1]

Не существует значительных технических ограничений для увеличения прямого и косвенного использования ВИЭ в промышленности в будущем. Однако, интеграция в краткосрочной перспективе может быть ограничена такими факторами, как ограниченность территории и пространства или потребность в высокой надежности и непрерывности операций. В дополнение к интеграции большей доли возобновляемой энергии ключевые меры по сокращению потребления промышленной энергии и/или выбросов ПГ включают повышение энергоэффективности, повторное использование отходов, использование УХУ для отраслей промышленности, выбрасывающих CO<sub>2</sub>, таких как производство цемента и замещение исходного ископаемого топлива. Кроме того, промышленность может предоставить возможности для обеспечения спроса, позволяющие увеличить признание будущих электроэнергетических систем с использованием большего количества различных ВИЭ. [8.3.3.1]

Основные возможности для интеграции ВИЭ в промышленность включают:

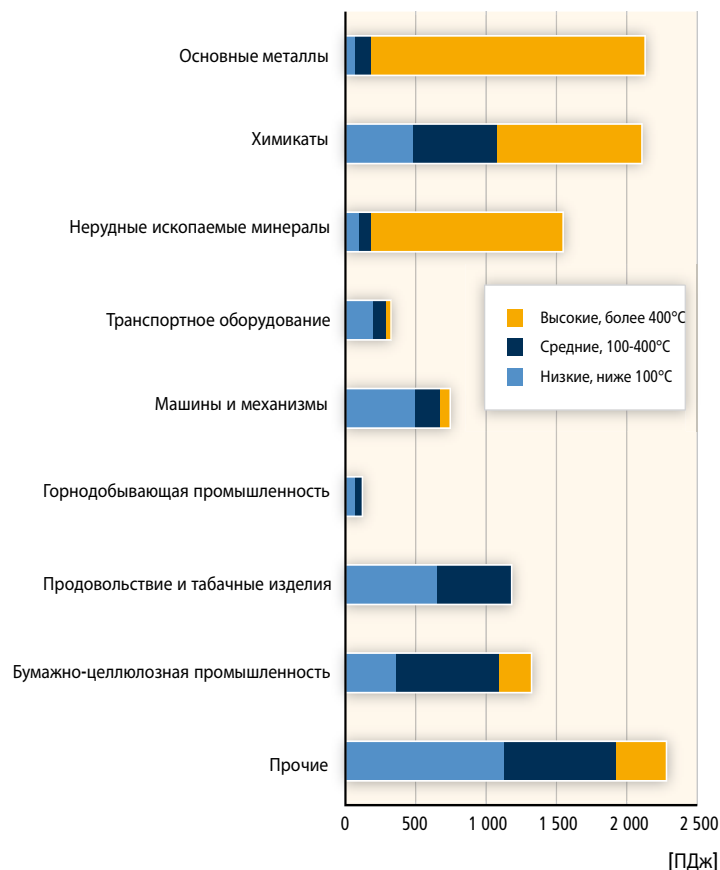
- прямое использование видов топлива, полученных на основе биомасс, а также вторичных процесса для производства и использования на месте биотоплива, тепла и КТЭ; [2.4.3]
- косвенное использование посредством увеличения использования электроэнергии на основе ВИЭ, включая электротермические процессы; [8.3.3]
- косвенное использование посредством других приобретенных энергоносителей, полученных на основе ВИЭ, включая тепло, жидкие топлива, биогаз и, по возможности, в будущем в большем объеме водород; [8.2.2–8.2.4]
- прямое использование солнечной тепловой энергии для обеспечения потребностей в теплоснабжении и пароснабжении процессов, несколько примеров такого использования имеют место и сейчас; [3.3.2]
- прямое использование геотермальных ресурсов для обеспечения потребностей в теплоснабжении и пароснабжении процессов. [4.3.5]

Промышленность является не только потенциальным потребителем ВИЭ, но также потенциальным поставщиком биоэнергии как побочного продукта. При современном прямом использовании возобновляемой энергии в промышленности доминируют биомассы, получаемые в качестве побочных продуктов в процессе производства бумаги и целлюлозы, сахара и этанола. Они используются для совместной выработки тепла и электроэнергии, которые используются, главным образом, на местах для производственных целей и также продаются для использования на стороне. Кроме того, биомассы являются важным видом топлива для многих малых и средних предприятий, таких как кирпичное производство, в значительной мере, в виде древесного угля в развивающихся странах. [8.3.3.1]

Возможные пути увеличения использования возобновляемой энергии в энергоемких отраслях промышленности отличаются среди различных промышленных секторов. Например, биомассы, технически могут заменить ископаемое топливо в котлах, сушильных камерах, горнах, а биохимические вещества и материалы могут заменить нефтехимические продукты. Однако в связи с масштабными параметрами многих промышленных работ доступ к соответствующим объемам биомасс на местах может быть ограничен. Использование технологий получения солнечной энергии может быть ограничено в отдельных местах с малым количеством солнечных дней в году. Непосредственное снабжение гидроэлектроэнергией алюминиевых заводов не новость, однако для многих энергоемких процессов основным вариантом является косвенная интеграция возобновляемой энергии посредством перехода на использование сетевой электроэнергии, полученной на основе ВИЭ, или в будущем на водород. Широкий диапазон вариантов выработки низкоуглеродной электроэнергии и разнообразие ее использования предполагают повышение в будущем роли электротермических процессов для замещения ископаемого топлива в ряде производственных процессов. [8.3.3.2]

Менее энергоемкие отрасли «легкой» промышленности, включая пищевую промышленность, текстильное производство, малые производства бытовой техники и электроники, заводы по сборке автомобилей и обработку лесопиломатериалов, хотя и многочисленные, используют меньшую долю общего энергопотребления, чем тяжелая промышленность. Большая часть спроса на энергию в отраслях «легкой» промышленности включает потребление энергии для освещения в коммерческих зданиях, отопления помещений, охлаждения, вентиляции и питания учрежденческого оборудования. Как правило, отрасли легкой промышленности являются более гибкими и имеют больше доступных возможностей для интеграции ВИЭ, чем более энергоемкие отрасли промышленности. [8.3.3.3]

Интеграция ВИЭ для теплоснабжения процессов представляется практически возможной при температурах ниже 400°C с использованием сжигания биомасс (включая древесный уголь), а также солнечной тепловой или прямой геотермальной энергии. Ресурсы возобновляемой энергии за исключением высокотемпературной солнечной энергии менее подходят для обеспечения потребностей в теплоснабжении производственных процессов на уровне более 400°C (рисунок TP.8.8). [8.3.3.3]



**Рисунок TP.8.8** | Промышленные потребности в теплоснабжении для различных температурных диапазонов в отраслях тяжелой и легкой промышленности на основе оценки, проведенной для 32 европейских стран. [рисунок 8.23]

Потенциал и объемы затрат на увеличение использования ВИЭ в промышленности недостаточно изучены в связи со сложностью и многоплановостью промышленности, а также разнообразием географических особенностей и локальных климатических условий. В ближайшей перспективе благоприятные возможности для увеличения доли возобновляемой энергии могут появиться, если расширить использование отходов производственных процессов и КТЭ в отраслях промышленности, основанных на биомассах, и замещать ископаемые виды топлива, используемые для теплоснабжения. Технологии получения тепловой солнечной энергии являются перспективными при условии дальнейшей разработки коллекторов, систем термического хранения и резервных систем, а также адаптации и интеграции процессов, которые находятся на стадии апробации. Интеграция возобновляемой энергии с использованием электроэнергии, выработанной на основе источников ВИЭ, в электротехнике может иметь самые значительные последствия как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе. [8.3.3.2, 8.3.3.3]

В прошлом использование возобновляемой энергии в промышленности включало проблемы, связанные с конкуренцией во многих регионах благодаря относительно низким ценам на ископаемое топливо наравне с низкими или нулевыми налогами на энергию и углерод. Политика поддержки использования ВИЭ в различных странах в большей степени относится к транспортному и жилищно-коммунальному секторам, а не к промышленности и, как следствие, потенциал для интеграции ВИЭ в целом не определен. Там, где были предприняты политические меры поддержки, результатом явилось успешное освоение ВИЭ. [8.3.3.3]

### 8.7.4 Сельское, лесное и рыбное хозяйства

Сельское хозяйство является сектором с относительно малым потреблением энергии, в котором используется только около 3% общего глобального энергопотребления. Сектор включает крупные фермерские и лесные хозяйства корпоративной формы собственности, а также фермеров, ведущие нетоварное хозяйство, и общины, занимающиеся рыбным промыслом, в развивающихся странах. Относительно высокое косвенное потребление энергии для производства удобрений и производственных механизмов включено в промышленный сектор. Перекачка воды для ирригации обычно подразумевает самый высокий спрос на энергию на ферме наряду с использованием дизельного топлива для машин и механизмов и электроэнергии для производства молока, охлаждения и ремонта оборудования. [8.3.4.1]

Во многих регионах культивируемая земля может одновременно использоваться для производства возобновляемой энергии. Находит широкое применение многоцелевое использование земель для сельскохозяйственных и энергетических целей, включая ветряные турбины, возведенные на пастбищных угодьях; установки биогаза для переработки животных удобрений с утилизацией питательных веществ в земле; водотоки, используемые для малых и микро гидроэлектрических систем; сбор и использование для целей тепло- и энергоснабжения отходов сельскохозяйственных культур; и выращивание и регулирование сельскохозяйственных энергетических культур для обеспечения исходного сырья биомассы для производства жидких видов биотоплива, тепла и энергии (с побочными продуктами, по возможности, используемыми для производства питания и волокон). [2.6, 8.3.4.2, 8.3.4.3]

Поскольку ресурсы ВИЭ, включая ветер, солнце, отходы сельскохозяйственных культур и животноводства, во многих случаях имеются в изобилии в сельских районах, их сбор и интеграция могут дать возможность землевладельцам или управляющим ферм использовать их на местах для сельскохозяйственных работ. Фермеры также могут получить дополнительный доход при продаже

энергоносителей, выработанных на основе ВИЭ, таких как электроэнергия или биогаз, для использования за пределами фермы. [8.3.4]

Несмотря на наличие барьеров для расширения освоения технологий ВИЭ, включая высокие капитальные затраты, недостаток доступного финансирования и удаленность от мест энергопотребления, существует вероятность того, что ВИЭ будут в будущем использоваться в сельскохозяйственном секторе во всем мире в большей степени для обеспечения спроса на первичную продукцию и для выполнения сельскохозяйственных работ после сбора урожая как в малых, так и в больших масштабах. [8.3.4.1–8.3.4.2]

Стратегии интеграции, которые могут увеличить внедрение ВИЭ в сельском хозяйстве, будут частично зависеть от местных и региональных ресурсов ВИЭ, энергопотребления на фермерских хозяйствах, возможностей для финансирования проектов и существующих энергетических рынков. [8.3.4.3]

## 9. Возобновляемая энергия в контексте устойчивого развития

### 9.1 Введение

Устойчивое развитие (УР) включает проблемы взаимоотношений между человеческим обществом и природой. Традиционно УР держалось на трех китах – экономика, экология и общество, что позволяло принципиально классифицировать цели развития, основываясь на независимости и взаимной поддержке трех основных элементов. В рамках другой концептуальной структуры УР может быть ориентировано на диапазон между двумя парадигмами слабой устойчивости и сильной устойчивости. Две парадигмы отличаются по допущениям об устойчивости природного и созданного человеком капитала. ВИЭ может содействовать достижению целей развития трехэлементной модели, а также может рассматриваться с точки зрения как слабого, так и сильного УР, поскольку использование ВИЭ призвано поддерживать природный капитал при условии, что использование этих ресурсов не сократит потенциал будущих урожаев. [9.1]

### 9.2 Взаимодействие между устойчивым развитием и возобновляемой энергией

Отношения между ВИЭ и УР могут рассматриваться в виде иерархии целей и ограничений, которые включают как глобальные, так и региональные или локальные вопросы. Несмотря на то, что точный вклад ВИЭ в УР должен оцениваться отдельно применительно к каждой конкретной стране, возобновляемая энергия открывает возможности содействия осуществлению ряда важных задач УР: (1) социальное и экономическое развитие; (2) доступ к энергии; (3) энергетическая безопасность; и (4) смягчение воздействий на изменение климата и сокращение воздействий на окружающую среду и здоровье людей. Смягчение опасных антропогенных воздействий на изменение климата рассматривается как один из основных факторов в пользу увеличения использования возобновляемой энергии во всем мире. [9.2, 9.2.1]

Эти задачи могут быть привязаны как к трех-элементной модели, так и к парадигмам слабого и сильного УР. Концепция УР обеспечивает для директивных органов полезную основу для оценки вклада возобновляемой энергии в УР и формулирования соответствующих экономических, социальных и экологических мер. [9.2.1]

Несмотря на то, что существует много различных путей для классифицирования показателей УР, их использование может помочь странам в осуществлении

мониторинга прогресса, достигнутого в области, связанной с энергетическими системами, в соответствии с принципами устойчивости. В основе оценок, выполненных для данного доклада и главы 9, лежат различные методологические инструменты, включая показатели всех уровней, полученные на основе оценок жизненного цикла (ОЖЦ) или статистики энергетики с применением динамических методов комплексного моделирования и качественных анализов. [9.2.2]

В ходе оценки вклада ВИЭ в социальное и экономическое развитие проведен анализ системы общепринятых показателей экономического роста (ВВП), а также концептуально более широкого индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП). Также рассмотрены потенциальные возможности создания рабочих мест, которые служат мотивацией для ряда стран в поддержку внедрения ВИЭ, и критически важные для развивающихся стран вопросы финансирования. [9.2.2]

Доступ к современным энергоуслугам, в основе которых лежат как возобновляемые, так и не возобновляемые источники, находится в тесной связи с показателями оценки развития, особенно для стран, находящихся на ранних этапах развития. Обеспечение доступа к современной энергии для наиболее беднейших членов общества является существенно важным элементом для достижения любой из восьми целей развития тысячелетия. Конкретные показатели включают потребление конечной энергии на душу населения по отношению к доходу, перебои в доступе к электроэнергии (с разбивкой на сельские и городские районы), а также цифры в отношении той части населения, которая использует уголь или традиционные биомассы для приготовления пищи. [9.2.2]

Несмотря на отсутствие общепризнанного определения, термин «энергетическая безопасность» можно наилучшим образом понять как устойчивость к (внезапным) нарушениям энергоснабжения. Для существующих систем и для планирования будущих систем возобновляемой энергии можно определить две широкие области, которые имеют отношение к энергетической безопасности: наличие и распределение ресурсов; нестабильность и надежность энергоресурсов. Для представления информации о методах оценки УР с точки зрения энергетической безопасности используются показатели, которые включают объем ресурсов, отношение запасов к объему добычи, долю импорта в общем потреблении первичной энергии, долю импорта энергоресурсов в общем объеме импорта, а также долю нестабильных и непредсказуемых источников возобновляемой энергии. [9.2.2]

Для оценки общей нагрузки от энергетической системы на окружающую среду и для определения потенциальных преимуществ и недостатков, следует принять во внимание разброс воздействий и категорий, оценка которых должна быть проведена для всех технологий, включая выбросы веществ в атмосферу (в частности, ПГ) и гидросферу, использование воды, энергии и земли на единицу выработанной энергии. Признавая, что ОЖЦ не дают единственно возможный ответ в отношении устойчивости рассматриваемой технологии, они являются чрезвычайно полезной методологией для определения общего системного влияния рассматриваемой технологии, которое может служить в качестве основы для сравнения. [9.2.2]

Анализ сценариев дают понимание степени учета четырех задач УР при различных вариантах внедрения ВИЭ в интегрированных моделях. Комплексы вариантов исходного ресурса, его переработки и конечного использования, в первую очередь, рассматриваются как результаты разработки сценариев, при которых предпринята попытка рассмотрения совокупности взаимосвязей между различными энергетическими технологиями в глобальном масштабе. В этой связи глава 9, главным образом, опирается на глобальные сценарии, полученные с использованием интегрированных моделей, которые также лежат в основе анализа, приведенного в главе 10. [9.2.2]

## 9.3 Социальные, экологические и экономические последствия: глобальная и региональная оценка

Страны с разным уровнем развития имеют различные стимулы для использования ВИЭ. Для развивающихся стран наиболее вероятные аргументы в пользу применения технологий ВИЭ заключаются в обеспечении доступа к энергии, создании новых рабочих мест в формальной (например, юридически на основании закона регулируемой и налогооблагаемой) экономике и сокращении стоимости импорта энергии (или, в случае экспорта ископаемого топлива, продление срока эксплуатации базы природных ресурсов). Для промышленно развитых стран основные причины для освоения ВИЭ включают сокращение выбросов углерода с целью смягчения воздействий на изменение климата, усиление энергетической безопасности, и активное содействие структурным изменениям в экономике, таким, при которых потеря рабочих мест при спаде в обрабатывающей промышленности смягчается за счет создания новых рабочих мест, связанных с использованием ВИЭ. [9.3]

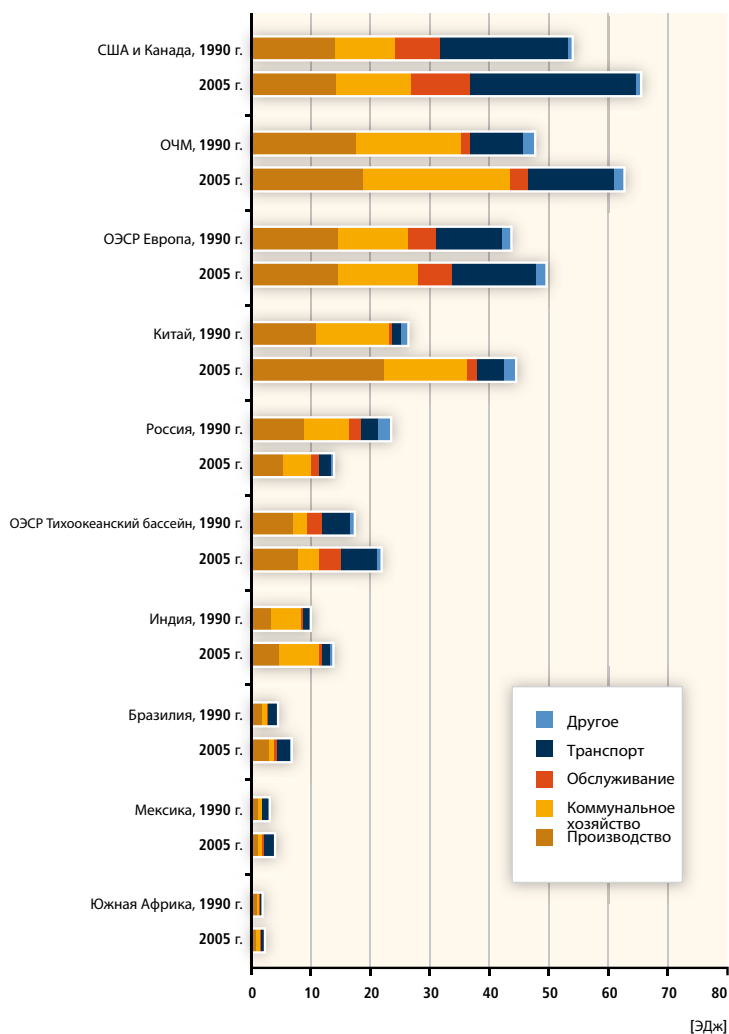
### 9.3.1 Социальное и экономическое развитие

В глобальном масштабе, доход на душу населения определенно находится в связи с энергопотреблением на душу населения, а экономический рост в последние десятилетия может быть определен в качестве наиболее значимого фактора после увеличения энергопотребления. Тем не менее отсутствует согласие в отношении вектора причинно-следственной связи между энергопотреблением и увеличением потенциала макроэкономики. [9.3.1.1]

С ростом и расширением диверсификации экономической деятельности спрос на более сложные и гибкие источники энергии повышается: исходя из интересов отраслей экономики, страны, находящиеся на ранних стадиях развития потребляют наибольшую часть общей первичной энергии в коммунальном (и в меньшей степени сельскохозяйственном) секторе; в странах с формирующейся рыночной экономикой доминирует сектор производства, в то время, как в промышленно развитых странах неуклонно увеличивается доля обслуживания и транспорта (см. рисунок TP.9.1). [9.3.1.1]

Несмотря на близкую корреляцию между ВВП и энергопотреблением, в странах применяется большое количество вариантов структур энергопотребления: некоторые страны достигли высоких уровней доходов на душу населения с относительно низким энергопотреблением. Другие страны остаются довольно небогатыми несмотря на повышение уровней энергопотребления, в частности, страны, с избытком наделенные ресурсами ископаемого топлива, в которых энергетика зачастую широко субсидируется. В соответствии с одной из гипотез связь между экономическим ростом и энергопотреблением может быть нарушена вследствие неуклонного снижения удельного энергопотребления. Кроме того, часто утверждается, что страны с формирующимися экономиками и страны с переходной экономикой могут «прыгнуть вперед», ограничив их энергопотребление применением современных высокоэффективных энергосберегающих технологий. [9.3.1.1, вставка 9.5]

Доступ к чистой и надежной энергии составляет важное предварительное условие для основополагающих факторов, определяющих развитие человека, таких как здоровье, образование, гендерное равенство и экологическая безопасность. С использованием ИРЧП в качестве индикативного критерия развития можно отметить, что страны, которые достигли высоких уровней ИРЧП, в общем плане, потребляют относительно большие объемы энергии на душу населения, но ни одна страна не достигла высокого или даже среднего ИРЧП без широкого доступа к нетрадиционным энергоресурсам. Для



**Рисунок TP.9.1** | Использование энергии (ЭДж) в секторе экономики. Следует отметить, что данные рассчитаны на основе метода физического содержания МЭА, а не метода прямого эквивалента.<sup>1</sup>

Примечания: ОЧМ = остальная часть мира. [рисунок 9.2] 1. Энергетическая статистика за прошлые годы в отношении энергопотребления имела только по отдельным секторам экономики. Для перевода данных с применением метода прямого эквивалента необходимо располагать информацией об основных типах различных энергоносителей, использовавшихся в каждом секторе экономики.

гарантии обеспечения приемлемого стандарта жизненного уровня требуется определенный минимальный объем энергии (например, 42 ГДж на душу населения), после которого увеличение энергопотребления приносит только незначительные улучшения качества жизни. [9.3.1.2]

Оценки современного чистого воздействия ВИЭ на создание рабочих мест разнятся в связи с отсутствием общего мнения в отношении использования надлежащей методологии. Похоже, что пока согласие есть только по поводу позитивного долгосрочного воздействия важного по значению вклада ВИЭ на создание рабочих мест, которое было отмечено во многих национальных стратегиях «зеленого роста». [9.3.1.3]

В большинстве случаев чистые экономические затраты на использование ВИЭ превышают затраты, связанные с производством энергии на основе ископаемого топлива. Особенно это касается развивающихся стран, где сопутствующие затраты являются основным фактором, определяющим возможность применения

ВИЭ для целей обеспечения увеличивающегося спроса на энергию; кроме того существует обеспокоенность в отношении того, что увеличение цен на энергию может поставить под угрозу перспективы развития стран, вступивших на путь индустриализации. В общем, вопросы стоимости не могут обсуждаться отдельно от одобренного режима разделения бремени расходов, то есть без точного определения того, кто принимает на себя издержки, связанные с получением преимуществ от сокращения выбросов ПГ, которые могут характеризоваться как глобальный общественный товар. [9.3.1.4]

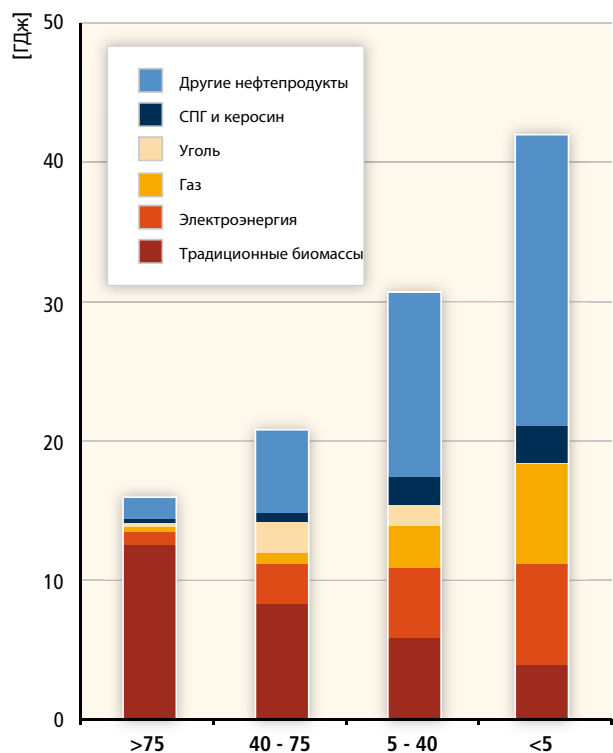
### 9.3.2 Доступ к энергии

Доступ значительной части общемирового населения к современным и экологически чистым видам энергетических услуг сегодня отсутствует или ограничен. Под углом зрения устойчивого развития расширение устойчивой энергетики требует увеличения доступности энергоуслуг для групп, которые в настоящее время не имеют к ним доступа или их доступ к ним ограничен: неимущие (измеряется с помощью уровня благосостояния, дохода или более комплексных показателей), группы в сельскохозяйственных районах и группы без подключения к сетям. [9.3.2]

Признавая существующие ограничения в отношении наличия и качества данных, по оценкам, проведенным в 2009 г., число людей без доступа к электроэнергии составляло около 1,4 млрд человек. Число людей, полагающихся на традиционные биомассы для приготовления пищи, что является причиной значительных проблем со здоровьем (в основном, загрязнение воздуха в помещениях) и других социальных нагрузок (например, время, потраченное на сбор топлива), составляло около 2,7 млрд человек в развивающихся странах. Принимая во внимание тесную связь между доходами населения и использованием низкокачественных видов топлива (рисунок TP.9.2), можно сказать, что основную проблему представляет полное изменение варианта неэффективного потребления биомассы путем замены современного, зачастую неустойчивого ее использования на более устойчивые и эффективные альтернативные варианты. [9.3.2]

Используя определение доступа к энергии как «доступ к обслуживанию экологически чистой, надежной и доступной по цене энергией для приготовления пищи, а также для теплоснабжения, освещения, коммуникаций и использования в производственных целях» проиллюстрирован пошаговый процесс восхождения вверх по «энергетической лестнице»; даже базовые уровни доступа к современным энергоуслугам могут обеспечить значительные выгоды для отдельной общины или домохозяйства. [9.3.2]

В развивающихся странах при помощи децентрализованных сетей на основе ВИЭ был расширен и улучшен доступ к энергии; эти сети, как правило, являются более конкурентоспособными в сельских районах, значительно удаленных от общенациональной энергосистемы, а низкий уровень электрификации сельскохозяйственных районов предлагает значительные возможности для использования минисистем, работающих на ВИЭ. Кроме того, технологии на основе ВИЭ, не связанные с электричеством, открывают возможности для прямой модернизации энергоуслуг, например, при помощи использования солнечной энергии для нагрева воды и сушки сельскохозяйственных культур, биотоплива для перевозок, биогаза и современных видов биомассы для теплоснабжения, охлаждения, приготовления пищи и освещения, а также, энергии ветра для перекачки воды. В то время, как особая роль ВИЭ в процессе предоставления доступа к энергии более устойчивым образом, чем другие источники энергии, не до конца изучена, некоторые из этих технологий позволяют местным общинам расширить свой энергетический выбор; они стимулируют экономику, предоставляют стимулы для осуществления предпринимательских усилий



**Рисунок ТР.9.2** | Взаимосвязь между потреблением конечной энергии на душу населения и доходами в развивающихся странах. Данные относятся к самому последнему году в наличии за период с 2000 по 2008 гг. [рисунок 9.5]

Примечание: СПГ = сжиженный попутный газ.

на местном уровне, обеспечивают основные потребности и предоставляют обслуживание по освещению и приготовлению пищи, обеспечивая таким образом дополнительные выгоды для здоровья и образования. [9.3.2]

### 9.3.3 Энергобезопасность

Использование ВИЭ позволяет обеспечить переход от использования все более и более сокращающихся запасов ископаемого топлива; текущие оценки соотношения объемов эксплуатационных запасов и текущего производства показывают, что на глобальном уровне нефть и природный газ могут закончиться примерно через четыре-шесть десятилетий соответственно. [9.3.3.1]

Поскольку многие возобновляемые источники локализованы и не являются товаром в международной торговле, увеличение их доли в энергетическом портфеле страны уменьшает зависимость от импорта ископаемых видов топлива, пространственное распределение резервов которых, а также их производство и экспорт весьма неравномерны и сконцентрированы в нескольких регионах (рисунок ТР.9.3). Отсутствие характерных особенностей географической концентрации ресурсов рынков ВИЭ помогает диверсифицировать портфель источников энергии и сократить уязвимость экономики к ценовой неустойчивости. Для развивающихся стран, импортирующих нефть, увеличение использования технологий ВИЭ может содействовать переориентации потоков иностранной валюты от импорта энергоносителей к импорту товаров, которые не могут быть произведены на местном уровне, таких как высокотехнологичные товары производственно-технического назначения. Например, Кения и Сенегал тратят на импорт энергоносителей более половины средств, полученных от экспорта, а Индия более 45%. [9.3.3.1]

Однако зависимость от импорта может также образоваться в отношении технологий, требующихся для внедрения ВИЭ, принимая во внимание, что безопасный доступ к требуемому дефицитному неорганическому минеральному сырью по доступным ценам представляет собой грядущую проблему для всех отраслей промышленности. [9.3.3.1]

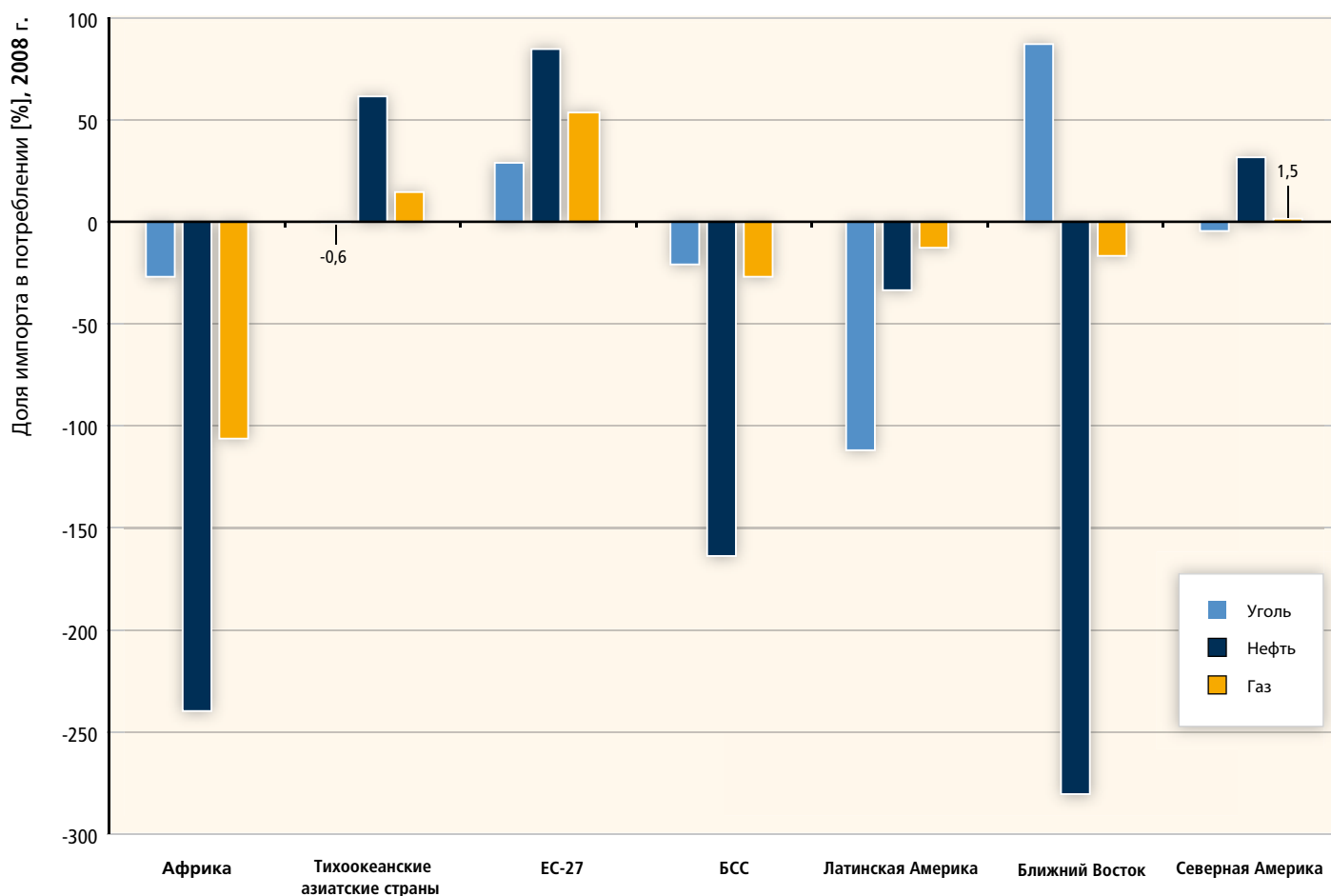
Различные профили выходной мощности некоторых технологий ВИЭ часто обуславливают необходимость принятия технических и институциональных мер, соответствующих местным условиям для обеспечения постоянного и надежного энергоснабжения. Надежный доступ к энергии является отдельной проблемой в развивающихся странах, а индикаторы надежности инфраструктуры обслуживания показывают, что в расположенной к югу от Сахары части Африки почти 50% предприятий используют свое собственное оборудование для выработки энергии. В связи с этим многие развивающиеся страны конкретным образом увязывают вопросы доступа к энергии и энергетической безопасности посредством расширения определения энергетической безопасности за счет включения в него стабильности и надежности местных ресурсов. [9.3.3.2]

### 9.3.4 Смягчение воздействий на изменение климата и сокращение последствий для окружающей среды и здоровья

Устойчивое развитие должно обеспечивать качество окружающей среды и предотвращать нанесение вреда. Ни одно внедрение крупномасштабной технологии не происходит без определения плюсов и минусов для окружающей среды и разработки огромного количества литературы по восходящей оценке различных последствий для окружающей среды энергетических технологий широкого диапазона (ВИЭ, ископаемое топливо и ядерная энергия). [9.3.4]

Воздействия выбросов ПГ на климат в общем плане хорошо изучены, а ОЖЦ [вставка 9.2] содействуют проведению количественного сравнения выбросов «полного цикла» для всех технологий. В то время как значительное количество работ посвящено выбросам веществ, загрязняющих воздух, и эксплуатационному использованию воды, сведений о влиянии выбросов от начала проекта на воду, землепользование и здоровье недостаточно в отличие от влияния, связанного с загрязнением воздуха. Оценки выбросов ПГ сконцентрированы на тех областях, которые наиболее хорошо описаны в литературе, таких, как выработка электроэнергии и транспортные виды топлива. Энергия для теплоснабжения и коммунального хозяйства рассмотрена коротко, в частности, только в отношении загрязнения воздуха и здоровья. Последствия для биоразнообразия и экосистем в большинстве случаев привязаны к местности, и их сложно представить в количественной форме, поэтому они представлены более качественным образом. Для учета нагрузки, связанной с экстренными случаями в отличие от нагрузки при нормальном функционировании выполнен обзор рисков, связанных с энергетическими технологиями. [9.3.4]

ОЖЦ для выработки электроэнергии указывают на то, что выбросы ПГ от технологий ВИЭ, вообще значительно ниже, чем выбросы, связанные с использованием ископаемого топлива, и в ряде случаев, меньше, чем при использовании ископаемого топлива в комбинации с УХУ. Оценки выбросов для КСЭ, геотермальной энергии, гидроэлектроэнергии, энергии океана и ветра показывают, что максимальные значения меньше или равны 100 г CO<sub>2</sub> экв/кВтч, а медианные значения для всех ВИЭ лежат в диапазоне от 4 до 46 г CO<sub>2</sub> экв/кВтч. Верхний квартиль распределения оценок для ФЭ и биоэнергетики в два или три раза выше максимума для других технологий ВИЭ. Однако баланс ПГ от выработки биоэнергии менее определен: за исключением ИЗП, выбросы ПГ



**Рисунок ТР.9.3** | Импорт энергии в процентах от общего потребления первичной энергии (%) для угля (каменный уголь и бурый уголь), сырой нефти и природного газа для выборочных регионов мира в 2008 г. Отрицательные значения указывают на страны, являющиеся в конечном счете экспортерами энергоносителей. [рисунок 9.6]

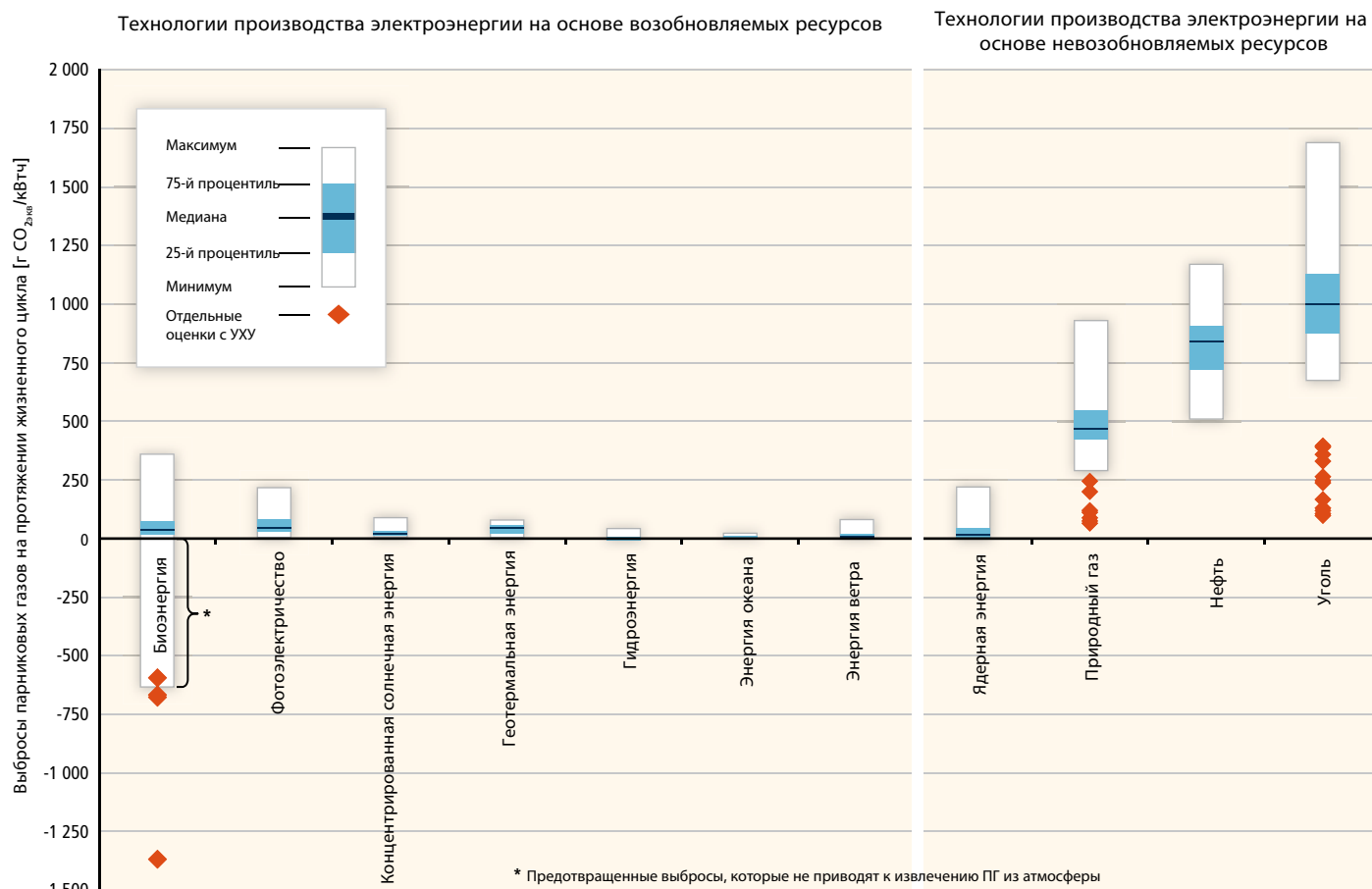
от биоэнергетики могут оказаться ниже, чем выбросы систем, работающих на ископаемом топливе, а выбросы ПГ от остатков производства и отходов на свалках, а также побочных продуктов могут быть предотвращены; комбинация биоэнергии и УХУ может обеспечить дополнительные сокращения (рисунок ТР.9.4). [9.3.4.1]

Разное качество вырабатываемой энергии, а также прямые или косвенные ИЗП, связанные с использованием различных источников для выработки энергии, потенциально влияют на работу энергосистем, и могут уменьшить выгоды от сокращения выбросов ПГ, полученные в результате перехода на выработку возобновляемой электроэнергии, но вряд ли сведут ее на нет. [9.3.4.1]

Такие показатели, как время окупаемости энергии, при помощи которых описывается энергетическая эффективность технологий или видов топлива, быстро снизились для некоторых технологий ВИЭ за последние несколько лет (например, ветер и ФЭ) в связи с появлением технологических новшеств и экономии за счет роста производства. Технологии получения энергии на основе ископаемого и ядерного видов топлива характеризуются непрерывной потребностью в извлечении и обработке топлива для получения энергии, важность которых может возрастать, поскольку качество традиционно предоставляемого топлива уменьшается, а доля некондиционных видов топлива растет. [9.3.4.1]

Для оценки выбросов ПГ в результате использования транспортных видов топлива была проведена сравнительная оценка выборочных видов топлива на основе нефти, биотоплива первого поколения (например, этанол, полученный на основе сахара и крахмала; биодизель, полученный на основе масличных культур и возобновляемый дизель) и выборочных видов биотоплива следующего поколения, полученных на основе древесноцеллюлозных биомасс (например, этанол и дизель, полученный с использованием процесса Фишера-Тропша) на протяжении полного цикла производства топлива. В данном сравнении выбросы ПГ от ИЗП (прямые и косвенные) и другие косвенные эффекты (например, рост потребления нефти) исключены, но по отдельности рассмотрены ниже. Замещение видов топлива, основанных на нефтепродуктах, на биотопливо имеет потенциал с точки зрения сокращения выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла и непосредственно связано с цепочкой снабжения топливом. В то время как использование биотоплива первого поколения имеет относительно умеренный потенциал уменьшения ПГ (от -19 до 77 г CO<sub>2</sub>экв/МДж для первого поколения биотоплива в отличие от диапазона от 85 до 109 г CO<sub>2</sub>экв/МДж для нефтяных видов топлива), большинство видов биотоплива следующих поколений (с выбросами ПГ на протяжении жизненного цикла в диапазоне -10 и 38 г CO<sub>2</sub>экв/МДж) могут приносить больше пользы в плане смягчения воздействий на климат. Оценки выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла различны и неопределенны как для биотоплива, так и для видов топлива на основе нефти, преимущественно благодаря допущениям в отношении биофизических параметров, методологических вопросов, а также места и способов производства сырья. [9.3.4.1]





Число оценок	222(+4)	124	42	8	28	10	126	125	83(+7)	24	169(+12)
Число ссылок	52(+0)	26	13	6	11	5	49	32	36(+4)	10	50(+10)

**Рисунок ТР.9.4** | Оценка выбросов ПГ (г CO<sub>2</sub>экв./кВтч) на протяжении жизненного цикла широких категорий технологий производства электроэнергии, а также некоторых технологий, интегрированных с УХУ. Чистые изменения запасов углерода, относящихся к землепользованию (главным образом, применительно к биоэнергии и гидроэлектроэнергии, полученных из резервуаров), и воздействия на землепользование исключены; отрицательные оценки<sup>1</sup> для биоэнергии основаны на допущениях о предотвращенных выбросах от остатков производства отходов на свалках и побочных продуктов. Ссылки и методы для проведения обзора приведены в приложении II. Число оценок больше, чем количество ссылок, поскольку во многих работах рассматривались многофакторные сценарии. Цифры, приведенные в круглых скобках, имеют отношение к дополнительным ссылкам и оценкам, в которых рассматриваются технологии с УХУ. Дистрибутивная информация относится к оценкам, доступным в настоящее время в литературе, посвященной ОЖЦ, но не обязательно используется для подкрепления теоретических и практических экстремумов или является основной реальной тенденцией при рассмотрении всех условий для внедрения. [рисунок 9.8]

Примечание: 1. «Отрицательные оценки» в рамках терминологии оценок жизненного цикла, представленных в настоящем докладе, относятся к предотвращенным выбросам. В отличие от случая сочетания производства биоэнергии с УХУ, предотвращенные выбросы не приводят к извлечению ПГ из атмосферы.

Выбросы ПГ от ИЗП на протяжении жизненного цикла сложно оценить количественно, поскольку практики регулирования земельными и биомассовыми ресурсами в значительной степени влияют на получение выгод с точки зрения сокращения выбросов ПГ и, таким образом, на устойчивость биоэнергии. Изменения в землепользовании и управлении землепользованием, прямо или косвенно вызванные производством биомасс, которые используются в качестве топлива для получения энергии или тепла, могут привести к изменениям в запасах углерода, находящимся в земной коре. В зависимости от первоначальных условий земель, подвергаемых изменению, эти изменения могут привести либо к значительным предварительным выбросам, требующим задержки во времени от десятилетий до столетий для достижения чистого сбережения, либо к улучшению чистого поглощения углерода в почве и

наземных биомассах. Проведение оценок чистого эффекта в результате использования биоэнергии в отношении ПГ осложняется наличием проблем, связанных с наблюдениями, измерениями и определением косвенного ИЗП, которое зависит от экологического, экономического и политического контекста и которое невозможно непосредственно пронаблюдать или легко отнести к одному единственному варианту. Иллюстративные оценки прямых и косвенных выбросов ПГ, связанных с ИЗП, обусловлены несколькими возможностями использования биотоплива первого поколения и представляют собой основные тенденции (на основе различных представленных методов) на 30-летний период: для этанола (пшеница ЕС, маис США, бразильский сахарный тростник) от 5 до 82 г CO<sub>2</sub>экв./МДж и для дизеля (соя и семена рапса) от 35 до 63 г CO<sub>2</sub>экв./МДж. [9.3.4.1]

Последствия загрязнения воздуха на местном и региональном уровнях представляют собой другую важную область для оценки, поскольку загрязнители воздуха (включая твердые частицы (ТЧ), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), диоксид серы (SO<sub>2</sub>) и неметановые летучие органические вещества (НМЛОС)) воздействуют в глобальном [вставка 9.4], региональном и локальном масштабе. По сравнению с выработкой энергии на основе ископаемого топлива технологии выработки возобновляемой энергии без использования процесса горения имеют потенциал для значительного сокращения регионального и локального загрязнения воздуха и связанное с ним воздействия на здоровье людей (см. ниже в данном разделе). Для транспортных видов топлива, с другой стороны, эффект перехода на биотопливо в отношении выхлопных выбросов пока не ясен. [9.3.4.2]

Локальные выбросы загрязнителей воздуха в результате горения ископаемого топлива и биомасс оказывают наиболее существенное воздействие на здоровье человека, связанное с энергией. Загрязнение внешней среды, а также загрязнение воздуха жилых помещений в результате горения угля и традиционных биомасс оказывают более существенное воздействие на здоровье человека и признано в качестве одного из наиболее важных факторов, влияющих на заболеваемость и смертность по всему миру, особенно у женщин и детей в развивающихся странах. В 2000 г., например, сравнительные количественные оценки рисков для здоровья показали, что более 1,6 миллионов смертных случаев и более 38,5 миллионов случаев лет жизни с поправкой на инвалидность (ГЖПИ) отнесены за счет загрязнения внутренних помещений дымом от горения твердого топлива. Меры по смягчению такого воздействия, помимо замещения вида топлива, включают усовершенствование кухонных плит, вентиляцию, проектирование зданий и изменения в поведении. [9.3.4.3]

Виды воздействий на воду относятся к потреблению воды в энергетических технологиях на предварительной стадии и стадии эксплуатации, а также к качеству воды. Данные воздействия привязаны к конкретному месту и требуют рассмотрения применительно к локальным ресурсам и потребностям. Технологии ВИЭ, такие как гидроэлектроэнергетика и некоторые системы получения биоэнергии, например, зависят от наличия воды и могут либо увеличить конкуренцию в отношении воды, либо смягчить ее недостаток. В районах с недостаточными ресурсами воды, нетермические технологии ВИЭ (например, ветер и ФЭ) могут предоставлять электроэнергию без дополнительного стресса для водных ресурсов. Традиционно в технологиях охлаждения на основе ВИЭ (например, КСЭ, геотермальная энергия, биоэнергия) в ходе процесса эксплуатации может быть использовано больше воды, чем при применении технологии без использования ВИЭ, а схемы сухого охлаждения могут сократить это воздействие (рисунок ТР.9.5). Для некоторых энергетических технологий использование воды в производственных процессах может быть значительным. В частности, для извлечения топлива и производства сырья для биомассы; включая последнее, зона обслуживания проточной водой, необходимой для выработки электроэнергии на основе биомассы, может превышать в несколько сотен раз потребности при эксплуатационном водопотреблении для тепловых электростанций. Производство исходного сырья, добыча полезных ископаемых и обработка топлива могут также влиять на качество воды. [9.3.4.4]

Большинство энергетических технологий подразумевают на протяжении всей цепочки снабжения значительные потребности в земле. В то время как количество литературы, посвященной оценкам жизненного цикла для землепользования в энергетических технологиях, является недостаточным, имеющиеся данные показывают, что жизненный цикл землепользования в энергетических цепочках с использованием ископаемого топлива может сравниться, или даже оказаться больше, чем для землепользования при использовании источников ВИЭ. Для большинства источников ВИЭ потребности в землепользовании велики на оперативной стадии. Исключением является интенсивность землепользования

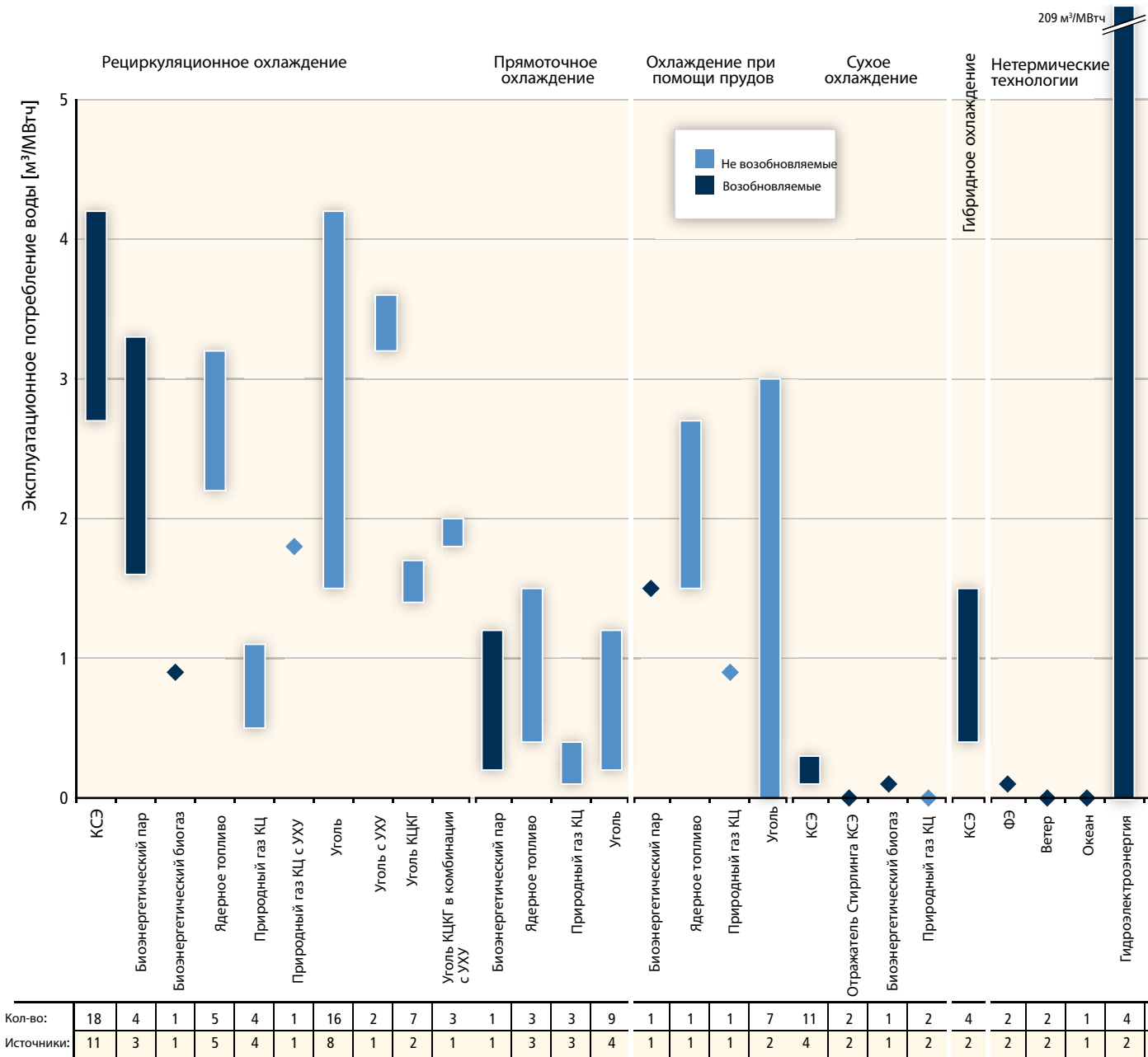
при выработке биоэнергии с использованием специального исходного сырья, которая значительно выше, чем для любой другой энергетической технологии и которая проявляется в значительной нестабильности урожайности энергетических культур на гектар для различного исходного сырья и климатических зон. Для применения ряда технологий ВИЭ (ветер, волны и океан) занимают большие площади, при этом имеются возможности для их вторичного использования, например, для деятельности, относящейся к сельскому хозяйству, рыболовству и отдыху. [9.3.4.5] Воздействия на экосистему и биоразнообразие (привязанные к определенной местности) относятся к землепользованию. Происходящие различными путями, особо выраженные из таких воздействий заключаются в крупномасштабном прямом физическом изменении среды обитания и более опосредованном истощении естественной среды. [9.3.4.6]

Сравнительная оценка аварийности является важнейшим аспектом во всеобъемлющей оценке аспектов энергетической безопасности и эффективности устойчивости, связанных с существующими и будущими энергетическими системами. Риски для общества и окружающей среды, обусловленные энергетическими технологиями, имеют место не только в ходе фактической выработки энергии, но на всех стадиях энергетических цепочек. Случайные риски, обусловленные технологиями ВИЭ, не принимаются в расчет, но структура технологий, часто децентрализованная, серьезно ограничивает потенциально возможные губительных последствий в контексте человеческих жертв. В то время как технологии ВИЭ, как правило, показывают низкие коэффициенты смертности от несчастных случаев, плотины связанные с некоторыми гидроэнергетическими проектами могут создавать специфические риски в зависимости от факторов привязки месту. [9.3.4.7]

## 9.4 Последствия сценариев устойчивого развития для возобновляемой энергии

Принимая во внимание более статический анализ последствий существующих и перспективных систем ВИЭ для четырех целей УР, проведена динамическая оценка воздействия возможных будущих сценариев внедрения ВИЭ для УР, которая включает межвременной компонент УР. Поскольку взаимодействие будущих сценариев ВИЭ и УР нельзя предвидеть, опираясь на частичный анализ отдельных энергетических технологий, исследование основано на результатах, приведенных в посвященной сценариям литературе, в которой обычно рассматривается портфель технологических альтернативных вариантов в рамках глобальной или региональной энергетической системы. [9.4]

Подавляющее большинство моделей, которые были использованы для выработки рассмотренных сценариев (см. главу 10, раздел 10.2), охватывают взаимодействие между различными вариантами для поставки, преобразования и использования энергии. Разброс моделей находится в пределах от региональных энергосберегающих моделей до моделей совокупной оценки (МСО), которые здесь называются интегрированными моделями. Исторически эти модели были гораздо более направлены на технологические и макроэкономические аспекты преобразования энергии, в результате чего, главным образом, были выработаны комплексные показатели степени проникновения технологий или энергии, вырабатываемой за счет конкретных источников. Полезность этих моделей при разработке долгосрочных сценариев и их потенциал для углубления понимания взаимосвязей между УР и ВИЭ основаны на их способности рассматривать связи между широким рядом видов деятельности человека в различных региональных и временных масштабах. Интегрированные модели непрерывно подвергаются совершенствованиям, некоторые аспекты которых будут критически важными для представления проблем устойчивого развития в будущем, например, повышение их временного и пространственного разрешения будет способствовать лучшей репрезентативности распределения благ среди населения и представит более высокий уровень детализации определения характеристик физической системы Земля. [9.4]



**Рисунок ТР.9.5** | Диапазоны изменения эксплуатационного потребления воды в термических и нетермических технологиях выработки электроэнергии на основе обзора доступной литературы (м³/МВтч). Полоски представляют абсолютные диапазоны, взятые из доступной литературы, ромбы - единичные оценки; n - количество оценок, представленных в источниках. Методы оценок и ссылки, используемые в данном обзоре литературы, содержатся в приложении II. Следует отметить, что верхние значения для гидроэлектроэнергии приводятся в нескольких работах, в которых была проведена оценка значений суммарных испарений, и могут не быть репрезентативными (см. вставку 5.2). [рисунок 9.14]

Примечания: КСЭ: концентрированная солнечная энергия; УХУ: улавливание и хранение углерода; КЦКГ: комбинированный цикл комплексной газификации; КС: комбинированный цикл; ФЭ: фотоэлектричество.

Оценка направлена на определение существующих возможностей анализов, основанных на моделях, в отношении сценариев УР и роли ВИЭ, а также на представление возможностей для улучшения анализов на основе моделей в целях углубления понимания вопросов устойчивости в будущем. [9.4]

### 9.4.1 Социальное и экономическое развитие

Интегрированные модели, по большей части, имеют серьезную макроэкономическую перспективу и не учитывают прогрессивные показатели

благополучия. [9.2.2, 9.3.1] Вместо этого, они нацелены на экономический рост, который сам по себе является недостаточной мерой устойчивого развития, но может быть использован как индикативный показатель благополучия в контексте различных сценариев стабилизации. В сценариях смягчения воздействий обычно устанавливаются жесткие временные ограничители устойчивости путем введения допущения о верхней границе будущих выбросов ПГ. Эти ограничения влекут за собой убытки для благополучия (обычно измеряемые как ВВП или прошлое потребление), основанные на допущениях о наличии и стоимости технологий смягчения. Лимитирование

наличия технологических альтернативных вариантов для целей ограничения ПГ увеличивает будущие потери для благосостояния. Работы, посвященные анализу последствий ограничения для различных уровней стабилизации концентрации ПГ, показывают, что широкая доступность всех технологий ВИЭ существенно важна для достижения низких уровней стабилизации, а полная доступность низкоуглеродных технологий, включая ВИЭ, существенно важна для поддержания затрат на смягчение последствий на относительно низких уровнях, даже для менее жестких уровней стабилизации. [9.4.1]

В отношении региональных последствий анализы сценариев показывают, что развивающиеся страны, по всей вероятности, испытают наибольшее расширение производства возобновляемой энергии. При наличии до сих пор нерешенной проблемы в отношении высоких НСЭ технологий ВИЭ, эти результаты увеличивают потенциальные возможности развивающихся стран с тем, чтобы они смогли миновать стадии развития с высокой интенсивностью выбросов, которым развитые страны следовали до сих пор. Возможности регионального смягчения будут, однако, различаться в зависимости от многих факторов, включая доступность технологий, а также рост населения и экономический рост. Затраты также будут зависеть от распределения разрешений на выбросы, которыми можно будет торговать, как на начальном этапе, так и в динамике по времени в условиях глобального режима смягчения воздействий на климат. [9.4.1]

Как правило, в анализах сценариев связи между ВИЭ, смягчением воздействий и экономическим ростом в развитых и развивающихся странах аналогичны, только в странах, не включенных в Приложение I, движущие факторы обычно значительнее, чем в странах, включенных в Приложение I, вследствие более быстрого предполагаемого экономического роста и соответственно постепенного увеличения бремени, связанного со смягчением воздействий. Однако, модельные структуры, используемые для выработки долгосрочных глобальных сценариев, обычно предполагают превосходно функционирующие экономические рынки и институциональные инфраструктуры во всех регионах земного шара. Кроме того, они также содействуют ослаблению отрицательного воздействия особого стечения обстоятельств, которые доминируют в странах, особенно в развивающихся, где эти предположения менее обоснованы. Эти различия и влияние, которое они могут оказывать на социальное и экономическое развитие стран должны стать областью активных исследований в будущем. [9.4.1]

## 9.4.2 Доступ к энергии

Интегрированные модели на сегодняшний день довольно часто основаны на информации и опыте развитых стран и предполагают, что энергетические системы в других частях мира и на различных стадиях развития ведут себя подобным образом. В целом модели не захватывают важную и определяющую динамику процессов в развивающихся странах, таких как выбор вида топлива, поведенческую неоднородность и неформальную экономику. Эти процессы затрудняют оценку взаимодействия между ВИЭ и будущей доступностью энергоуслуг для различных групп населения, включая базовые задачи коммунальных хозяйств, транспортные перевозки, энергоснабжение коммерческой деятельности, промышленного производства и сельского хозяйства. Вместе с тем, в некоторых моделях начали учитываться такие факторы, как потенциальный дефицит поставок, неформальная экономическая деятельность и различные категории дохода, а также увеличиваться структура сферы распределения. [9.4.2]

Анализ доступных сценариев до сих пор характеризуются значительной степенью неопределенности. Для Индии результаты сценариев показывают, что распределение дохода в обществе является важным моментом для увеличения доступа к энергии и роста дохода. Также увеличение доступа к энергии не

обязательно выгодно для всех аспектов УР, поскольку переход к современной энергии, к примеру, от традиционных биомасс может просто быть переходом на ископаемое топливо. В общем, анализы доступных сценариев подчеркивают роль политики и финансов в увеличении доступа к энергии, хотя принудительный переход к возобновляемой энергии, который может повысить доступность современных энергоуслуг, может негативно сказаться на бюджетах домашних хозяйств. [9.4.2]

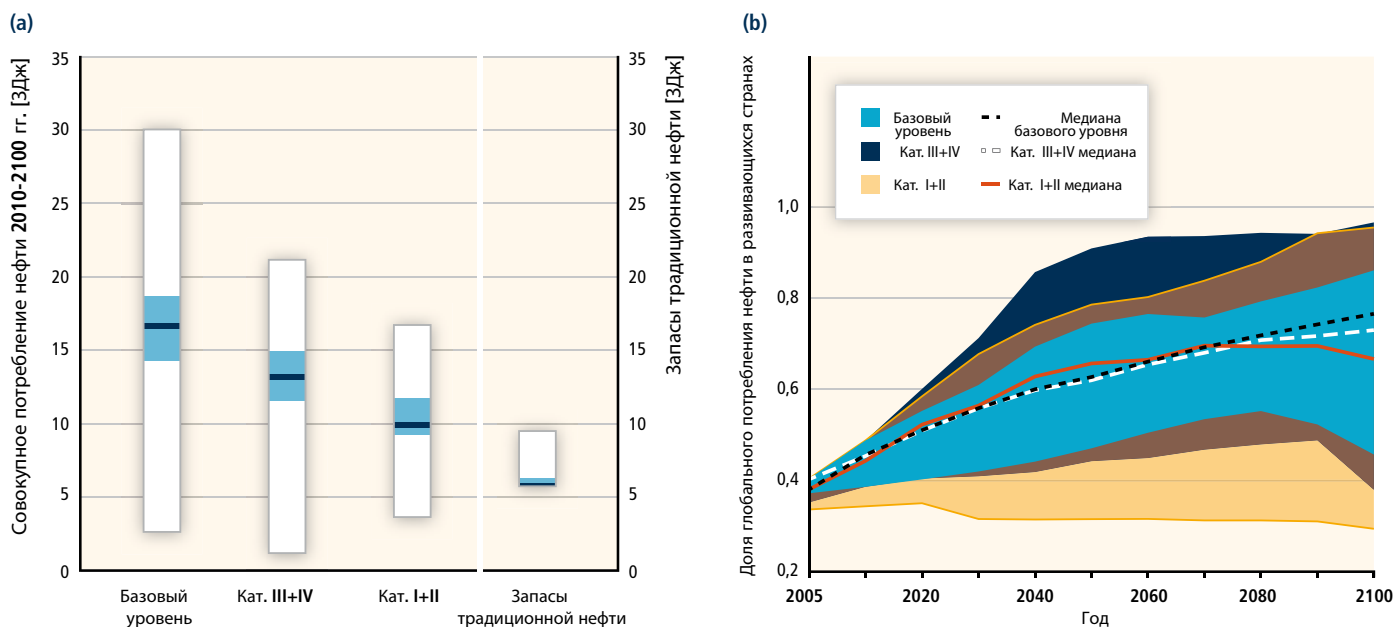
Дальнейшие улучшения структуры сферы распределения и элементов структурной жесткости (неспособность многих моделей охватить социальные явления и структурные изменения, которые лежат в основе использования людьми энергетических технологий) являются особенно сложной проблемой. Четкое представление энергетических последствий для беднейших групп, женщин, особых этнических страновых групп или людей, находящихся в особых географических районах, как правило, не входят в результаты существующих глобальных моделей. Для того чтобы предоставить всеохватывающий обзор множества возможных вариантов обеспечения доступа к энергии, будущие энергетические модели должны нацеливаться на более четкое представление соответствующих определяющих факторов (таких, как традиционные виды топлива, режимы электрификации и распределение дохода) и их привязку к представлению альтернативных сценариев развития. [9.4.2]

## 9.4.3 Энергетическая безопасность

ВИЭ могут влиять на энергетическую безопасность посредством уменьшения отрицательных последствий в отношении как наличия, так и распределения ресурсов, а также нестабильности энергетических источников. [9.2.2, 9.3.1] В тех случаях, когда внедрение ВИЭ в сценарии смягчения последствий сокращает общий риск сбоя путем диверсификации энергетического портфеля, энергетическая система менее восприимчива к (внезапным) перебоям в энергоснабжении. В сценариях данная роль ВИЭ будет изменяться вместе с формой энергии. Энергия солнца, ветра и океана, которая тесно связана с производством электроэнергии, имеет потенциал для замещения локализованных и постепенно уменьшающихся ископаемых видов топлива в строительном и промышленном секторах. При осуществлении политики смягчения воздействий углерода выработка электроэнергии может быть относительно без труда декарбонизирована. С другой стороны спрос на жидкие виды топлива в транспортном секторе останется неперестраиваемым в случае, если не будет сделано никакого технологического прорыва. Биоэнергетика может играть важную роль, но эта роль будет зависеть от наличия УХУ, которые могут перейти на выработку энергии с УХУ—которая обеспечит отрицательные чистые выбросы углерода для системы и в значительной мере выровняет общие усилия по смягчению. [9.4.1, 9.4.3]

В этом контексте обеспокоенность в отношении энергетической безопасности, которая связана с перебоями в снабжении нефтью, имевшими место в прошлом, вероятно, останется обоснованной и в будущем. Для развивающихся стран вопрос станет даже более важным, поскольку их доля в глобальном общем потреблении нефти увеличивается при всех сценариях, оценка которых была выполнена (рисунок ТР.9.6b). Поскольку технологические альтернативы для нефти, например, биотопливо и/или электрификация транспортного сектора, не играют доминирующей роли при анализе сценариев, в большинстве сценариев смягчения воздействий значительной разницы между базовыми и политическими сценариями в отношении совокупного потребления нефти не наблюдается (рисунок ТР.9.6a). [9.4.3]

Увеличение рынков биоэнергии может спровоцировать дополнительную обеспокоенность, связанную с энергетической безопасностью в будущем в случае,



**Рисунок ТР.9.6** | (а) Запасы традиционной нефти по сравнению с прогнозируемым совокупным потреблением (ЗДж) с 2010 по 2100 гг. в сценариях, оценка которых была проведена в главе 10 для различных категорий сценариев: базовые сценарии, сценарии категорий III и IV и сценарии низкой стабилизации (категория I+II). Жирная темно-синяя линия соответствует медиане, голубая часть полоски соответствует интерквартильному размаху (25-75 процентилей), а белые части полосок соответствуют общему разбросу между всеми рассмотренными сценариями. Вертикальная полоска справа представляет собой диапазон подтвержденных резервов извлекаемых запасов традиционной нефти (голубая часть полоски) и оценки дополнительных запасов (белая часть полоски). (б) Разброс глобального потребления нефти в странах, включенных в Приложение I, для различных категорий сценариев в динамике по времени, на основе сценариев, рассмотренных в главе 10. [рисунок 9.18]

если оно будет охарактеризовано малым числом продавцов, что демонстрирует аналогии с сегодняшними рынками нефти. В таких условиях риск того, что цены на продовольствие будут связаны с изменчивостью рынков биоэнергии, придется смягчить для уменьшения отрицательного влияния на УР, поскольку высокие и нестабильные цены на нефть определенно могут причинить ущерб малообеспеченным слоям населения. [9.4.3]

Внедрение технологий переменчивых ВИЭ добавляет также такие новые проблемы, как уязвимость к опасным природным явлениям или колебаниям международных цен, которые пока не в достаточной степени учитываются крупными интегрированными моделями. Дополнительные усилия по повышению надежности систем, по всей вероятности, увеличат стоимость и потребуют балансировки (такой, как обеспечение запасов энергии), обеспечения дополнительной гибкой выработки, укрепления сетевой инфраструктуры и взаимосвязей, развертывания технологий хранения энергии и модификации институциональных мероприятий, включая регуляторные и рыночные механизмы. [7.5, 8.2.1, 9.4.3]

Рассмотрение вопросов, связанных с энергетической безопасностью, в наши дни обычно концентрируется на недавно возникших наиболее значимых вопросах энергетической безопасности. Вместе с тем, будущие аспекты энергетической безопасности могут выходить далеко за пределы этих вопросов, например, в отношении значительных материальных затрат на технологии ВИЭ. Такие более широкие проблемы, а также варианты их решения, например, повторное использование, в основном, отсутствуют в будущих сценариях в отношении смягчения воздействий и ВИЭ. [9.4.3]

#### 9.4.4 Смягчение воздействий на изменение климата и последствия для окружающей среды и здоровья в сценариях будущего

Замена ископаемых видов топлива на ВИЭ или другие низкоуглеродные технологии может внести значительный вклад в сокращение выбросов  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_2$ . Несколько моделей в явном виде учитывают факторы, связанные с воздействием на окружающую среду или здоровье, такие как серноокислые загрязнения. Результаты некоторых сценариев показывают, что политика в области климата может способствовать уменьшению локального загрязнения воздуха (например, ТЧ), однако политика, направленная на сокращение загрязнения воздуха, не обязательно будет приводить к сокращению выбросов ПГ. Другие результаты некоторых потенциальных энергетических сценариев представляют собой возможное отвлечение земель в поддержку производства биотоплива. Результаты сценариев указывают на возможность того, что политика в области климата, если не будет сопровождаться другими политическими мерами, может привести к широкому распространению обезлесения, а землепользование сместится в сторону возделывания биоэнергетических сельскохозяйственных культур с возможными негативными последствиями для УР, включая выбросы ПГ. [9.4.4]

К сожалению, существующая литература, посвященная сценариям, не четко определяет многие элементы устойчивого энергетического развития, которые не связаны с выбросами, такие как водопользование, влияние энергетического выбора на обслуживание на уровне домашних хозяйств или на качество воздуха в помещениях. Это можно частично объяснить тем, что модели разработаны

для того, чтобы рассматривать довольно крупные регионы мира без включения деталей, связанных с доходом или географическим распределением. Для широкой оценки воздействий на окружающую среду на региональном и локальном уровнях, потребуется, чтобы в моделях рассматривались географические воздействия в менее крупных масштабах, которые являются предметом проводимых в настоящее время исследований. Итак, многие модели не предусматривают явным образом включения результатов ОЖЦ технологических альтернатив. Вопросы о том, какие это будут воздействия, будут ли проведено их сравнение по категориям, и как проводить такое сравнение, а также могут ли они быть включены в будущие сценарии, могли бы представлять собой области, представляющие интерес для будущих исследований. [9.4.4]

## 9.5 Барьеры и возможности для возобновляемой энергии в контексте устойчивого развития

Следование стратегии внедрения возобновляемой энергии в контексте УР предполагает, что большинство видов воздействий на окружающую среду, общество и экономику должны учитываться в явном виде. Процессы сводного планирования, осуществления политики и внедрения могут обеспечить поддержку посредством предвидения и преодоления потенциальных барьеров на пути внедрению ВИЭ, а также рассмотрения благоприятных возможностей для этого. [9.5]

Барьеры, появление которых наиболее вероятно в контексте устойчивого развития и которые могут либо затруднить освоение ВИЭ, либо повлечь взаимовлияние с критериями УР, относятся к социально-культурным, информационно-просветительским, рыночным и экономическим барьерам. [9.5.1]

Социально-культурные барьеры или проблемы, требующие решения, возникают по различным причинам и в действительности связаны с социальными и личностными ценностями и нормами. Такие ценности и нормы затрагивают восприятие и принятие технологий ВИЭ, а также потенциальные последствия и перспективу их внедрения частными лицами, группами и сообществами. С точки зрения устойчивого развития барьеры могут возникнуть в результате уделения недостаточного внимания к социально-экономическим проблемам, которые включают препятствия, связанные с принципами поведения; естественной средой обитания, объектами, представляющими природную и культурную ценность, включая воздействия на биоразнообразие и экосистемы; эстетику ландшафтов; а также права на водопользование/землепользование и наличие воды и земель для конкурирующих видов потребления. [9.5.1.1]

Информирование общественности и ее благожелательное отношение является важным элементом для необходимого быстрого и крупномасштабного освоения ВИЭ с тем, чтобы содействовать достижению целей смягчения отрицательных воздействий на изменение климата. Крупномасштабное внедрение ВИЭ может быть успешно осуществлено только при условии понимания и поддержки со стороны общественности. Это может потребовать целенаправленных усилий по информированию о достижениях и благоприятных возможностях, связанных с широкомасштабными применениями. В то же время участие общественности в принятии решений по планированию, а также факторы объективности и справедливости при распределении выгод и затрат, связанных с освоением ВИЭ, играют одинаково важную роль и не могут быть проигнорированы. [9.5.1.1]

В развивающихся странах проблемы, связанные с ограниченными техническими и деловыми навыками, а также с отсутствием систем технической поддержки, особенно заметны в энергетическом секторе, где обладание информацией в отношении доступных и надлежащих вариантов ВИЭ и ее распространение среди

потенциальных потребителей является ключевым определяющим фактором использования и создания рынка. Этот пробел в информировании часто воспринимается как единственный наиболее важный фактор, влияющий на освоение ВИЭ и развитие малых и средних предприятий, которые способствуют экономическому росту. Кроме того, существует необходимость уделить особое внимание потенциалу участвующих сторон из частного сектора в целях разработки, внедрения и распространения технологий ВИЭ, включая увеличение технического и делового потенциала на микроуровне или уровне предприятий. [9.5.1.2]

Отношение к ВИЭ включает помимо рациональной составляющей, эмоциональную и психологическую. Для достижения успеха в усилиях и стратегиях в отношении освоения ВИЭ, а также информирования и просвещения эти вопросы должны приниматься во внимание в явной форме. [9.5.1.2]

Для оценки экономических показателей ВИЭ в контексте УР следует также в явной форме рассматривать социальные затраты и выгоды. Оценка ВИЭ должна производиться на основе количественных критериев, ориентированных на экономическую эффективность, региональное соответствие и экологические и дистрибутивные последствия. Размеры сетей и технологий являются ключевыми определяющими факторами для экономической жизнеспособности ВИЭ и конкурентоспособности ВИЭ по сравнению с невозобновляемыми видами энергии. Соответствующие технологии ВИЭ, которые являются экономически жизнеспособными, часто имеют возможность для расширения доступа к автономным источникам энергии в сельских районах, в частности, с небольшими автономными сетями и мини-сетями. [9.5.1.3]

В случаях, при которых внедрение ВИЭ является рентабельным с экономической точки зрения, могут иметь место иные экономические и финансовые барьеры. Большой объем предварительных капиталовложений, включая значительные затраты на установку и подключение к внешней сети, являются примерами установленных во многих случаях барьеров на пути освоения ВИЭ. В развивающихся странах наряду с внедрением ВИЭ для целей стимулирования экономического роста и УР, а также для активизации денежных хозяйств сельских и пригородных районов требуются системы политической и предпринимательской поддержки. Недостаток достаточных данных о потенциальных ресурсах влияет непосредственным образом на неопределенность в отношении наличия ресурсов, которая может быть переведена в повышенные ставки за риск для инвесторов и разработчиков проектов. Интернализация экологических и социальных внешних эффектов часто приводит к изменениям в классификации различных источников энергии и технологий и извлечению важных уроков для задач и стратегий УР. [9.5.1.3]

Стратегии УР на международном, национальном и местном уровнях, а также в частных и неправительственных сферах общества могут помочь в преодолении барьеров и создании возможностей для освоения ВИЭ путем интегрирования политики и практик в области ВИЭ и УР. [9.5.2]

Интегрирование политических мер в отношении ВИЭ в национальные и местные стратегии УР (в явном виде признанные на Всемирном саммите по устойчивому развитию 2002 г.) предоставляют собой рамочную основу для стран по выбору эффективных стратегий в области УР и ВИЭ и объединению их с международными политическими мерами. В этой связи национальные стратегии должны предусматривать устранение существующих финансовых механизмов, которые работают, противодействуя УР. К примеру, прекращение субсидирования использования ископаемого топлива может обладать потенциалом появления возможностей для более широкомасштабного использования ВИЭ или даже их выхода на рынок, однако любая реформа субсидий в направлении применения технологий ВИЭ должна учитывать конкретные нужды малообеспеченных слоев населения и требует проведения анализа конкретных ситуаций. [9.5.2.1]

МЧР, учрежденный в рамках Киотского протокола, является практическим примером механизма для УР, который интернализирует экологические и социальные внешние эффекты. Однако, не существует международных стандартов в отношении оценки устойчивости (включая сравнительные показатели УР) для учета слабых моментов в существующей системе при одобрении устойчивости. В качестве вклада в переговорный процесс по климатическому режиму после 2012 г. было сделано множество предложений по реформированию МЧР в целях улучшения процесса разработки новых и усовершенствованных механизмов для УР. [9.5.2.1]

Благоприятные возможности для того, чтобы возобновляемая энергия играла некоторую роль в национальных программах действий по УР, могут наступить в результате интегрирования целей УР и ВИЭ в политику в области развития и разработки отраслевых стратегий в отношении возобновляемой энергии, которые призваны внести вклад в задачи, необходимые для обеспечения «зеленого» роста, а также низкоуглеродного и устойчивого развития, включая скачкообразное развитие. [9.5.2.1]

На локальном уровне инициативы в области УР, предпринимаемые городскими и местными органами власти и частными и неправительственными организациями, могут стать движимыми факторами для изменений и содействия преодолению противодействия на местах внедрению ВИЭ. [9.5.2.2]

## 9.6 Обобщение, отсутствие данных и будущие потребности в исследованиях

ВИЭ может внести в разной степени вклад в УР и четыре определенные цели. В то время как выгоды от уменьшения воздействий на окружающую среду и здоровье могут представляться как в большей степени ясно очерченными, их соответствующий вклад, например, в социально-экономическое развитие, является менее определенным. Кроме того, страны могут установить приоритеты для четырех целей УР в соответствии с их уровнем развития. Вместе с тем, эти цели УР до известной степени также в значительной мере взаимосвязаны. Смягчение воздействий на изменение климата составляет по своей сути необходимое предварительное условие для успешного социального и экономического развития во многих развивающихся странах. [9.6.6]

Следуя этой логической схеме, смягчение воздействий на изменение климата может быть оценено в рамках парадигмы характеризующегося высокими показателями УР в случае, если задачи смягчения отрицательных последствий поставлены как физические и эксплуатационные ограничения на передачу электроэнергии в направлениях будущего развития. Если смягчение воздействий на изменение климата сбалансировано по отношению к росту экономики или другим социально-экономическим критериям, проблема сформулирована в рамках парадигмы слабого УР и предусматривает взаимосвязи между этими задачами с использованием типовых анализов экономической эффективности в целях обеспечения руководящих принципов для определения приоритетов. [9.6.6]

Вместе с тем, наличие неопределенности и отсутствие информации в качестве неотъемлемых компонентов любого направления развития, а также существование соответствующих и, возможно, «неприемлемо высоких» финансовых оценок альтернативных вариантов, делает непрерывные корректировки критически важными. В будущем интегрированные модели смогут содействовать лучшей увязке парадигм слабого и сильного УР для процессов принятия решений. В рамках четко определенных ограничений интегрированные модели могут рассматривать сценарии для различных вариантов смягчения, принимая во внимание остающиеся цели УР посредством включения важных

соответствующих показателей для восходящей оценки. В соответствии с типом модели эти альтернативные пути развития могут быть оптимизированы с целью получения социально выгодных результатов. Вместе с тем, в равной степени включение данных ОЖЦ, относящихся к выбросам ПГ, будет критически важным, в первую очередь, для четкого определения соответствующих уровней стабилизации концентрации ПГ. [9.6.6]

Для того, чтобы улучшить базу знаний в отношении взаимосвязей между УР и ВИЭ и найти ответы на вопросы, связанные с эффективными, экономически выгодными и социально приемлемыми трансформациями энергетической системы, необходимо разработать более тесную интеграцию понимания социальных, естественных и экономических наук (например, при помощи подхода, предполагающего анализ рисков), отражающую различные размерности устойчивости (в частности, межвременную, пространственную и относящуюся к разным поколениям). Пока база знаний зачастую ограничена весьма узким пониманием в отношении конкретных направлений исследований, которые не полностью охватывают многокомпонентность проблемы. [9.7]

## 10. Потенциал смягчения воздействий и затраты

### 10.1 Введение

Оценки будущих выбросов ПГ в значительной степени зависят от эволюции многих переменных, включая, среди прочих, экономический рост, рост населения, спрос на энергию, энергетические ресурсы, а также будущие затраты на повышение эффективности энергоснабжения и будущие технологии конечного применения. Смягчение воздействий и политические схемы, не относящиеся к смягчению воздействий, в будущем также будут оказывать влияние на внедрение технологий для смягчения воздействий и, следовательно, на выбросы ПГ и способность обеспечивать соответствие целям в области климата. Мало того, что при исследовании роли ВИЭ в процессе смягчения воздействий на изменение климата различные виды нагрузки обязательно должны рассматриваться одновременно [см. рисунок 1.14], сегодня невозможно знать с какой-либо определенностью, как эти различные ключевые факторы могут изменяться на протяжении десятилетий в будущем. [10.1]

Вопросы в отношении вероятной роли, которую ВИЭ будут играть в будущем, а также того, каким образом они будут содействовать смягчению воздействий ПГ, требуют рассмотрения в более широком контексте. В главе 10 представлены результаты проведения обзора 164 существующих среднесрочных и долгосрочных сценариев, разработанных на основе крупномасштабных интегрированных моделей. В рамках всеобъемлющего обзора рассмотрен диапазон уровней глобального освоения ВИЭ, представленных в недавно опубликованных сценариях, и определены многие ключевые виды нагрузки, которые обуславливают различие в сценариях (следует отметить, что данная глава опирается исключительно на существующие опубликованные сценарии и не предполагает создания каких-либо новых). В этом обзоре ВИЭ рассматривались как в целом, так и в контексте отдельных технологий ВИЭ. В обзоре особо отмечена важность взаимодействий и конкурентоспособности по сравнению с другими технологиями, а также постепенное изменение спроса на энергию в общем. [10.2]

Этот крупномасштабный обзор дополнен более детальным рассмотрением будущего внедрения ВИЭ с использованием 4 из 164 сценариев в качестве иллюстративных примеров. Выбранные сценарии, охватывающие диапазон различных будущих прогнозируемых результатов, относящихся к характерным

особенностям ВИЭ, основаны на различных методологиях и включают различные уровни стабилизации концентрации ПГ. Данный подход представляет собой следующий уровень детализации для рассмотрения роли ВИЭ в процессе смягчения воздействий на изменение климата с учетом различий между всевозможными видами применений (выработка электроэнергии, теплоснабжение и кондиционирование, транспорт) и регионами. [10.3]

Поскольку итоговая роль ВИЭ в значительной степени определяется факторами стоимости, по этой причине приводится более общее исследование кривой затрат и затратных аспектов. Данное исследование начинается с оценки достоинств и недостатков кривых предложения в отношении ВИЭ и смягчения воздействий ПГ, а также с обзора существующей литературы, посвященной региональным кривым предложений в отношении ВИЭ, и кривым затрат на меры по смягчению негативных воздействий на изменение климата, поскольку они имеют отношение к смягчению воздействий с использованием ВИЭ. [10.4]

Затраты на введение в хозяйственный оборот и освоение ВИЭ также рассмотрены. В главе приведен обзор существующих затрат на технологии ВИЭ, а также прогнозы изменения затрат в будущем. Для обеспечения возможности проведения оценки будущих объемов рынка и потребностей в инвестициях, на основе результатов четырех иллюстративных сценариев рассмотрены инвестиции в ВИЭ, в частности, в отношении того, что может потребоваться для достижения грандиозных целей защиты климатической системы. [10.5]

Стандартные экономические показатели не охватывают полный набор затрат. В этой связи обобщены и рассмотрены социальные и экологические затраты и выгоды в отношении расширения освоения ВИЭ в контексте смягчения воздействий на изменение климата и УР. [10.6]

## 10.2 Обобщение сценариев смягчения воздействий для различных стратегий в отношении возобновляемой энергии

Появляется возрастающее число анализов интегрированных сценариев, которые могут предоставить соответствующее понимание потенциального вклада ВИЭ в будущие поставки энергии и смягчение воздействий на изменение климата. Для предоставления более широкого контекста с целью понимания роли ВИЭ в процессе смягчения воздействий на изменение климата и влияния ВИЭ на затраты, связанные со смягчением таких воздействий, было рассмотрено 164 недавно опубликованных среднесрочных и долгосрочных сценария, полученных на основе 16 глобальных моделей совокупной оценки, связывающих экономику с энергией. Сценарии были собраны на основе предварительного просмотра. Сценарии охватывают широкий диапазон концентраций  $\text{CO}_2$  (от 350 до 1 050  $\text{млн}^{-1}$  концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере к 2100 г.) и включают как сценарии смягчения воздействий, так и базовые. [10.2.2.1]

Несмотря на то, что эти сценарии представляют только некоторые из опубликованных в последнее время и тщательно разработанных идей в отношении смягчения воздействий на климат и роли ВИЭ в смягчении воздействий на климат в среднесрочной и долгосрочной перспективах, они, как и в случае любого анализа на десятилетия вперед, должны интерпретироваться с большой осторожностью. Все эти сценарии были разработаны с использованием количественного моделирования и с учетом огромных различий в деталях и структуре моделей, использованных для создания этих сценариев. Кроме того, эти сценарии не являются случайной выборкой из возможных сценариев, которая должна использоваться для формального анализа неопределенностей. Некоторые группы, занимающиеся моделированием, представили больше сценариев, чем другие. При анализе ансамбля сценариев, который проведен на

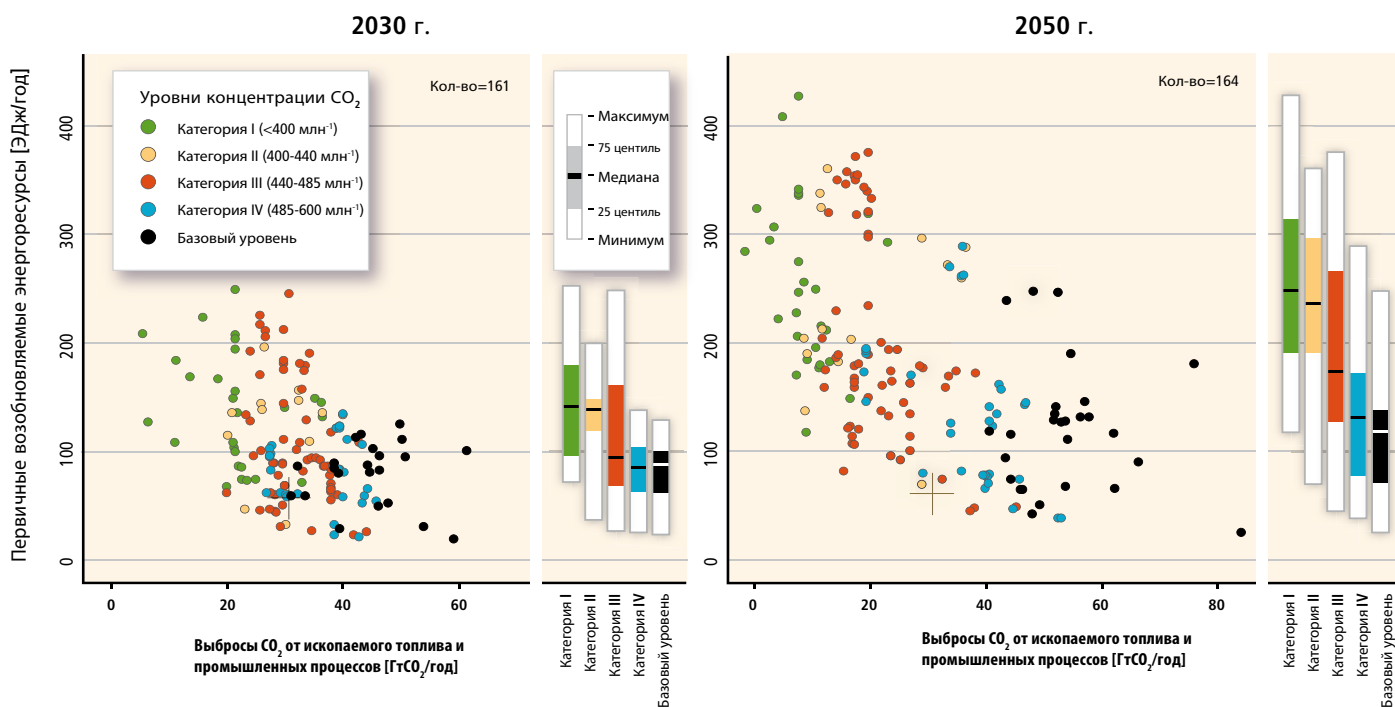
основе собранных из различных работ сценариев и представлен здесь, существует неизбежное напряжение между тем фактом, что сценарии на самом деле не являются случайной выборкой и сознанием того, что разносторонность сценариев все же представляет реальную и часто четкую аналитическую картину будущего или говорит о недостаточном уровне наших знаний о будущем. [10.2.1.2, 10.2.2.1]

Фундаментальным вопросом в отношении роли ВИЭ в смягчении воздействий на климат является вопрос о том, насколько тесно уровни внедрения ВИЭ коррелируются с долгосрочной атмосферной концентрацией  $\text{CO}_2$  или соответствующими целями в отношении климата. Сценарии показывают, что, несмотря на то, что существует высокая корреляция между возможными путями для выбросов  $\text{CO}_2$  от ископаемого топлива и промышленности и долгосрочными целями в отношении концентрации  $\text{CO}_2$  в сценариях, отношения между внедрением ВИЭ и целями в отношении концентрации  $\text{CO}_2$  значительно менее устойчивы (рисунок TP.10.1). Внедрение ВИЭ, как правило, увеличивается со строгостью цели концентрации  $\text{CO}_2$ , но существует огромное разнообразие уровней внедрения ВИЭ для любой цели концентрации  $\text{CO}_2$ . Например, в сценариях, в которых атмосферная концентрация  $\text{CO}_2$  стабилизируется на уровне менее 440  $\text{млн}^{-1}$  (Категории I и II), медиана уровней внедрения ВИЭ составляет 139 ЭДж/год в 2030 г. и 248 ЭДж/год в 2050 г., с наибольшими значениями, достигающими 252 ЭДж/год в 2030 г. и до 428 ЭДж/год в 2050 г. Эти уровни значительно выше, чем соответствующие уровни внедрения ВИЭ в базовых сценариях, хотя следует признать, что диапазон внедрения ВИЭ в каждой из категорий стабилизации  $\text{CO}_2$  довольно широк. [10.2.2.2]

В тоже время также важно отметить, что, несмотря на разброс значений, абсолютные значения внедрения ВИЭ намного выше сегодняшних в подавляющем большинстве сценариев. В 2008 г., глобальное предложение первичной возобновляемой энергии в прямом эквиваленте составляло примерно 64 ЭДж/год. Большая часть этого, около 30 ЭДж/год, обеспечивалась за счет традиционной биомассы. В отличие от этого, к 2030 г. во многих сценариях отмечается, что внедрение ВИЭ будет удвоено или сравнимо с сегодняшним днем, и в большинстве сценариев оно сопровождается сокращением использования традиционных биомасс и увеличением использования нетрадиционных ВИЭ. К 2050 г. уровни внедрения ВИЭ в большинстве сценариев выше 100 ЭДж/год (медиана на уровне 173 ЭДж/год), во многих сценариях достигают 200 ЭДж/год и в некоторых случаях превышают 400 ЭДж/год. С учетом того, что в большинстве сценариев использование традиционных биомасс сокращается, рост производства возобновляемой энергии, показанный в сценариях (за исключением традиционных биомасс), увеличивается примерно от трех до более чем в десять раз. Более половины сценариев показывают, что доля вклада ВИЭ превышает 17% от предложения первичной энергии в 2030 г., а в 2050 г. превышает 27%. Значения в сценариях с большей долей ВИЭ достигают примерно 43% в 2030 г. и 77% в 2050 г., а после 2050 г. доля внедрения увеличивается. Это является экстраординарным увеличением производства энергии на основе ВИЭ. [10.2.2.2]

Фактически, освоение ВИЭ является довольно крупномасштабным во многих базовых сценариях без предположений в отношении допустимого уровня стабилизации концентрации ПГ. К 2030 г. прогнозируемые уровни внедрения ВИЭ достигают 120 ЭДж/год, а во многих базовых сценариях превышают 100 ЭДж/год в 2050 г., и в некоторых случаях достигают 250 ЭДж/год. Такие высокие уровни минимально необходимого внедрения ВИЭ являются следствием множества допущений, лежащих в основе сценариев, например, допущений о том, потребление энергии продолжит расти в большой степени на протяжении столетия; предположений о способности ВИЭ внести вклад в расширение доступа к энергии; допущений о наличии ископаемых ресурсов и других допущений (например, повышение рентабельности и эффективности функционирования технологий ВИЭ), которые делают технологии ВИЭ экономически все более





**Рисунок TP.10.1** | Глобальные первичные энергоресурсы ВИЭ (прямой эквивалент) на основе 164 долгосрочных сценариев в качестве функции выбросов  $\text{CO}_2$  от ископаемого топлива и промышленных процессов в 2030 и 2050 гг. Выделение цветом основано на категориях уровней атмосферной концентрации  $\text{CO}_2$  в 2100 г. Вертикальные полоски справа от диаграммы рассеивания показывают уровни внедрения ВИЭ в каждой из категорий атмосферной концентрации  $\text{CO}_2$ . Жирная линия черного цвета соответствует медиане, цветные части полосок соответствуют интерквартильному размаху (от 25-го до 75-го процентиля), а белые части полосок соответствуют общему разбросу между всеми рассмотренными сценариями. Синие перекрестные линии показывают соотношение в 2007 г. Коэффициенты корреляции Пирсона для двух наборов данных составляют  $-0,40$  (2030 г.) и  $-0,55$  (2050 г.). По причинам, связанным с предоставлением данных, только 161 сценарий включены в результаты для 2030 г., приведенные здесь, в то время как полный набор состоит из 164 сценариев. Уровни внедрения ВИЭ ниже тех, которые на сегодняшний день являются результатом модельных расчетов, и различаются в отношении предоставления отчетности, касающейся биомасс. [рисунок10.2]

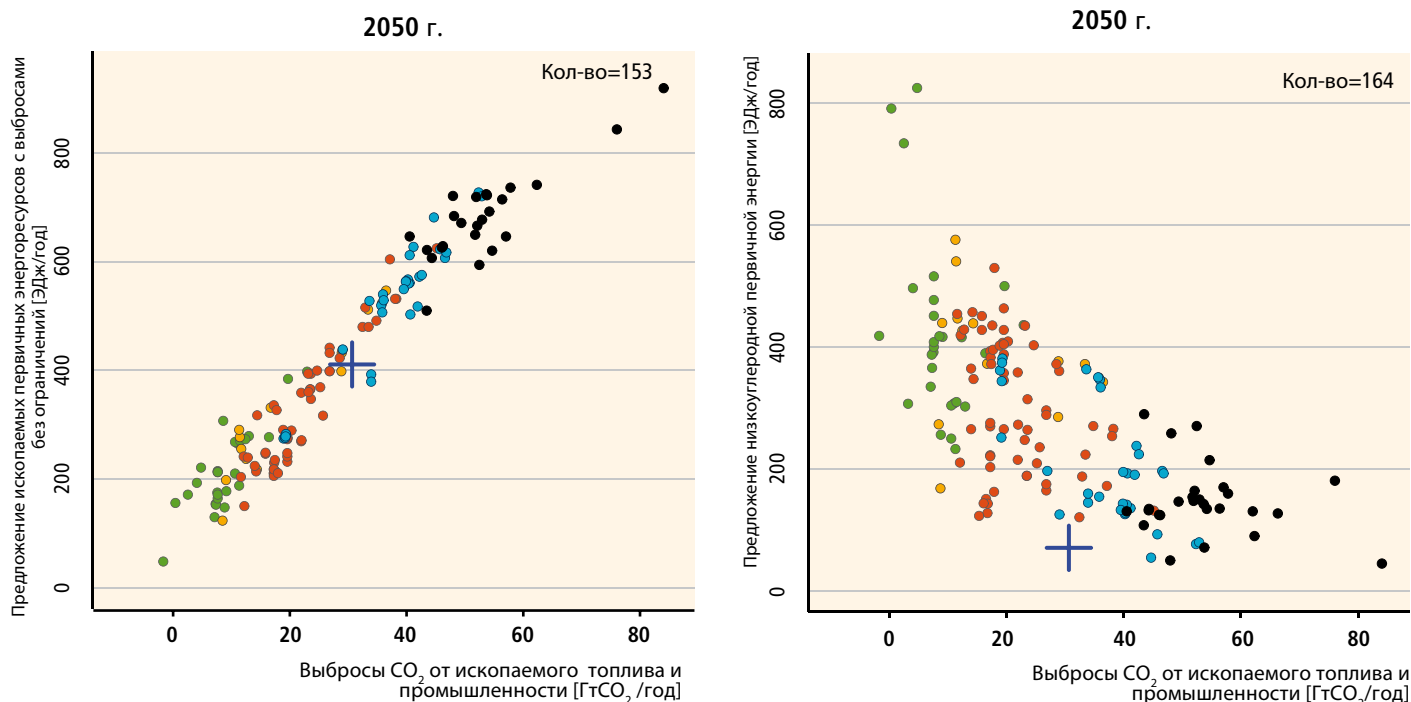
конкурентоспособными в отношении многих применений, даже при отсутствии политики в области климата. [10.2.2.2]

Неопределенность роли ВИЭ в процессе смягчения воздействий на климат является следствием неопределенности в отношении количества важных факторов, влияющих на внедрение ВИЭ. Двумя из этих важных факторов являются рост спроса на энергию и конкуренция с другими вариантами сокращения выбросов  $\text{CO}_2$  (преимущественно, ядерная энергетика и энергия на основе ископаемого топлива с использованием УХУ). Обеспечение долгосрочных климатических целей требует сокращения выбросов  $\text{CO}_2$  от энергетических и других антропогенных источников. Для любой цели в отношении климата это сокращение относительно хорошо определено; существует прочная связь между выбросами  $\text{CO}_2$  от ископаемого топлива и промышленности и внедрением энергии, выработанной на основе ископаемого топлива, с нерегулируемыми выбросами в сценариях (рисунок TP.10.2). Спрос на низкоуглеродную энергию (включая ВИЭ, ядерную энергию и энергию на основе ископаемого топлива с использованием УХУ) является простой разницей между общим спросом на первичную энергию и спросом на энергию, произведенную на основе ископаемого топлива с нерегулируемыми выбросами; итак, какая бы энергия не предлагалась, полностью спрос на энергию не может обеспечиваться за счет энергии на основе ископаемого топлива с нерегулируемыми выбросами, поскольку климатические сдерживающие факторы должны обеспечиваться либо за счет низкоуглеродной энергии, либо посредством мер по сокращению потребления энергии. Однако в сценариях отмечается огромная неопределенность в отношении роста спроса на энергию, особенно на много десятилетий вперед. Этот разброс значений обычно гораздо больше, чем влияние смягчения воздействий на потребление энергии. Результатом является значительная нестабильность низкоуглеродной энергии в отношении любых принятых целей по ограничению концентрации  $\text{CO}_2$  благодаря нестабильности спроса на энергию (рисунок TP.10.2). [10.2.2.3]

Конкуренция между ВИЭ, ядерной энергией и ископаемым топливом энергией с использованием УХУ увеличивает неустойчивость взаимосвязей между внедрением ВИЭ и целью в отношении концентрации  $\text{CO}_2$ . Затраты, эффективность и наличие конкурирующих вариантов со стороны предложения— ядерной энергии и ископаемого топлива с использованием УХУ—также не определены. Если вариант для внедрения этих технологий смягчения воздействия парниковых газов с другой стороны предложения является ограниченным—в связи с затратами и эффективностью функционирования, но также и потенциально вследствие барьеров, связанных с окружающей средой, социумом или национальной безопасностью—тогда, при прочих равных условиях, уровни освоения ВИЭ будут выше (рисунок TP.10.3). [10.2.2.4]

Существует также значительная неустойчивость в отношении характерных особенностей освоения отдельных технологий ВИЭ. Абсолютные масштабы внедрения значительно варьируются между технологиями, а абсолютные значения внедрения характеризуются большей неустойчивостью для некоторых технологий по отношению к другим (рисунки TP.10.4 и TP.10.5). Кроме того, временной масштаб внедрения варьирует между различными ВИЭ, а различия, по большей части, существуют между сегодняшними уровнями внедрения и (во многих случаях) связаны с допущениями об относительной развитости технологий. [10.2.2.5]

Сценарии в большинстве случаев указывают на то, что внедрение ВИЭ со временем станет больше в странах, не включенных в Приложение I, чем в странах, включенных в Приложение I. Виртуально все сценарии включают допущение о том, что экономический рост и рост спроса на энергию до некоторой степени будут больше в странах, не включенных в Приложение I, чем в странах, включенных в Приложение I. В результате страны, не включенные в Приложение I, будут учитывать возрастающий процент выбросов  $\text{CO}_2$  в базовых случаях или в



**Рисунок ТР.10.2** | Глобальное предложение ископаемого топлива с выбросами без ограничений (левая часть рисунка; прямой эквивалент) и предложение низкоуглеродной первичной энергии (правая часть рисунка; прямой эквивалент) в 164 долгосрочных сценариях до 2050 г. в качестве функции выбросов  $\text{CO}_2$  от ископаемого топлива и промышленности. Под низкоуглеродной энергией подразумевается энергия, полученная на основе ВИЭ, энергия, полученная на основе ископаемого топлива с использованием УХУ, и ядерная энергия. Выделение цветом основано на категориях уровня атмосферной концентрации  $\text{CO}_2$  в 2100 г. Синие перекрестные линии показывают соотношение в 2007 г. Коэффициенты корреляции Пирсона для двух наборов данных составляют 0,97 (ископаемое топливо с выбросами без ограничений) и -0,68 (низкоуглеродная энергия). По причинам, связанным с предоставлением данных, только 153 сценария из 161 сценария включены в результаты в отношении предложения первичной энергии с выбросами без ограничений и низкоуглеродной первичной энергии, показанных здесь соответственно, в то время как полный набор состоит из 164 сценариев. [рисунок 10.4, правая часть рисунка, рисунок 10.5, правая часть рисунка]

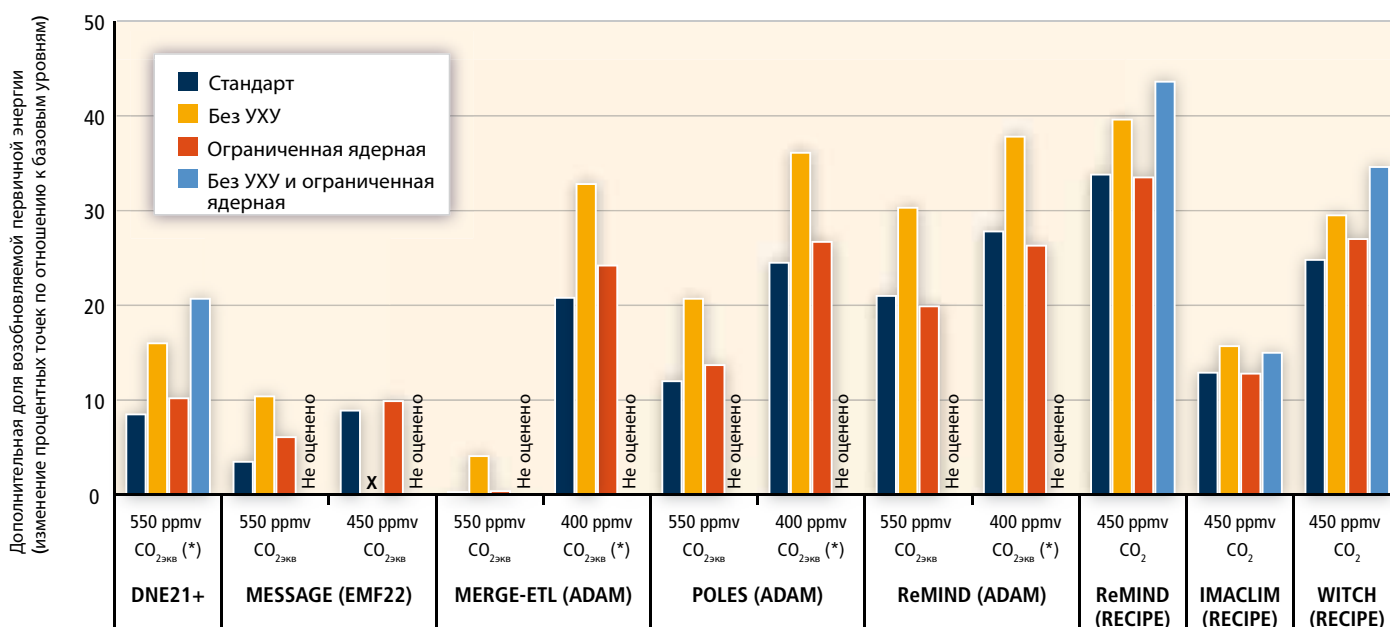
случаях, когда политические меры не предпринимаются, и поэтому должны будут со временем значительно сократить выбросы (рисунок ТР.10.4). [10.2.2.5]

Другим фундаментальным вопросом в отношении ВИЭ и смягчения воздействий является взаимоотношение между ВИЭ и затратами на смягчение воздействий. В ряде работ чувствительность сценария подразумевает допущения об ограничениях в отношении внедрения индивидуальных вариантов смягчения воздействий, включая ВИЭ, а также ядерную энергию и ископаемое топливо с использованием УХУ (рисунки ТР.10.6 и ТР.10.7). Результаты этих работ указывают на то, что затраты на смягчение воздействий выше, когда альтернативные варианты, в том числе и ВИЭ, не доступны. Действительно, величина штрафных неустоек в отношении ограничений для ВИЭ часто, по крайней мере, такого же порядка, как и размер штрафных санкций для ограничений на ядерную энергию и ископаемое топливо с использованием УХУ. В работах также есть указания на то, что более сильные цели в отношении концентрации могут оказаться невозможными для обеспечения в случае, если варианты с использованием ВИЭ или других низкоуглеродных технологий не доступны. В тоже время, все рассмотренные в данной оценке сценарии учитывают широкий ряд допущений и не демонстрируют ни одной показательной связи между масштабом затрат (например, цена на углеродные квоты) и абсолютными уровнями внедрения ВИЭ. Эта вариативность является отражением того, что крупномасштабные интегрированные модели, используемые для выработки сценариев, характеризуются широким диапазоном цен на углеродные квоты и затрат на смягчение воздействий, основанных как на параметрических допущениях, так и на структуре моделей. В итоге, в то время как в литературе существует согласие о том, что затраты на смягчение воздействий будут увеличиваться в случае ограничения внедрения технологий ВИЭ и что более масштабные уровни стабилизации концентрации могут оказаться недостижимыми, практически нет единого мнения по поводу точной величины увеличения затрат. [10.2.2.6]

### 10.3 Оценка репрезентативных сценариев смягчения воздействий для различных стратегий возобновляемой энергии

Углубленный анализ 4 избранных иллюстративных сценариев из более крупного набора из 164 сценариев позволяет провести более детальную оценку возможного вклада отдельных технологий ВИЭ в различных регионах и секторах экономики. Перспективная оценка всемирной энергии МЭА (ПОВЭ МЭА 2009 г.) была выбрана в качестве образца базового сценария, а в других сценариях были установлены четкие уровни стабилизации концентрации ПГ. Отобранными сценариями смягчения воздействий являются ReMIND-RECIPE Потсдамского института, MiniCAM EMF 22 (Energy Modelling Forum Study 22) и сценарий Energy [R]evolution Германского аэрокосмического центра, Гринпис Интернэшнл и ЕСВЭ (ER 2010). Сценарии работают как иллюстративные примеры, но, строго говоря, не являются репрезентативными. Однако они представляют собой четыре различных будущих варианта, которые основаны на различных методологиях с широким диапазоном лежащих в основе допущений. В частности, они обозначают различные сценарии внедрения ВИЭ от типичных базовых перспектив до сценариев оптимистичных вариантов применений ВИЭ, допускающих, что, среди прочих результатов конкретных политических мер, в секторе поддерживалась существующая высокая динамика (степень увеличения). [10.3.1]

Рисунок ТР.10.8 представляет обзор производства суммарной первичной энергии с разбивкой по источникам для четырех избранных сценариев для 2020, 2030 и 2050 гг., а также сравнение результатов с диапазоном глобального предложения первичной энергии. При использовании методологии прямого эквивалента, как это сделано здесь, можно сделать вывод, что в 2050 г. биоэнергия будет составлять самую большую долю на рынке во всех отобранных сценариях, в след за которой следует солнечная энергия. Общая доля ВИЭ в сочетании первичной



**Рисунок TP.10.3** | Увеличение доли глобальной возобновляемой первичной энергии (прямой эквивалент) в 2050 г. в выборочных сценариях с ограничивающими технологиями по сравнению с соответствующими базовыми сценариями. «X» означает, что соответствующий уровень концентрации для сценария не достигнут. Определения случаев «Ограниченная ядерная» и «Без УХУ» меняются в разных моделях. Сценарии «DNE21+», «MERGE-ETL» и «POLES» допускают поэтапное прекращение использования ядерной энергии разными темпами; сценарии «MESSAGE» ограничивают внедрение в 2010 г.; а сценарии «ReMIND», «IMACLIM» и «WITCH» устанавливают пределы вклада ядерной энергии в соответствующих базовых сценариях, который может подразумевать значительное расширение по сравнению текущими уровнями использования. Сценарий «ReMIND (ADAM)» 400 ppmv, случай без УХУ, относится к сценариям, в которых кумулятивное накопление CO<sub>2</sub> ограничено до 120 Гт CO<sub>2</sub>. Сценарий «MERGE-ETL» 400 ppmv, случай без УХУ, который позволяет обеспечить кумулятивное накопление CO<sub>2</sub> около 720 Гт CO<sub>2</sub>. Сценарий «POLES» 400 ppmv CO<sub>2 экв</sub>, случай без УХУ, был неправдоподобным и поэтому соответствующий уровень концентрации сценария, показанный здесь был уменьшен примерно на 50 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>. Сценарий «DNE21+» примерно приближен к уровню 550 ppmv CO<sub>2 экв</sub> и основан на комплексе вариантов для выбросов до 2050 г. [рисунок 10.6]

энергии в 2050 г. довольно нестабильна во всех четырех сценариях. ПОВЭ МЭА 2009 г. прогнозирует самую низкую долю первичной возобновляемой энергии 15% к 2050 г., что примерно соответствует сегодняшнему уровню (12,9% в 2008 г.), в то время как ER 2010 отмечает более высокий уровень 77%. MiniCam EMF 22 прогнозирует 31%, а ReMIND-RECIPE – 48% мирового спроса на первичную энергию будет обеспечено за счет ВИЭ в 2050 г. Широкий диапазон долей ВИЭ является функцией различных допущений в отношении стоимости технологий и показателей эффективности, наличия других технологий смягчения воздействий (например, УХУ, ядерная энергия), инфраструктуры или интеграции ограничений, барьеров неэкономического характера (например, аспекты устойчивости), конкретных политических мер и прогнозов будущего спроса на энергию. [10.3.1.4]

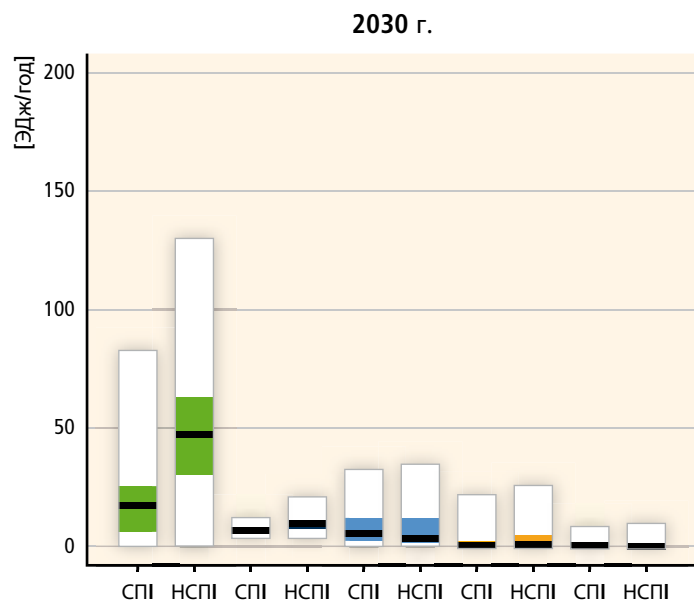
Кроме того, несмотря на то, что внедрение различных технологий значительно увеличится со временем, результирующий вклад ВИЭ в сценарии для большинства технологий в различных регионах мира гораздо ниже, чем соответствующий технический потенциал (рисунок TP.10.9). Общее глобальное внедрение ВИЭ к 2050 г. во всех проанализированных сценариях составляет менее 3% доступного технического потенциала ВИЭ. На региональном уровне максимальная доля общего технического потенциала внедрения ВИЭ в 2050 г. оказалась в Китае, и составила 18% (ER 2010), затем идет ОЭСР-Европа с 15% (ER 2010) и Индия с 13% (MiniCam EMF 22). Темпы развития двух регионов составляют около 6% от регионального доступного технического потенциала ВИЭ к 2050 г.: 7% в развивающейся части Азии (MiniCam EMF 22) и 6% в ОЭСР-Северная Америка (ER 2010). Оставшиеся пять регионов используют менее 5% доступного технического потенциала в отношении ВИЭ. [10.3.2.1]

Соответствующий потенциал смягчения воздействий ПГ был рассчитан на основе итоговых результатов в отношении внедрения ВИЭ, взятых из отобранных четырех иллюстративных сценариев. Для каждого сектора были определены коэффициенты выбросов, с учетом типа производства электроэнергии или тепла,

которые замещают ВИЭ. Поскольку замещенная форма энергии зависит от поведения системы в целом, точный расчет не может быть сделан без проведения новых последовательных анализов сценариев или комплексных анализов диспетчирования энергетической установки. Поэтому расчет обязательно должен быть основан на упрощенных допущениях и может рассматриваться только как индикативный. В общем, определение точных потенциалов ВИЭ в отношении смягчения воздействий следует рассматривать с осторожностью. [10.3.3]

Во многих случаях предполагается, что применения ВИЭ полностью заменят смешанное использование ископаемых видов топлива, которые существуют в настоящее время, однако в реальности это может оказаться не так, поскольку ВИЭ могут дополняться, например, ядерной энергией или другими видами энергии в рамках портфеля ВИЭ. Для того чтобы учесть эти неопределенности хотя бы частично для определения коэффициентов выбросов было выделено три различных случая (верхний случай: конкретные усредненные выбросы CO<sub>2</sub> от сочетания выработки на основе ископаемого топлива в рамках базового сценария; средний случай: конкретные средние выбросы CO<sub>2</sub> от общего сочетания выработки в рамках базового сценария; и нижний случай: конкретные средние выбросы CO<sub>2</sub> от сочетания выработки конкретного анализируемого сценария). Биотопливо и другие варианты ВИЭ, используемые для транспорта, исключены из расчетов в связи с ограниченной доступностью данных. Кроме того, чтобы учесть выбросы ПГ, лежащие в основе использования биоэнергии для прямого теплоснабжения, в расчетах была учтена только половина теоретического сбережения CO<sub>2</sub>. Данное дополнительное упрощенное допущение является необходимым условием, поскольку неопределенность и нестабильность включенных выбросов ПГ высока. [10.3.3]

На рисунке TP.10.10 представлены кумулятивные потенциалы сокращения выбросов CO<sub>2</sub> от источников ВИЭ до 2020, 2030 и 2050 гг., полученные на основе проведенного детального обзора четырех сценариев. Проанализированные



**Рисунок TP.10.4** | Глобальное предложение первичной энергии ВИЭ (прямой эквивалент) по источникам в странах, включенных в Приложение I, (СПИ) и странах, не включенных в Приложение I, (НСПИ) на основании 164 долгосрочных сценариев на 2030 г. и 2050 г. Жирная линия черного цвета соответствует медиане, цветные полоски соответствуют интерквартильному размаху (от 25-го до 75-го перцентиля), белые части полосок соответствуют общему разбросу значений между всеми рассмотренными сценариями. В зависимости от источника, количество сценариев, лежащих в основе данных значений, варьирует от 122 до 164. Несмотря на полезную для интерпретации информацию, важно отметить, что 164 сценария не являются строго случайной выборкой, что важно для формального статистического анализа. (Одна из причин, почему биоэнергетические ресурсы оказались больше, чем ресурсы из других источников, заключается в том, что для отображения первичной энергии на этом рисунке был использован метод прямого эквивалента. Биоэнергия является первичной для таких видов топлива, как этанол, или для электроэнергии. На основе других технологий производится преимущественно (но не только) электроэнергия, и, с учетом выработанной электроэнергии, они также принимаются во внимание. При использовании первичных эквивалентов на основе метода замещения, а не прямых эквивалентов, производство энергии на основе ВИЭ, которое не имеет отношения к биомассе, будет примерно в три раза больше представленного здесь.) Энергия океана здесь не представлена, поскольку данная технология ВИЭ рассматривалась только в нескольких сценариях. [рисунок 10.8]

процессов в опорном сценарии ПОВЭ 2009 г. за тот же период. Однако, эти цифры исключают накопления CO<sub>2</sub> для использования ВИЭ в транспортном секторе (включая автомобили на биотопливе и электромобили). Поэтому общий потенциал смягчения воздействий CO<sub>2</sub> может быть выше. [10.3.3]

### 10.4 Кривые региональных затрат на смягчение воздействий при помощи возобновляемых источников энергии

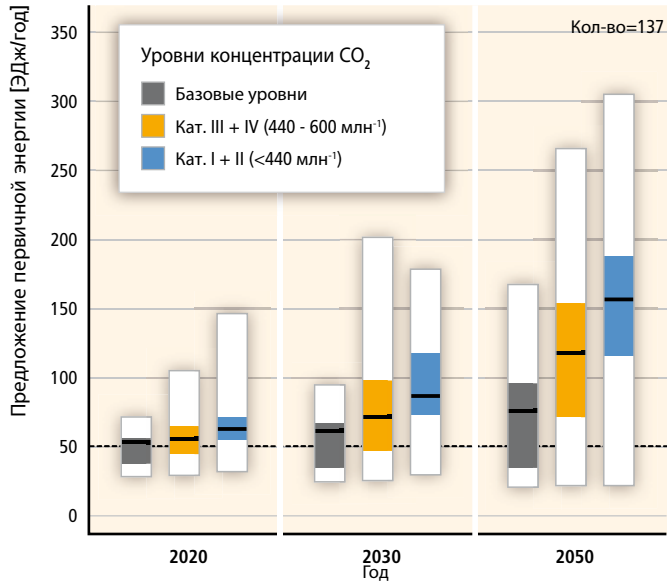
Концепции кривых предложения в отношении сокращения углерода, энергии, или сохраненной энергии все основаны на одних и тех же принципах. Эти кривые состоят из дискретных скачков; каждый скачок относит предельные затраты на меры по сокращению/технологии выработки энергии или меры по консервированию энергии к их потенциалу; эти шаги были классифицированы в соответствии с затратами. На графике, самый левый отрезок представляет наименьшую затрату, затем каждое следующее значение по порядку добавляется справа и так далее, в результате чего создается восходящий наклон кривой предельных затрат слева направо. Полученная в результате кривая может быть интерпретирована также как кривые предложения в традиционных экономических расчетах. [10.4.2.1]

Кривые предложения в отношении консервации энергии часто используются, но имеют общие и частные ограничения. Наиболее часто упоминаемыми ограничениями в этом контексте являются: расхождение во мнениях среди ученых в отношении вероятностей отрицательных затрат; упрощенность реальности, поскольку субъекты деятельности также основывают свои решения помимо кривых на других критериях; экономическая и технологическая неопределенность, свойственная прогнозированию будущего развития событий, включая развитие цен на энергию и льготные тарифы; дальнейшая неопределенность, связанная с сильной агрегацией; высокая чувствительность в отношении исходных допущений и общего будущего портфеля сценариев выработки и передачи энергии; учет индивидуальных мер по отдельности без учета взаимозависимости между мерами, осуществляемыми совместно или в другом порядке; и, для кривых сокращения углерода – высокая чувствительность к (неопределенным) допущениям в отношении коэффициентов выбросов. [10.4.2.1]

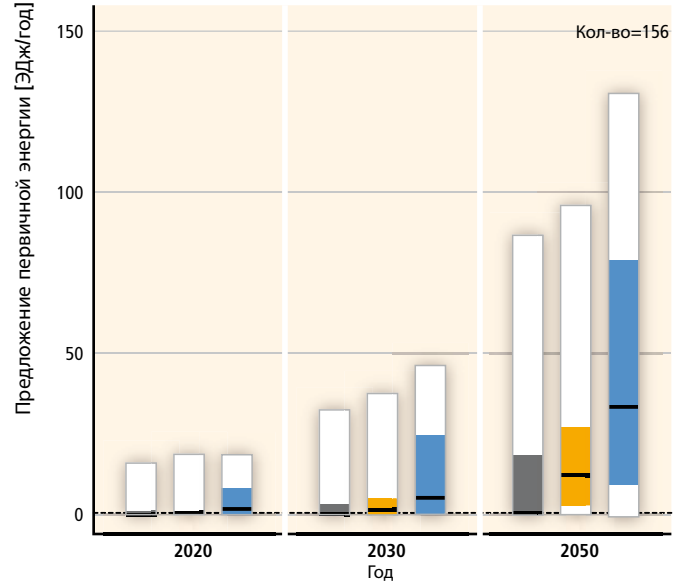
сценарии показывают, что потенциал кумулятивного сокращения (2010-2050 гг.) в среднем случае, лежит в пределах между 244 Гт CO<sub>2</sub> (ПОВЭ МЭА 2009) в рамках базовых условий, 297 Гт CO<sub>2</sub> (MiniCam EMF 22), 482 Гт CO<sub>2</sub> (ER 2010) и 490 Гт CO<sub>2</sub> (сценарий ReMIND-RECIPE). Полный диапазон по всем рассчитанным случаям и сценариям составляет кумулятивные сбережения CO<sub>2</sub> в диапазоне от 218 Гт CO<sub>2</sub> (ПОВЭ МЭА 2009) до 561 Гт CO<sub>2</sub> (ReMIND-RECIPE) по сравнению с примерно 1 530 Гт CO<sub>2</sub> кумулятивных выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива и промышленных

С учетом этих критических замечаний также стоит отметить, что очень трудно сравнить данные и сведения, полученные с использованием кривых затрат на противодействие воздействиям на изменение климата при помощи ВИЭ и кривых предложения, поскольку только в небольшом количестве работ использован всеобъемлющий и последовательный подход, конкретизирующий методологии.

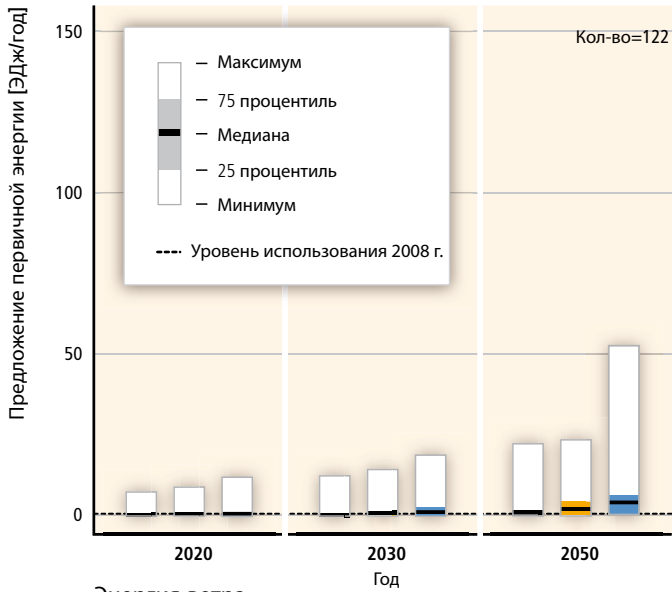
Биоэнергия



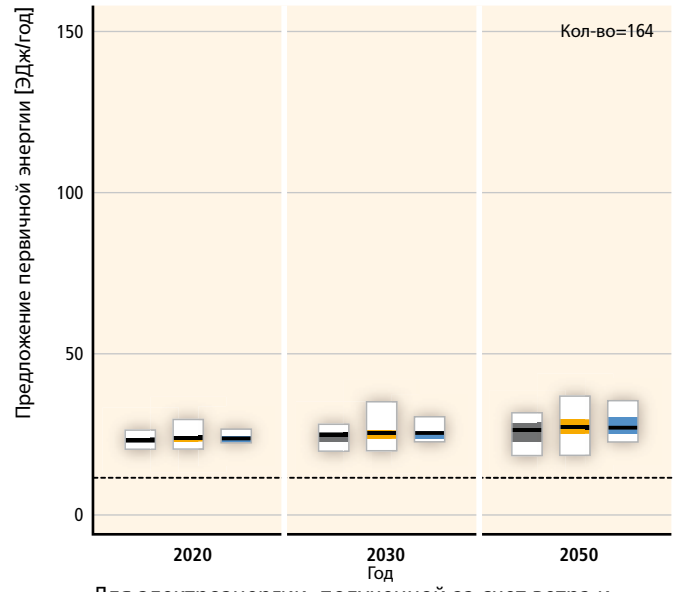
Прямая солнечная энергия



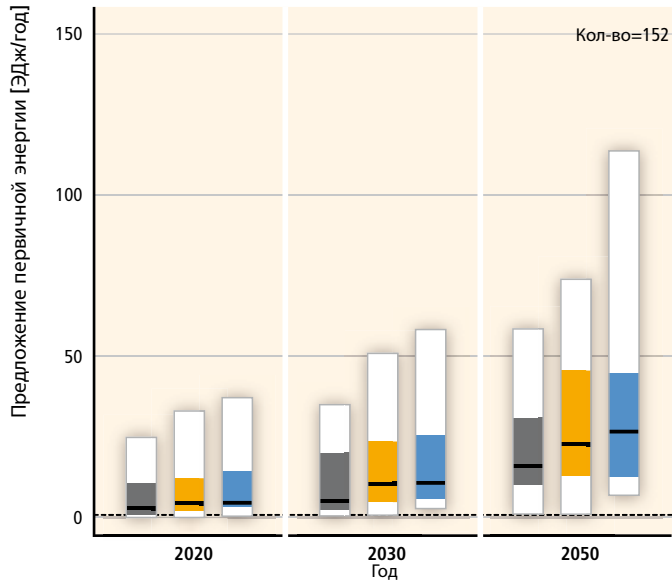
Геотермальная энергия



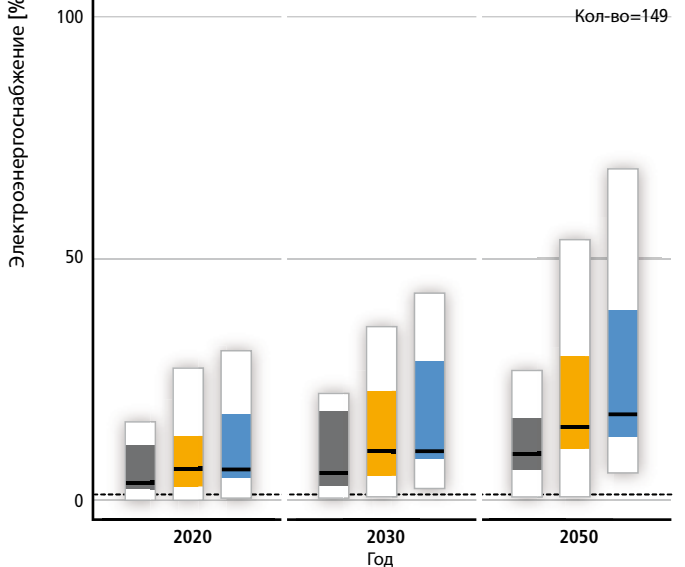
Гидроэлектроэнергия



Энергия ветра

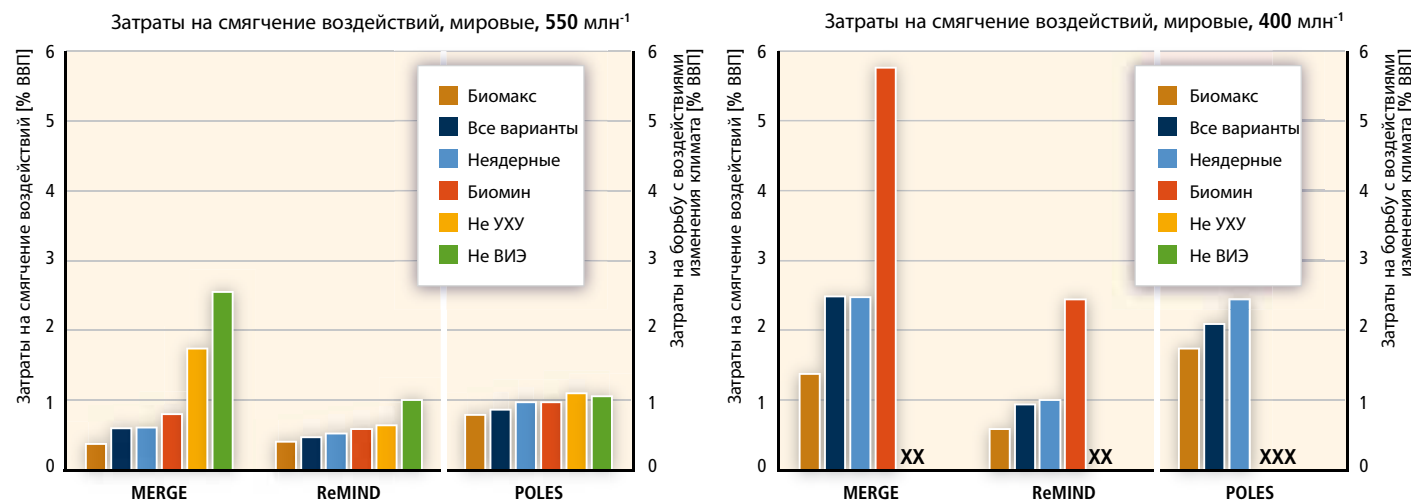


Для электроэнергии, полученной за счет ветра и солнечных ФЭ



**Рисунок TP.10.5** | Глобальное предложение первичной энергии (прямой эквивалент) в отношении биомассы, ветровой, солнечной, гидроэлектрической и геотермальной энергии на основе 164 долгосрочных сценариев в 2020 г., 2030 г. и 2050 г., сгруппированных по различным категориям уровней атмосферной концентрации CO<sub>2</sub> в 2100 г. Жирная линия черного цвета соответствует медиане, цветные полоски соответствуют интерквартильному размаху (от 25-го до 75-го перцентиля) белые части полосок соответствуют общему разбросу между всеми рассмотренными сценариями. [рисунок10.9]

Примечания: По причинам, связанным с предоставлением данных, количество сценариев, включенных в каждый из рисунков, представленных здесь, в значительной степени изменчиво. Количество сценариев, лежащих в основе отдельных рисунков, отмечено в правом верхнем углу каждого рисунка, а полный набор составляет 164 сценария. Одна из причин, почему биоэнергетические ресурсы оказались больше, чем ресурсы из других источников заключается в том, что для отображения первичной энергии на этом рисунке был использован метод прямого эквивалента. Биоэнергия является первичной для таких видов топлива, как биотопливо или для электроэнергии или тепла. На основе других технологий производится преимущественно (но не только) электроэнергия и тепло, и, с учетом этой выработанной вторичной электроэнергии, они также принимаются во внимание. При использовании первичных эквивалентов на основе метода замещения, а не прямых эквивалентов, производство энергии на основе ВИЭ, не имеющих отношение в биомассе, будет примерно в три раза больше представленного здесь. Энергия океана здесь не представлена, поскольку данная технология ВИЭ редко рассматривается в сценариях. В результате, категории V и выше не включены, а категория IV ограничивается диапазоном от 570 млн<sup>-1</sup> до 600 млн<sup>-1</sup>, поскольку уровни стабилизации во всех сценариях не превышают 600 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> в 2100 г., и поскольку наиболее низкие уровни стабилизации концентрации в базовых сценариях немногим превышают 600 млн<sup>-1</sup> к 2100 г..



**Рисунок TP.10.6** | Глобальные затраты на смягчение воздействий (оцененные с учетом потребительских потерь) на основе проекта «ADAM» с различными допущениями в отношении доступности технологий для долгосрочной стабилизации на уровнях 550 и 400 ppmv CO<sub>2экв</sub>. «Все варианты» относится к стандартным допущениям для портфеля технологий в различных моделях, а «биомасс» и «биоин» предполагают двойной стандартный потенциал биомассы 200 ЭДж или его половину соответственно. «Не УХУ» исключает УХУ из портфеля мер по смягчению воздействий, а «Неядерные» и «Не ВИЭ» ограничивают уровни развертывания ядерной энергетик и ВИЭ до базового уровня, что все равно потенциально означает значительное расширение по сравнению с сегодняшним днем. «X» на правой части рисунка указывает на недостижимость уровня 400 ppmv CO<sub>2экв</sub> в случае ограниченных технологических вариантов. [рисунок10.11]

Во многих работах на уровне регионов и стран спрогнозированное сокращение базовых выбросов CO<sub>2</sub> составляет менее 10% в среднесрочном периоде при затратах на сокращение примерно 100дол. США<sub>2005</sub>/т CO<sub>2</sub>. Результирующие потенциалы низкоуглеродного сокращения довольно низки по сравнению с потенциалами смягчения воздействий, которые были представлены во многих рассмотренных сценариях. [10.4.3.2]

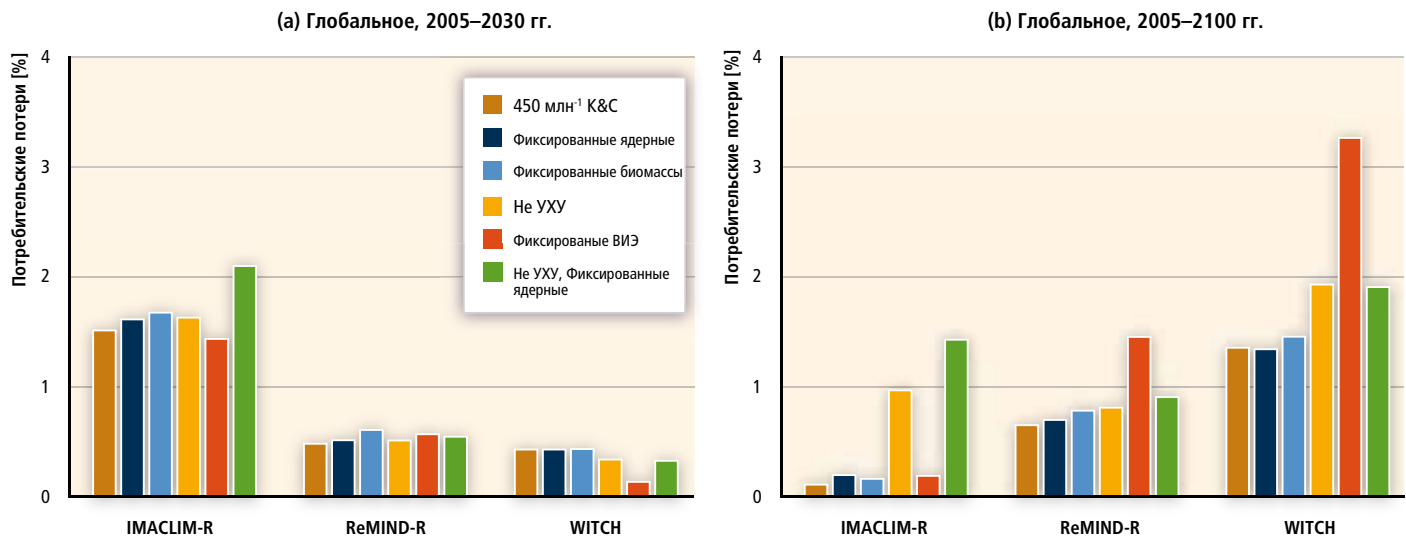
## 10.5 Затраты на коммерциализацию и внедрение

Некоторые технологии ВИЭ являются вполне конкурентоспособными с существующими рыночными ценами на энергию. Многие другие технологии ВИЭ могут предоставить конкурентоспособные энергоуслуги при определенных обстоятельствах, например, в регионах с благоприятными ресурсными условиями или с недостаточной инфраструктурой для других низкозатратных энергоресурсов. Для обеспечения быстрого внедрения многих ВИЭ в большинстве регионов мира, вместе с тем, все еще требуются политические меры. [2.7, 3.8, 4.6, 5.8, 6.7, 7.8, 10.5.1, рисунок TP.1.9]

Рисунки TP.10.11 и TP.10.12 предоставляют дополнительные данные по нормированной стоимости энергии (НСЭ), также называемой нормированной стоимостью единицы продукции или нормированной стоимостью выработки для отобранных технологий возобновляемой энергии и для технологий

возобновляемого тепла соответственно. Рисунок TP.10.13 показывает нормированную стоимость транспортных видов топлива (НСЦ). НСЦ включают полную стоимость (т.е. стоимость инвестиций, стоимость ЭТО, стоимость топлива и стоимость вывода из эксплуатации) установки системы преобразования энергии и распределение этих затрат на энергоемкость в течение срока службы без учета субсидий или политических стимулов. Поскольку некоторые технологии ВИЭ (например, ФЭ, КСЭ и энергия ветра) характеризуются высоким процентным отношением затрат на инвестиции к переменным расходам, применяемые процентные ставки значительно влияют на НСЭ для этих технологий (см. рисунки TP.10.11, TP.10.12 и TP.10.13). [10.5.1] НСЭ основана на результатах обзоров литературы и представляет сведения о текущих затратах, доступные в настоящее время. Соответствующие диапазоны довольно широки, поскольку нормированная стоимость идентичных технологий может изменяться на земном шаре в зависимости от ресурсной базы ВИЭ и размеров местных издержек, финансирования и ЭТО. Сравнение различных технологий должно основываться не только на данных и стоимости, приведенных на рисунках TP 1.9, TP 10.11, TP.10.12 и TP.10.13, но и на связанных с месторасположением условиях для проектов и/или инвестиций. В разделах, посвященных технологиям, [2.7, 3.8, 4.7, 5.8, 6.7, 7.8] в этом отношении представлена полезная информация. [10.5.1]

Пределы затрат, представленные здесь, не отражают затраты на интеграцию (глава 8), внешние затраты или выгоды (глава 9) или затраты на политику (глава 11). С учетом подходящих условий, нижние границы пределов указывают, что



**Рисунок ТР.10.7** | Затраты на смягчение воздействий на основе проекта «RECIPE» с различными допущениями в отношении доступности технологий для долгосрочной стабилизации на уровне 450 ppmv CO<sub>2</sub>. Ценность технологических вариантов через призму потребительских потерь для сценариев, в которых указанный вариант предопределен (УХУ) или ограничен до базовых уровней (все другие технологии) для периодов а) 2005 – 2030 гг. и б) 2005 – 2100 гг. Стоимость вариантов рассчитана как разность потребительских потерь для сценария, в котором использование определенной технологии ограничено по сравнению с базовым сценарием. Следует отметить, что в «WITCH» было сделано допущение о том, что характерная технология поддержки была недоступна в сценарии «Фиксированные ВИЭ». [рисунок 10.12]

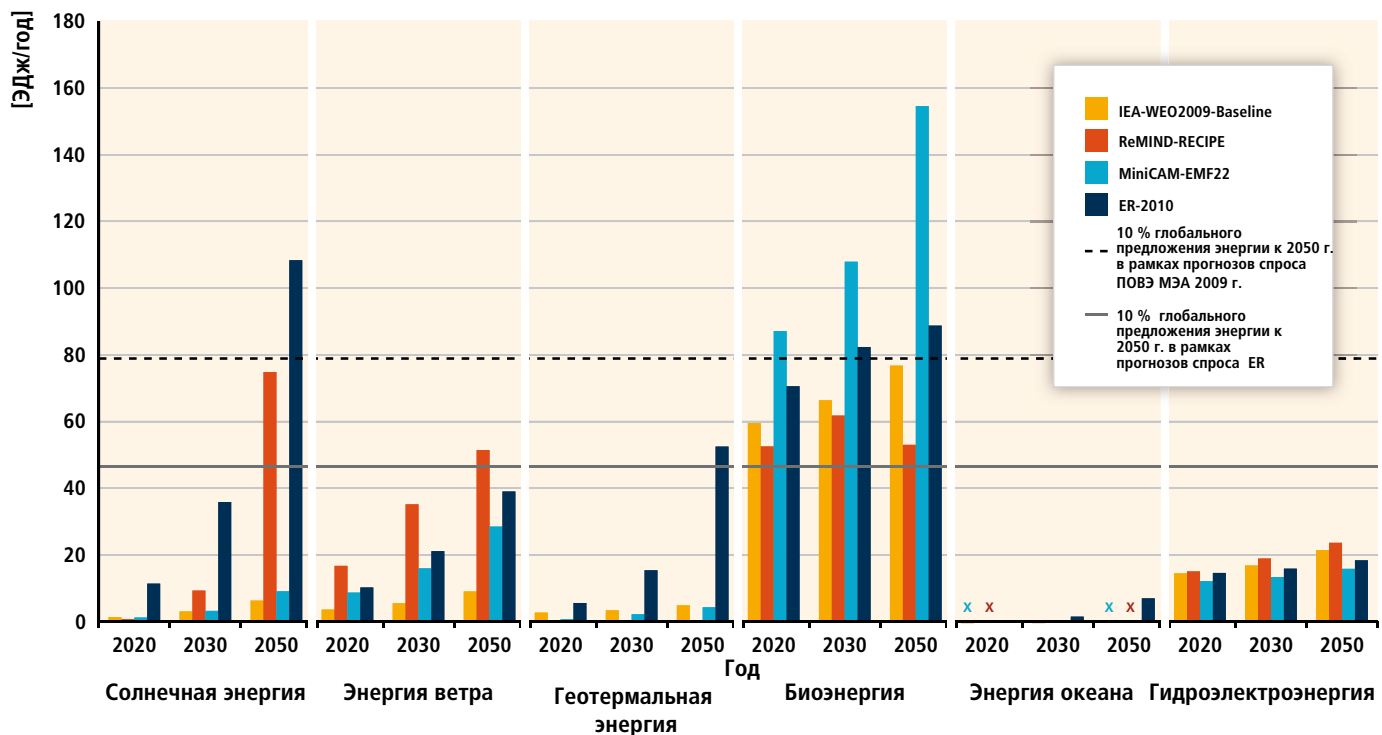
некоторые технологии ВИЭ уже могут конкурировать с традиционными формами энергии на уровне текущих рыночных цен во многих регионах мира. [10.5.1]

Представленные кривые затрат на снабжение [10.4.4, рисунки 10.23, 10.25, 10.26 и 10.27] отображают дополнительную информацию о доступной ресурсной базе (приведены как функции НСЭ, связанные с заготовкой ресурсов). Рассмотренные кривые затрат на снабжение [10.3.2.1, рисунки 10.15–10.17] напротив иллюстрируют используемый объем возобновляемой энергии (снова как функцию соответствующих НСЭ) в различных регионах, поскольку расширение

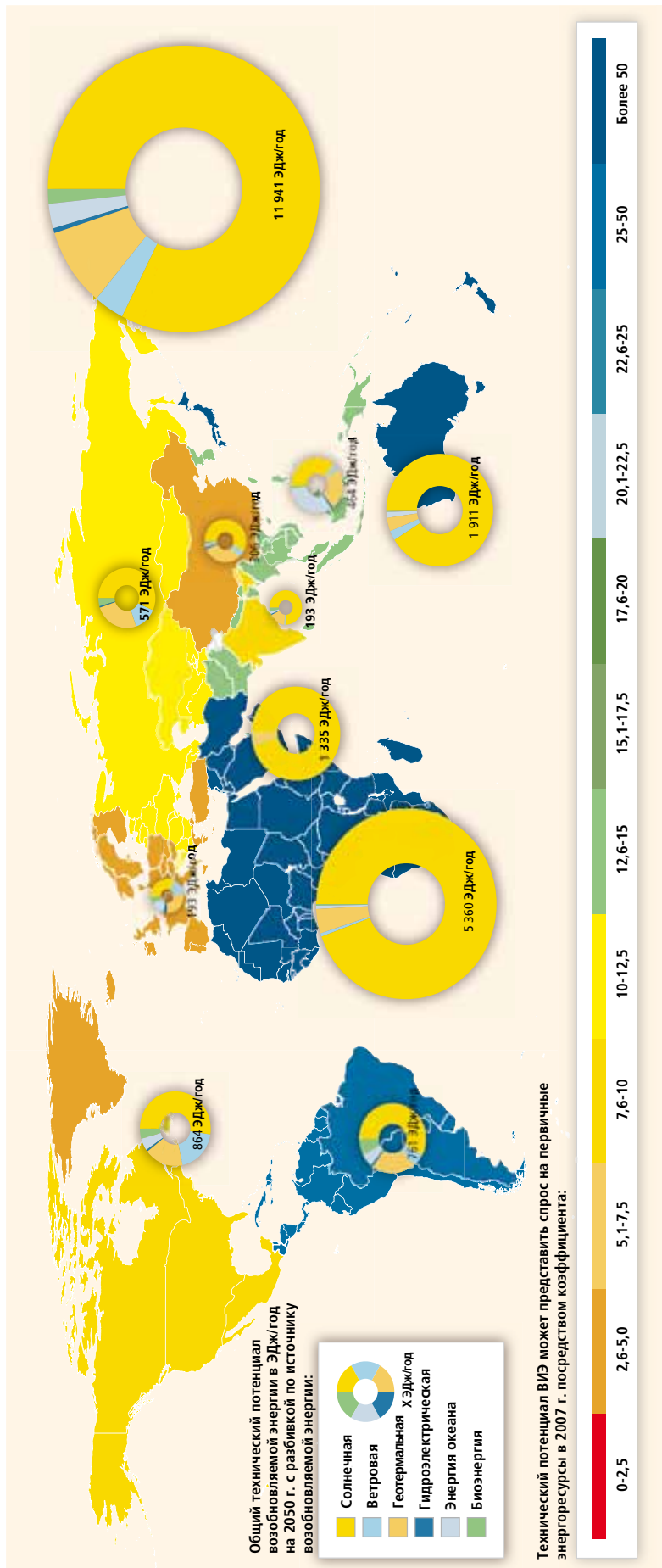
ВИЭ иногда происходит различными путями. Кроме того, следует отметить, что большинство кривых затрат на снабжение относятся к будущим моментам времени (напр., 2030 или 2050 гг.), в то время как величины НСЭ, приведенные в разделах о стоимости в главах, посвященных технологиям, а также содержание рисунков ТР.10.11, ТР.10.12 и ТР.10.13 (и в приложении III) относятся к текущим затратам. [10.5.1]

Значительный прогресс в области разработки технологий ВИЭ и соответствующие сокращения затрат были продемонстрированы за последние десятилетия, хотя

**Глобальные прогнозы развития ВИЭ с разбивкой по источнику**



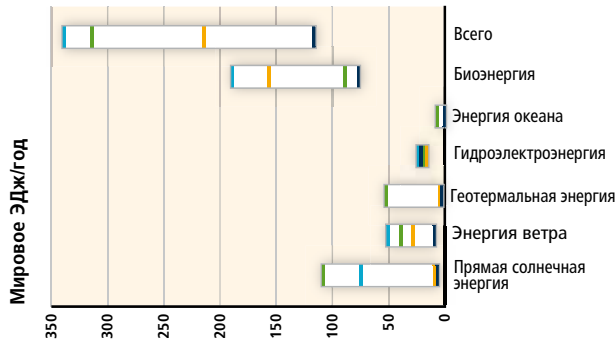
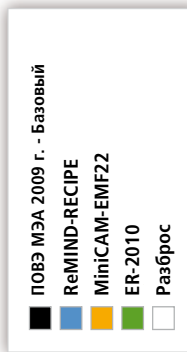
**Рисунок ТР.10.8** | Прогнозы глобального освоения возобновляемой энергии и долей глобальной первичной возобновляемой энергии с разбивкой по источнику для набора из четырех иллюстративных сценариев. [рисунок 10.14]



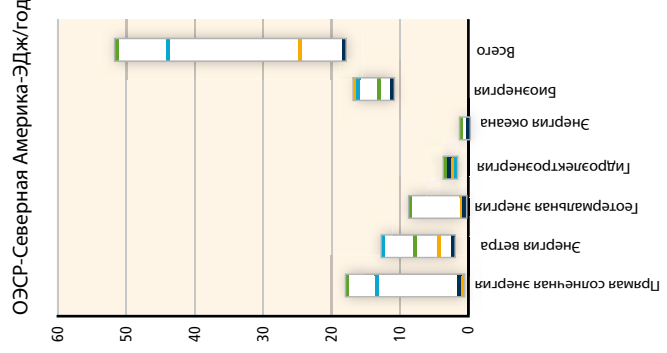
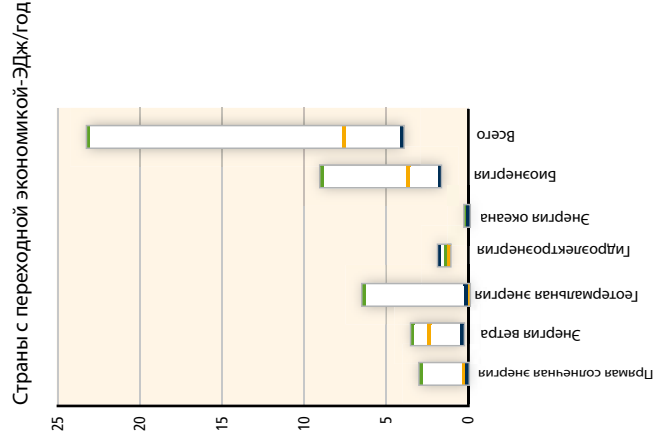
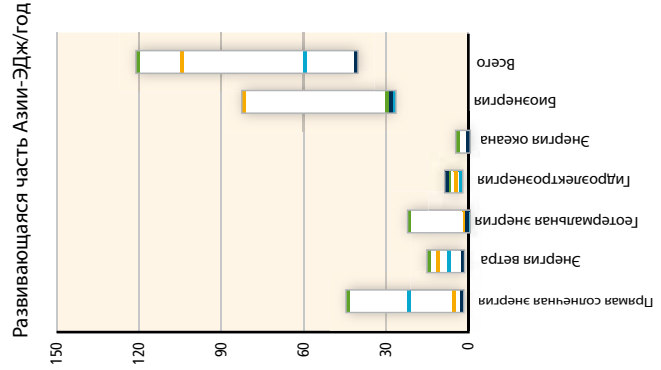
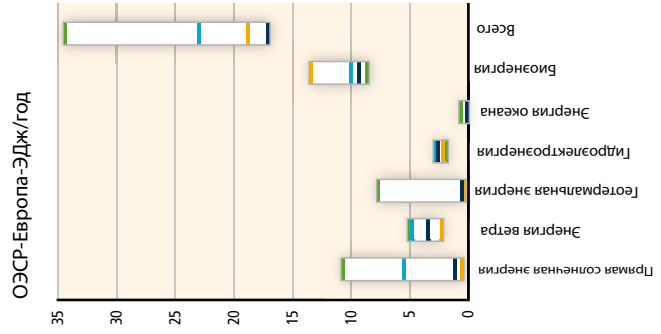
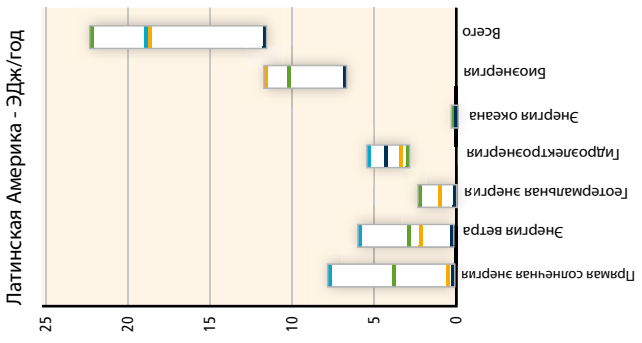
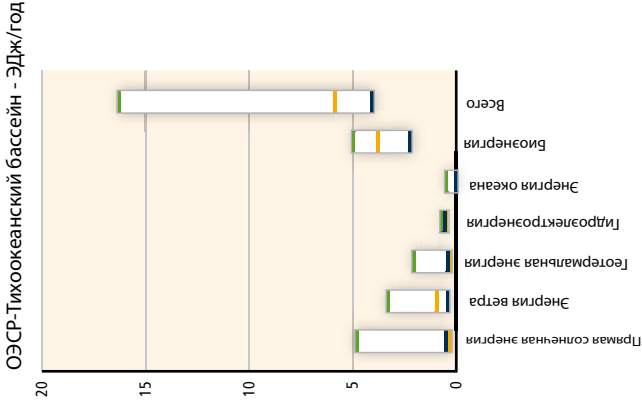
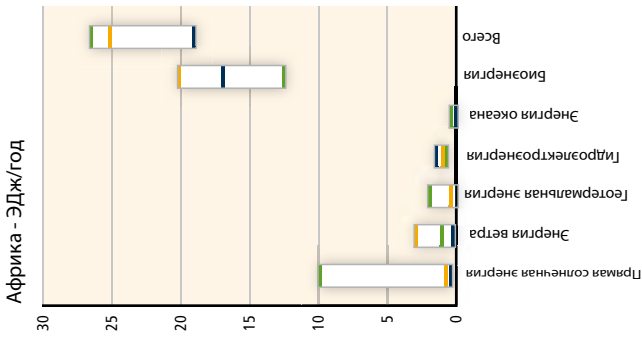
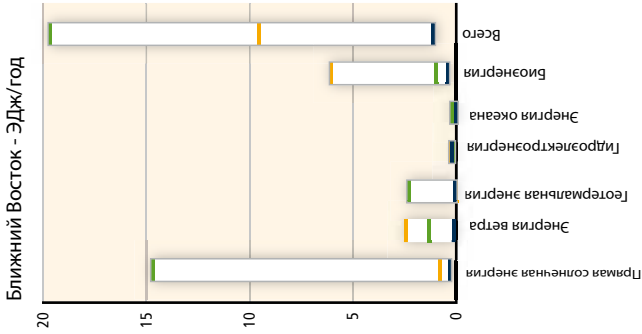
Анализ потенциала ВИЭ: технический потенциал ВИЭ, представленный здесь, отражает общий всемирный и региональный потенциал, основанный на обзоре работ, опубликованных до 2009 г. Крейттом и др. (2009 г.). В этих работах потенциал, который уже используется для производства энергии, не вычитался. Вследствие различий в методологиях и методах учета в работах качественное сравнение этих оценок в отношении технологий и регионов, а также спроса на первичную энергию провести невозможно. Анализ технического потенциала ВИЭ, опубликованные после 2009 г., показывают в некоторых случаях более высокие результаты, но не включены в данный рисунок. Однако некоторые технологии могут конкурировать в отношении земельных угодий, что могло бы понизить общий потенциал ВИЭ.

Данные сценариев: опорный сценарий ПОВЭ МЭА 2009 г. (Международное энергетическое агентство (МЭА), 2009 г., Teske et al., 2010), стабилизирующий на уровне 450 млн<sup>1</sup> ReMIND-RECIPE (Luderer et al., 2009), сценарий переполнения MiniCam EMF-22 (Calvin et al., 2009), прогрессивный сценарий Energy: (RIevolution 2010 (Teske et al., 2010))

Диапазон графиков: уровень внедрения ВИЭ в 2050 г. с разбивкой по сценариям и видам возобновляемой энергии в ЭДж/год:







**Рисунок TP.10.9** | (На предыдущих страницах) Разбивка внедрения ВИЭ по регионам в 2050 г. для иллюстративного набора из четырех сценариев и сравнительная оценка потенциального внедрения соответствующего технического потенциала для различных технологий. Отобранные четыре иллюстративных сценария являются частью всеобъемлющего обзора 164 сценариев. Они представляют собой диапазон от опорного сценария (ПОВЭ МЭА 2009) без конкретных уровней стабилизации концентрации ПГ до трех сценариев, отражающих различные категории концентрации CO<sub>2</sub>, один из которых отражает категорию III (от 440 до 485 млн<sup>-1</sup>) (REMI-RECIFE), а два категорию I (<400 млн<sup>-1</sup>) (MiniCam EMF 22 и ER 2010). В отношении последнего, MiniCam EMF 22 включает ядерную энергию и УХУ в качестве мер по смягчению воздействий и допускает переполнение с целью достижения уровня концентрации, в то время как ER-2010 следует оптимистическому пути применений ВИЭ. Страны с переходной экономикой являются странами, которые переходят от ранее централизованно планируемой экономики к системе свободного рынка. [рисунок10.19]

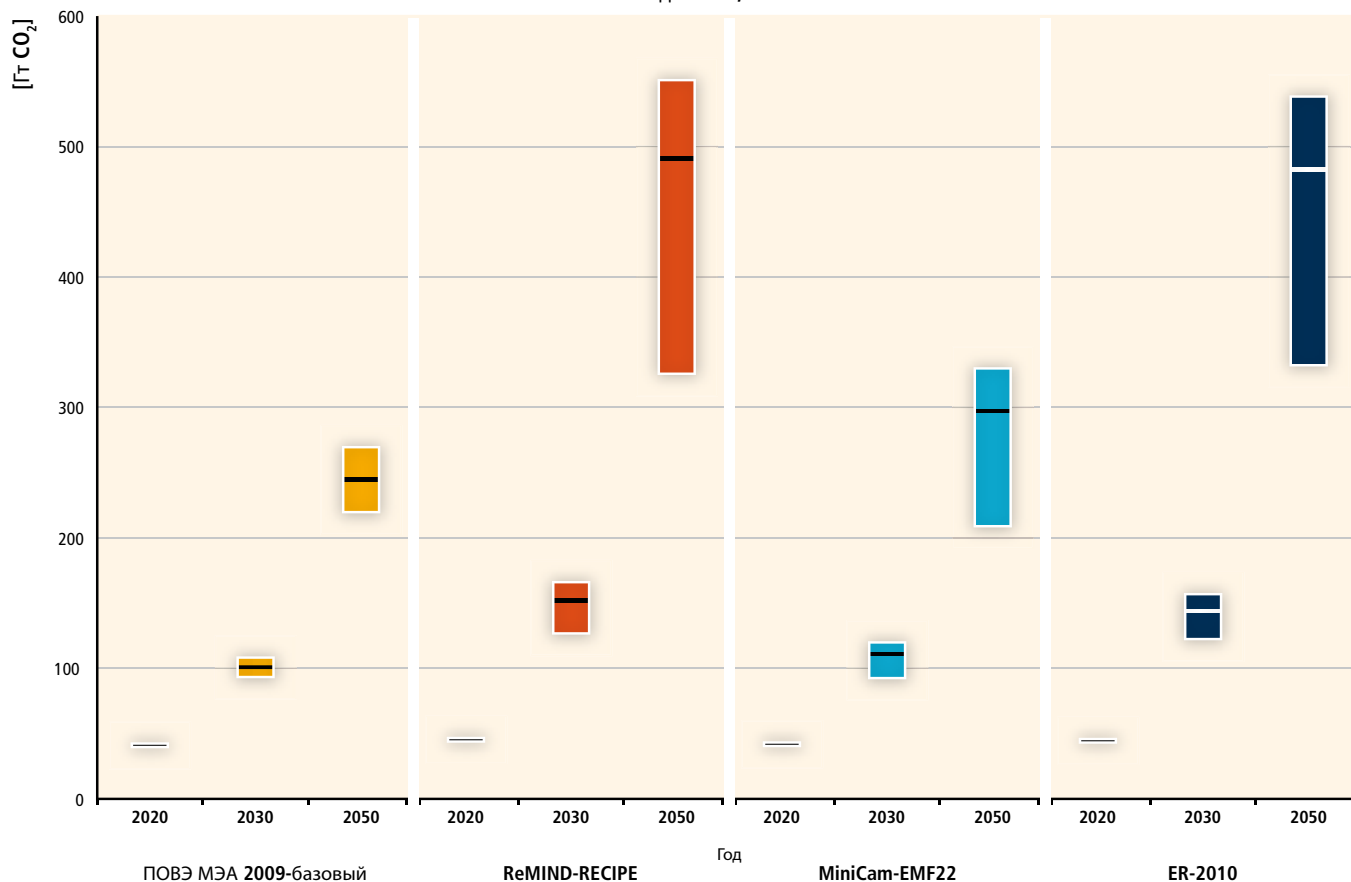
вклад и взаимовлияние различных движущих факторов (например, изучение через поиск, обучение через действие, обучение через использование, обучение через взаимодействие, укрупнение технологий и экономия посредством расширения производства) иногда не понятны в деталях. [2.7, 3.8, 7.8, 10.5.2]

С эмпирической точки зрения результирующее уменьшение стоимости может быть описано при помощи кривых освоения производства (или «обучения»). Для удвоения (кумулятивной) установленной мощности, многие технологии показали более или менее постоянное уменьшение процентной доли конкретных инвестиционных затрат (или нормированной стоимости или цены за единицу энергии в зависимости от выбранного стоимостного показателя). Численный показатель, описывающий это совершенствование называется показатель обучения (ПО). Резюме рассмотренных показателей обучения представлено в таблице TP.10.1. [10.5.2]

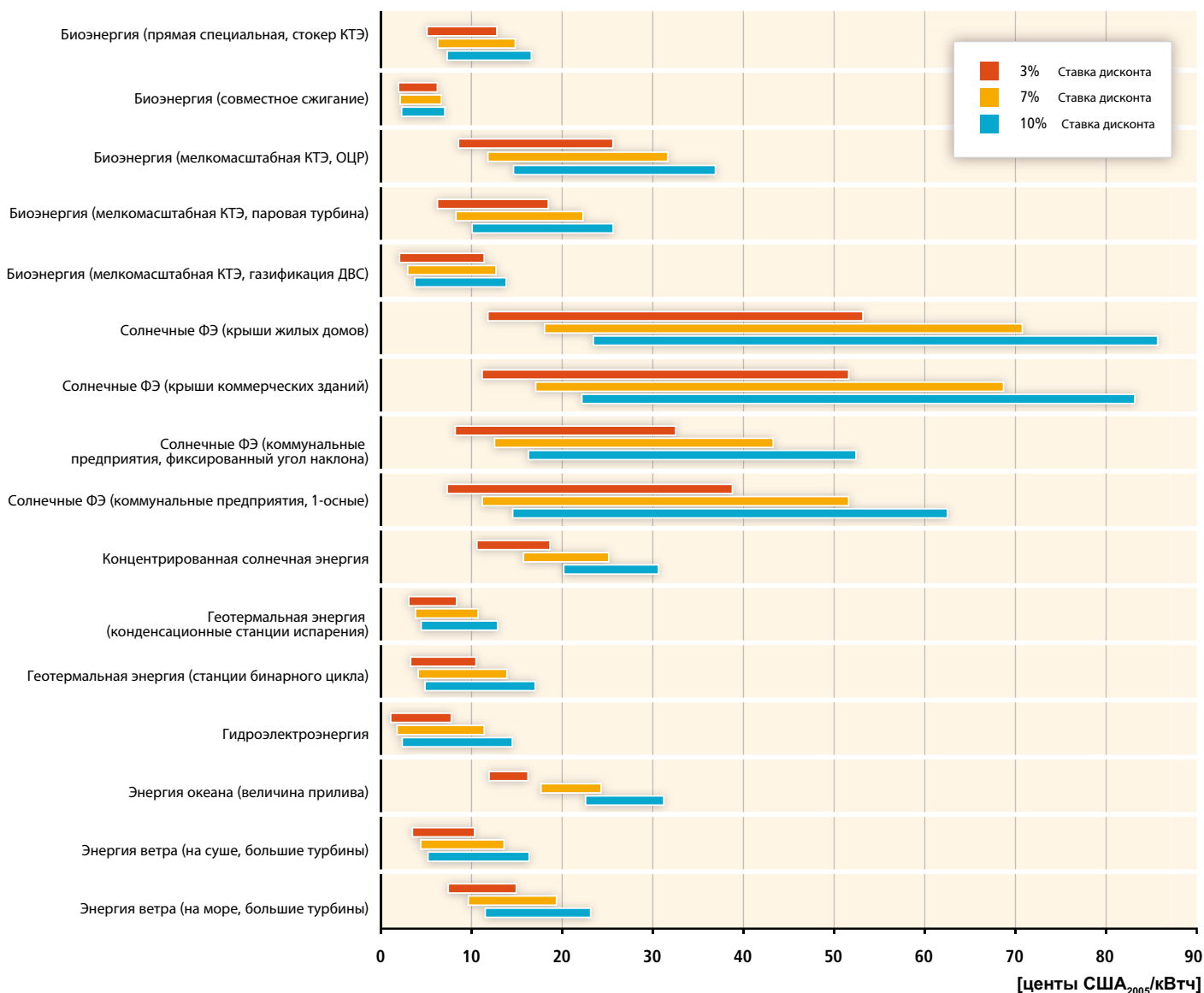
Любые усилия по оценке будущих затрат при помощи экстраполяции исторических кривых освоения производства должны учитывать неопределенность показателей обучения, а также имеющиеся риски и пробелы в знаниях. [10.5.6, 7.8.4.1] Анализ экспертной информации следует использовать в качестве дополнительного подхода для сбора дополнительной информации о будущих потенциалах сокращения затрат, который может быть противопоставлен оценкам, полученным при помощи использования показателей обучения. Более того, анализ технических моделей для определения потенциалов совершенствования технологии может также дать дополнительную информацию для прогнозирования затрат. [2.6, 3.7, 4.6, 6.6, 7.7, 10.5.2]

Значительные потенциальные технологические достижения и связанные с ними сокращения затрат ожидаются, например, в следующих областях применений (но не ограничиваются ими): биотопливо и биоперерабатывающие станции

Глобальные кумулятивные сбережения CO<sub>2</sub> для различных вариантов внедрения ВИЭ, основанных на сценариях с 2010 до 2020, 2030 и 2050 гг.



**Рисунок TP.10.10** | Глобальные кумулятивные сбережения CO<sub>2</sub> между 2010 г. и 2050 г. для четырех иллюстративных сценариев. Представленные диапазоны указывают на высокую неопределенность в отношении замещенных традиционных источников энергии. В то время как верхний предел допускает полное замещение высокоуглеродных ископаемых видов топлива, нижний предел представляет конкретные выбросы CO<sub>2</sub>, приведенные в проанализированных сценариях. Линия посередине рассчитана с допущением о том, что ВИЭ замещают конкретные сочетания энергии опорного сценария. [рисунок10.22]



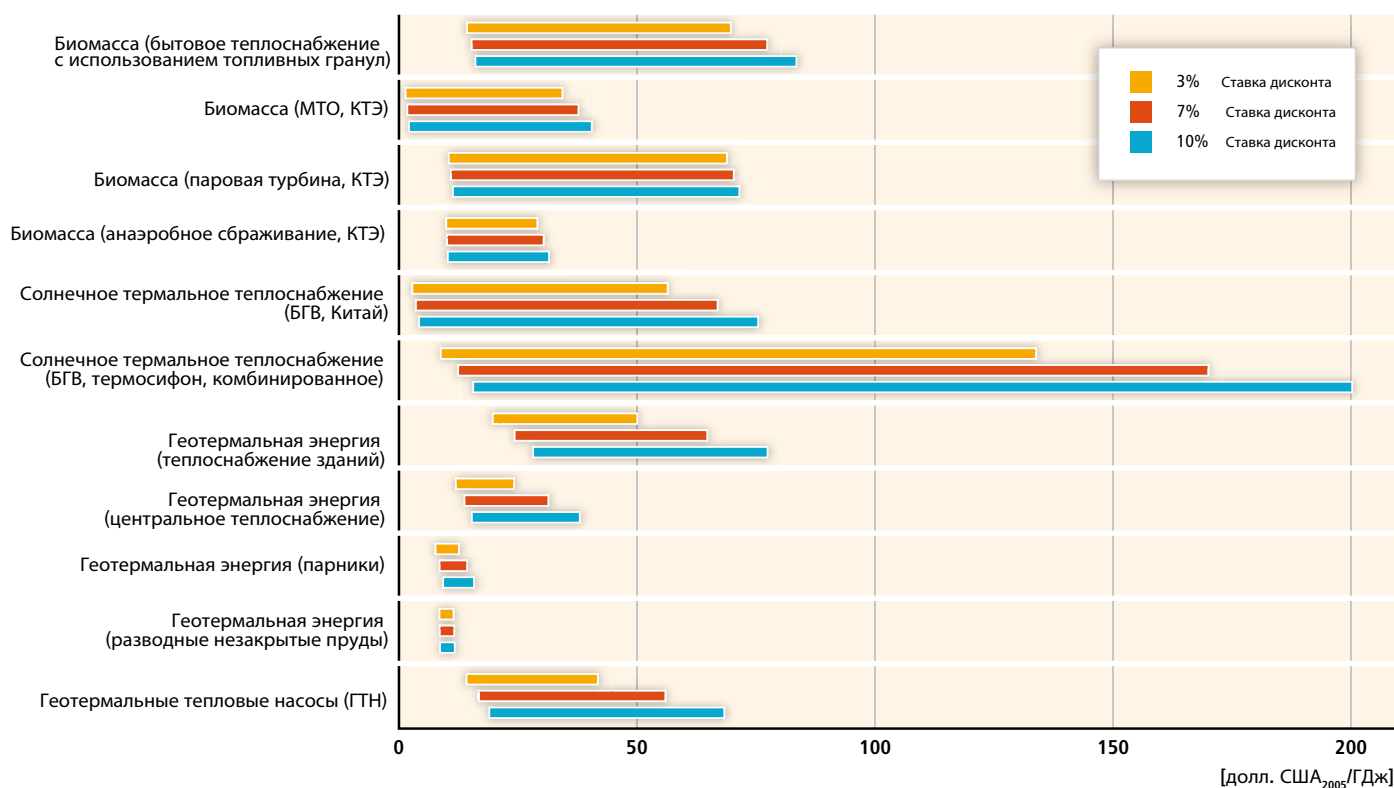
**Рисунок TP.10.11** | Нормированная стоимость электричества для коммерчески доступных технологий ВИЭ при ставке дисконта 3, 7 и 10%. Нормированная стоимость электричества, оцененная для всех технологий, основана на исходных данных, суммированных в приложении III и методологии, приведенной в приложении II. Нижняя граница диапазона нормированной стоимости основана на нижних пределах диапазона инвестиций, эксплуатации и технического обслуживания (ЭТО), и (если применимо) на стоимости исходного сырья, а также на верхних пределах диапазонов коэффициентов использования установленных мощностей и жизненных циклов, и, кроме того, (если применимо) на верхних пределах диапазонов коэффициентов преобразования и доходов от реализации побочных продуктов. Верхняя граница диапазона нормированной стоимости соответственно основана на верхних пределах диапазона инвестиций, ЭТО и (если применимо) стоимости исходного сырья, и на нижних пределах диапазонов коэффициентов использования установленных мощностей и жизненных циклов, а также (если применимо) на нижних пределах диапазонов коэффициентов преобразования и доходов от реализации побочных продуктов. Следует отметить, что эффективность преобразования, доходы от реализации побочных продуктов и жизненные циклы в некоторых случаях были приведены к стандартным или средним значениям. Для данных и дополнительной информации см. приложение III. (КТЭ: комбинированное тепло и электроэнергия; ОЦР: органический цикл Ренкина, ДВС: двигатель внутреннего сгорания.) [рисунок10.29]

следующего поколения; передовые технологии ФЭ и КЭС и процессы обработки; усиленные геотермальные системы; разнообразные появляющиеся технологии, связанные с океаном; а также разработки оснований и турбин для выработки энергии прибрежного ветра. Дальнейшие сокращения затрат в области гидроэлектроэнергетики, вероятно, будут менее значительны, чем для некоторых других технологий ВИЭ, но благоприятные возможности НИОКР позволяют сделать проекты по гидроэлектроэнергетике технически возможными в широком ряду природных условий и улучшить техническую эффективность новых и осуществляемых проектов. [2.6, 3.7, 4.6, 5.3, 5.7, 5.8, 6.6, 7.7]

Ответ на вопрос о том, оправданы или нет предварительные инвестиции в конкретные инновационные технологии, не может быть задан в общем, поскольку

каждая технология рассматривается отдельно. Первая попытка прояснить этот вопрос и особенно исследовать взаимную конкуренцию технологий, перспективных для целей защиты климата, была предпринята разработчиками моделей совокупной оценки, которые приступили к моделированию процесса изучения технологий внутрисистемным образом. Полученные результаты этих модельных сравнений указывают на то, что—в контексте жестких климатических целей—предварительные капиталовложения в изучение технологий могут быть оправданы во многих случаях. [10.5.3.]

Вместе с тем, различные сценарии, представленные на рисунке TP.10.14, и другие исследования ясно показывают, что точные объемы и привязка по времени этих капиталовложений окружает в значительной мере неопределенность. [10.5.4]



**Рисунок TP.10.12** | Нормированная стоимость тепла (НСТ) для коммерчески доступных технологий ВИЭ при ставке дисконта 3, 7 и 10%. НСТ, оцененная для всех технологий, основана на исходных данных, суммированных в приложении III и методологии, приведенной в приложении II. Нижняя граница диапазона нормированной стоимости основана на нижних пределах диапазона инвестиций, эксплуатации и технического обслуживания (ЭТО), и (если применимо) на стоимости исходного сырья и верхних пределах диапазонов коэффициентов использования установленных мощностей и жизненных циклов, а также (если применимо) на верхних пределах диапазонов коэффициентов преобразования и доходов от реализации побочных продуктов. Верхняя граница диапазона нормированной стоимости соответственно основана на верхних пределах диапазона инвестиций, ЭТО и (если применимо) на стоимости исходного сырья и нижних пределах диапазонов коэффициентов использования установленных мощностей и жизненных циклов, а также (если применимо) на нижних пределах диапазонов коэффициентов преобразования и доходов от реализации побочных продуктов. Следует отметить, что эффективность преобразования и жизненные циклы в некоторых случаях были приведены к стандартным или средним значениям. Для данных и дополнительной информации см. приложение III. (МТО: муниципальные твердые отходы; БГВ: бытовое горячее водоснабжение.) [рисунок 10.30]

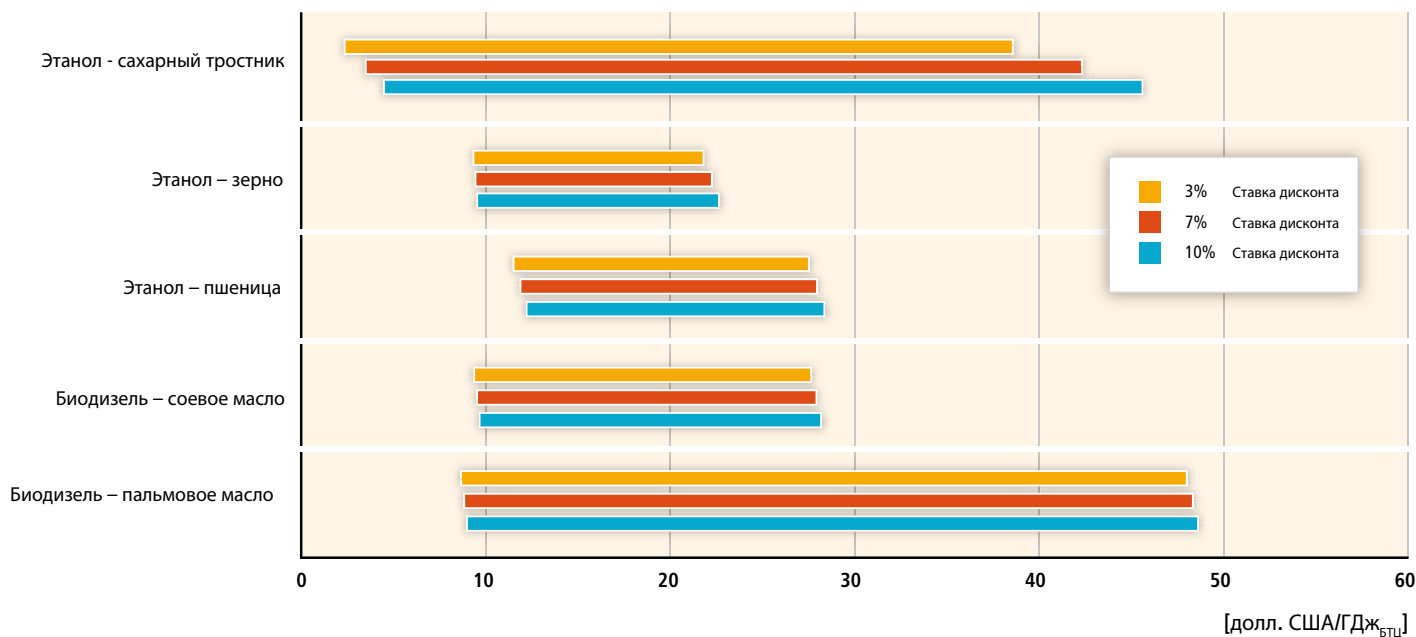
Четыре иллюстративных сценария, которые были детально проанализированы в разделе 10.3, охватывают диапазон кумулятивных глобальных декадных инвестиций (в секторе производства энергии) в пределах от 1 360 до 5 100 млрд долл. США<sub>2005</sub> (для десятилетия с 2011 по 2020 гг.) и от 1 490 до 7 180 млрд долл. США<sub>2005</sub> (для десятилетия с 2021 по 2030 гг.). Эти цифры позволяют проводить оценку будущих объемов рынка и итоговых возможностей для инвестиций. Более низкие значения относятся к опорному сценарию Перспективной оценки всемирной энергии МЭА 2009 г., а более высокие к сценарию, который предполагает стабилизацию атмосферной концентрации CO<sub>2</sub> (только) на уровне 450 млн<sup>1</sup>. Среднегодовые инвестиции в опорном сценарии немного ниже, чем соответствующие инвестиции, осуществленные в 2009 г. Между 2011 и 2020 гг. более высокие показатели среднегодового значения инвестиций в секторе выработки энергии за счет ВИЭ примерно соответствуют трехкратному увеличению текущих глобальных инвестиций в этой области. Для последующего десятилетия (2021-2030 гг.) прогнозируется пятикратное увеличение. Даже верхний уровень ежегодных инвестиций менее 1% мирового ВВП. Кроме того, увеличенная установленная мощность электростанций ВИЭ сократит объемы ископаемых и ядерных топлив, которые в ином случае потребуются в целях обеспечения спроса на электроэнергию. [10.5.4]

## 10.6 Социальные и экологические затраты и выгоды

Извлечение, преобразование и использование энергии служат причиной значительных последствий для окружающей среды и внешних издержек.

Несмотря на то, что замещение ископаемого топлива, используемого для выработки энергии, на ВИЭ во многих случаях может сократить выбросы ПГ и также до некоторой степени другие последствия для окружающей среды и внешние издержки, технологии ВИЭ могут, кроме того, вызывать последствия для окружающей среды, а внешние издержки сами по себе зависят от источника энергии и технологии. Эти последствия и издержки должны рассматриваться в случае, если требуется комплексная оценка затрат. [10.6.2]

Рисунок TP.10.15 показывает большие диапазоны неопределенности двух доминирующих компонентов внешних издержек, а именно внешних издержек, относящихся к климату и здоровью людей. Небольшие станции КТЭ, работающие за счет сжигания биомассы, служат причиной относительно высоких затрат, связанных с воздействием на здоровье посредством выделения твердых частиц с отработанными газами. Энергия прибрежного ветра производит впечатление технологии с наименьшими внешними затратами. Оценки внешних затрат для атомной энергии здесь не представлены, потому что характер и оценка внешних затрат и риска, связанных с выходом радионуклидов благодаря маловероятной аварии или благодаря утечкам из хранилища отходов в отдаленном будущем, очень отличаются, например, от оценок затрат, связанных с изменением климата или загрязнением воздуха, которые практически неизбежны. Внешние воздействия, относящиеся к ядерной энергии, могут, однако, рассматриваться с учетом обсуждения и принятия решений в обществе. Случайные риски с точки зрения несчастных случаев в связи с различными цепочками производства энергии (например, уголь, нефть, газ и гидроэлектроэнергия) обычно выше в странах, не входящих в ОЭСР, чем в странах-членах ОЭСР. [10.6.3, 9.3.4.7]



**Рисунок TP.10.13** | Нормированная стоимость топлива (НСЦ) для коммерчески доступных технологий ВИЭ при ставке дисконта 3, 7 и 10%. НСЦ, оцененная для всех технологий, основана на исходных данных, суммированных в приложении III и методологии, приведенной в приложении II. Нижняя граница диапазона нормированной стоимости основана на нижних пределах диапазона инвестиций, ЭТО и стоимости исходного сырья. Верхняя граница диапазона нормированной стоимости соответственно основана на верхних пределах диапазона инвестиций, ЭТО и стоимости исходного сырья. Следует отметить, что эффективность преобразования, доходы от реализации побочных продуктов и жизненные циклы в некоторых случаях были приведены к средним значениям. Для данных и дополнительной информации см. приложение III. (БТЦ: большая тепловая ценность.) [рисунок 10.31]

Поскольку на рисунке TP.10.15 показаны только внешние затраты, связанные с индивидуальными технологиями, выгоды могут быть получены при условии, что одна технология заменяет другую. ВИЭ и технологии, в которых они используются для выработки электроэнергии, в большинстве случаев требуют меньше затрат на единицу вырабатываемого электричества, чем технологии с использованием ископаемого топлива. Однако, следует рассматривать отдельные случаи, поскольку исключения также могут иметь место. [10.6.3]

Существуют, однако, значительные неопределенности в оценке и определении стоимости внешних последствий, связанных с источниками энергии. Оценка физических, биологических негативных последствий, а также воздействия на здоровье включает значительную неопределенность, а предположения обычно основаны на вычислительных моделях, результаты которых часто сложно обосновать. Негативные последствия или изменения редко имеют рыночную стоимость, которая может быть использована при оценке затрат, таким образом, для оценки ущерба должны использоваться косвенная информация или другие подходы. Кроме того, многие виды ущерба будут иметь место в отдаленном будущем или в сообществах, сильно отличающихся от тех, которые получают преимущества от использования данного производства энергии, что осложняет рассмотрение. Эти факторы вносят вклад в неопределенность внешних затрат. [10.6.5]

Вместе с тем, сумма знаний о внешних затратах и выгодах, связанных с ВИЭ, может предоставить некоторое руководство для общества по выбору наилучших альтернативных вариантов и управлению энергетическими системами в целях достижения максимальной эффективности и значительного повышения благосостояния. [10.6.5]

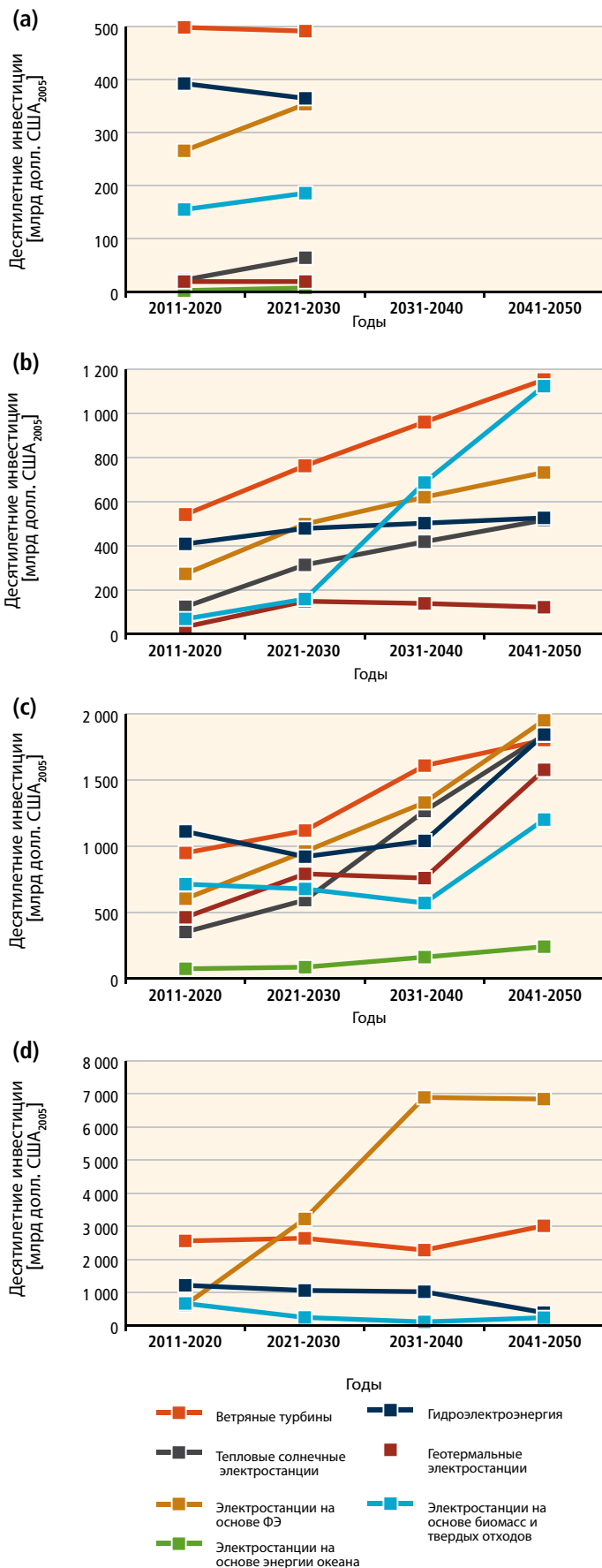
## 11. Политика, финансирование и осуществление

### 11.1 Введение

Потенциал ВИЭ стремительно растет во всем мире, однако все еще имеется ряд барьеров, которые сдерживают дальнейшее продвижение вперед в этой области. Поэтому для того, чтобы возобновляемая энергия вносила значительный вклад в смягчение воздействий на изменение климата и делала это в короткие сроки, вероятно, потребуются различные формы политических мер для экономической поддержки, а также политических мер для создания благоприятной среды. [11.1] Политические меры в отношении ВИЭ стимулировали увеличение доли возобновляемой энергии посредством предоставления помощи в преодолении различных барьеров, которые сдерживают технологическое развитие и применение ВИЭ. Политика в области ВИЭ может быть введена в действие в законодательном порядке на всех уровнях государственной власти – от местного и районного/областного до национального и международного – в диапазоне применений от базовых НИОКР для развития технологий до технического обеспечения функционирования установленных систем или производства электроэнергии, тепла или топлива на основе этих систем. В некоторых странах надзорным органам и коммунальным службам могут вменяться в обязанности разработка и внедрение механизмов поддержки ВИЭ, либо они могут это делать по собственной инициативе. Неправительственные субъекты, такие как международные агентства и банки развития, также должны играть важную роль. [1.4, 11.1, 11.4, 11.5]

**Таблица ТР.10.1** | Рассмотренные показатели обучения для различных технологий энергоснабжения. Следует отметить, что значения, приведенные в более старых публикациях, менее надежны, поскольку они относятся к более коротким периодам времени. [таблица 10.10]

Технология	Источник	Страна/регион	Период (годы)	Показатель обучения (%)	Рабочая характеристика
<b>Наземный ветер</b>					
	Нейж, 1997 г.	Дания	1982-1995	4	Цена ветряной турбины (долл. США/кВт)
	Макая и Проберт, 1998 г.	США	1981-1996	14	Цена ветряной турбины (долл. США/кВт)
	Нейж, 1999 г.	Дания	1982-1997	8	Цена ветряной турбины (долл. США/кВт)
	Дурстевич, 1999 г.	Германия	1990-1998	8	Цена ветряной турбины (долл. США/кВт)
	МЭА, 2000 г.	США	1985-1994	32	Затраты на производство электроэнергии (долл. США/кВтч)
	МЭА, 2000 г.	ЕС	1980-1995	18	Затраты на производство электроэнергии (долл. США/кВтч)
	Куваритакис и др., 2000 г.	ОЭСР	1981-1995	17	Цена ветряной турбины (долл. США/кВт)
	Нейж, 2003 г.	Дания	1982-1997	8	Цена ветряной турбины (долл. США/кВт)
	Жунджингер и др., 2005а	Испания	1990-2001	15	Полный размер инвестиций (Евро/кВт)
	Жунджингер и др., 2005а	СК	1992-2001	19	Полный размер инвестиций (Евро/кВт)
	Содерхолм и Сандквист, 2007 г.	Германия, СК, Дания	1986-2000	5	Полный размер инвестиций (Евро/кВт)
	Нейж, 2008 г.	Дания	1981-2000	17	Затраты на производство электроэнергии (долл. США/кВтч)
	Кахоули-Брами, 2009 г.	По всему миру	1979-1997	17	Размер инвестиций (долл. США/кВт)
	Nemet, 2009	По всему миру	1981-2004	11	Размер инвестиций (долл. США/кВт)
	Wiser and Bolinger, 2010	По всему миру	1982-2009	9	Размер инвестиций (долл. США/кВт)
<b>Морской ветер</b>					
	Ислес, 2006 г.	8 стран ЕС	1991-2006	3	Размер инвестиций в ветряные электростанции (долл. США/кВт)
<b>Фотоэлектрическая энергия (ФЭ)</b>					
	Хармон, 2000 г.	По всему миру	1968-1998	20	Цена модуля ФЭ (долл. США/Вт-пик)
	МЭА, 2000 г.	ЕС	1976-1996	21	Цена модуля ФЭ (долл. США/Вт-пик)
	Вильямс, 2002 г.	По всему миру	1976-2002	20	Цена модуля ФЭ (долл. США/Вт-пик)
	ЕСN, 2004 г.	ЕС	1976-2001	20-23	Цена модуля ФЭ (долл. США/Вт-пик)
	ЕСN, 2004 г.	Германия	1992-2001	22	Стоимость баланса системных затрат
	Ван Сарк и др., 2007 г.	По всему миру	1976-2006	21	Цена модуля ФЭ (долл. США/Вт-пик)
	Крук и Элтроп, 2007 г.	Германия	1977-2005	13	Цена модуля ФЭ (Евро/Вт-пик)
	Крук и Элтроп, 2007 г.	Германия	1999-2005	26	Стоимость баланса системных затрат
	Хемет, 2009 г.	По всему миру	1976-2006	15-21	Цена модуля ФЭ (долл. США/Вт-пик)
<b>Концентрированная солнечная энергия (КСЭ)</b>					
	Энермодал, 1999 г.	США	1984-1998	8-15	Размер инвестиций в электростанции (долл. США/кВт)
<b>Биомасса</b>					
	МЭА, 2000 г.	ЕС	1980-1995	15	Затраты на производство электроэнергии (долл. США/кВтч)
	Голдемберг и др., 2004 г.	Бразилия	1985-2002	29	Стоимость этанолового топлива (долл. США/м3)
	Жунджингер и др., 2005b	Швеция, Финляндия	1975-2003	15	Цены на древесную щепу (Евро/ГДж)
	Жунджингер и др., 2006 г.	Дания	1984-1991	15	Затраты на производство биогаза (Евро/м3-норм)
	Жунджингер и др., 2006 г.	Швеция	1990-2002	8-9	КТЭ на основе биомасс (Евро/кВт-час)
	Жунджингер и др., 2006 г.	Дания	1984-2001	0-15	Затраты на производство биогаза (Евро/м3-норм)
	Жунджингер и др., 2006 г.	Дания	1984-1998	12	Биогазовые установки (Евро/м3 биогаза/день)
	Ван ден Вол Бейк и др., 2009 г.	Бразилия	1975-2003	19	Этанол из сахарного тростника (долл. США/м3)
	Голдемберг и др., 2004 г.	Бразилия	1980-1985	7	Этанол из сахарного тростника (долл. США/м3)
	Голдемберг и др., 2004 г.	Бразилия	1985-2002	29	Этанол из сахарного тростника (долл. США/м3)
	Ван ден Вол Бейк и др., 2009 г.	Бразилия	1975-2003	20	Этанол из сахарного тростника (долл. США/м3)
	Хеттинга и др., 2009 г.	США	1983-2005	18	Этанол из зерна (долл. США/м3)
	Хеттинга и др., 2009 г.	США	1975-2005	45	Затраты на производство зерна (долл. США/т зерна)
	Ван ден Вол Бейк и др., 2009 г.	Бразилия	1975-2003	32	Затраты на производство сахарного тростника (долл. США/т)



**Рисунок TP.10.14** | Иллюстративные десятилетние инвестиции (в млрд долл. США<sub>2005</sub>), необходимые для того, чтобы достичь масштабных целей защиты климата: (b) MiniCam EMF 22 (наилучший сценарий перепополнения 2,6 Вт/м<sup>2</sup>, ядерные технологии и технологии улавливания углерода разрешены); (c) ER-2010 (450 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2,зав</sub>, ядерные технологии и технологии улавливания углерода не разрешены); и (d) ReMIND-RECIPE (450 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>, атомные электростанции и технологии улавливания углерода разрешены). По сравнению с другими сценариями доля ФЭ высока в (d), поскольку концентрированная солнечная энергия не была ранее рассмотрена. Для сравнения на рисунке (a) представлен ПОВЭ МЭА 2009-базовый (базовый сценарий без учета мер по защите климата). Источники: (a) IEA (2009); (b) Calvin et al. (2009); (c) Teske et al. (2010); и (d) Luderer et al. (2009).

Возобновляемая энергия может оцениваться при помощи дополнительных показателей, таких как время и надежность предоставления (доступность), а также других количественных показателей, относящихся к интеграции ВИЭ в сети. Кроме того, правительства и другие заинтересованные стороны могут сделать многое в целях создания благоприятной среды для применения ВИЭ. [11.1, 11.6]

### 11.1.1 Целесообразность осуществления политических мер в области возобновляемой энергии в дополнение к политике в области изменения климата

Возобновляемая энергия может предоставить массу выгод обществу. Некоторые технологии ВИЭ во многом могут успешно конкурировать с текущими рыночными ценами на энергию. Многие другие технологии, которые пока не могут широко конкурировать, при определенных условиях могут обеспечивать конкурентоспособные энергоуслуги. Однако в большинстве регионов мира все еще требуется принятие политических мер для содействия расширению применения ВИЭ. [11.1, 10.5]

Политика в области климата (налоги на углерод, торговля выбросами и политика регулирования) уменьшает относительную стоимость низкоуглеродных технологий по сравнению с высокоуглеродными технологиями. Однако, остается вопрос в отношении того, смогут ли лишь одни политические меры в области климата (например, установление цены на выбросы углекислого газа в атмосферу) содействовать продвижению ВИЭ на достаточном уровне для достижения более широких экологических, экономических и социальных целей, относящихся к возобновляемой энергии. [11.1.1]

Два отдельных сбой рынка создают предпосылки для дополнительной поддержки инновационных технологий ВИЭ, которые обладают высокими потенциальными возможностями для технологического развития, даже в условиях существования рынка выбросов (или политики ценообразования на рынке выбросов ПГ в целом). Первый сбой рынка относится к внешним издержкам, связанным с выбросами ПГ. Второй сбой рынка лежит в области инноваций: если предприятия недооценивают будущие выгоды от инвестирования в изучение технологий использования ВИЭ или если не могут усвоить эти выгоды надлежащим образом, объем их капиталовложений окажется меньше оптимального с макроэкономической точки зрения. Осуществление политики в отношении отдельных ВИЭ в дополнение к политике ценообразования на рынке выбросов ПГ может оказаться целесообразным с экономической точки зрения в случае, если планируется реализовать соответствующие возможности для технологического развития (или если преследуются другие цели помимо смягчения воздействий на изменение климата). Потенциально при разработке набора политических мер следует принимать во внимание негативные последствия, такие как эффекты блокировки, утечки углерода и рикошета. [11.1.1, 11.5.7.3]

### Электростанции, работающие на угле

(A) Существующие станции в США

(B) Угольный комб. ц.  $\eta=46\%$

(B) Уголь  $\eta=43\%$

(B) Лигнит комб. ц.  $\eta=48\%$

(B) Лигнит  $\eta=40\%$

(C) Антрацит 800 мВт

(C) Антрацит дожиг. УХУ

(C) Лигнит кислородно-топливное УХУ

### Электростанции, работающие на природном газе

(A) Существующие станции в США

(B) Природный газ  $\eta=58\%$

(C) Природный газ комб. ц.

(C) Природный газ дожиг. УХУ

### Возобновляемая энергия

(B) Солнечная тепловая

(B) Геотермальная

(B) Береговой ветер 2,5 мВт

(B) Наземный ветер 1,5 мВт

(C) Береговой ветер

(B) Гидроэлектроэнергия 300 кВт

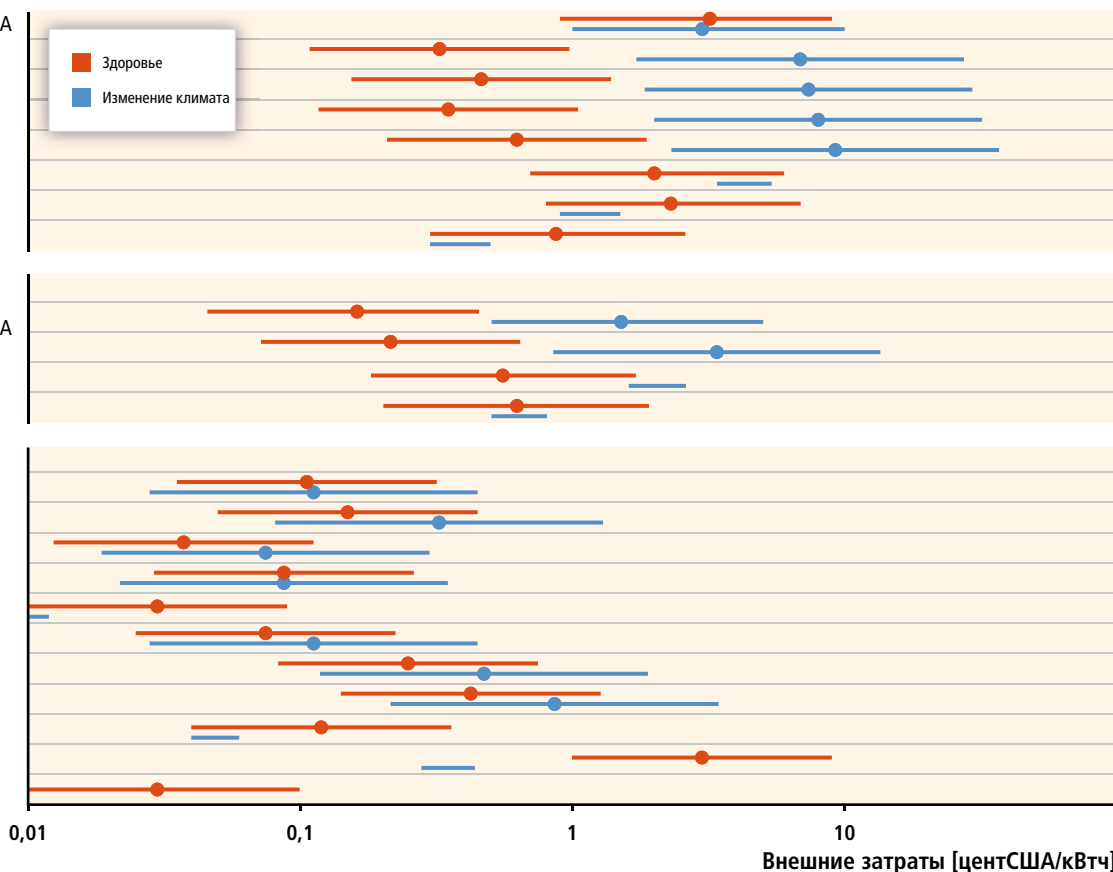
(B) ФЭ (2030 г.)

(B) ФЭ (2000 г.)

(C) ФЭ Южная Европа

(C) Биомасса КТЭ 6 MWeI

(D) Биомасса бойлер ESP 5 и топливо 10 мВт



**Рисунок TP.10.15** | Иллюстрация внешних издержек на протяжении жизненного цикла производства электроэнергии за счет ВИЭ и ископаемого топлива. Следует отметить логарифмический масштаб рисунка. Черные линии показывают диапазон внешних затрат, связанных с воздействиями изменения климата, а красные линии показывают диапазон внешних затрат, связанных с воздействием загрязнения воздуха на здоровье. Внешние затраты, связанные с изменением климата, преимущественно доминируют в производстве ископаемой энергии, если оно не комбинируется с УХУ. Комб. ц.: комбинированный цикл; Дожиг.: дожигание;  $\eta$ : коэффициент эффективности. Результаты представлены на основе четырех исследований с различными допущениями (A–D). Неопределенность в отношении внешних издержек, связанных с риском для здоровья, принята в качестве фактора в трех из них. [рисунок10.36]

## 11.1.2 Согласование политических действий по времени и их потенциал

Регулирование по времени, потенциал и уровень координации НИОКР в отношении политики внедрения влияют на результативность и эффективность политики, а также на общие издержки для общества, и зависят от трех основных моментов: 1) способствует ли страна применению ВИЭ без промедления или же ожидает дальнейшего снижения затрат; 2) приняла ли страна решение по поддержке применения ВИЭ, распределению действий по времени, их потенциалу и координации того, когда выполнение НИОКР сменится реализацией программных мероприятий по освоению ВИЭ; и 3) какие затраты и выгоды предполагаются от ускоренного осуществления политики «рыночной конъюнктуры» в сопоставлении с более длительным. Что касается первого момента, чтобы достичь возможности полной конкурентоспособности с технологиями на основе ископаемого топлива, потребуется сделать значительные предварительные капиталовложения в ВИЭ до достижения пределов их рентабельности. Момент времени для таких капиталовложений зависит от цели. Если международное сообщество стремится стабилизировать повышение глобальной температуры на уровне  $2^{\circ}\text{C}$ , инвестиции в низкоуглеродные технологии должны начаться практически незамедлительно.

## 11.2 Современные тенденции: политика, финансирование и инвестирование

Возрастающее число и разнообразие политических мер в отношении ВИЭ за последние годы повлекло за собой значительный рост числа технологий ВИЭ. До начала 1990-х годов лишь несколько стран приняли в законодательном порядке меры политического характера в целях содействия применению ВИЭ. С тех пор, и, в особенности, с начала до середины 2000-х годов все большее число стран начали вводить политические меры для содействия продвижению ВИЭ на муниципальном, районном/областном, национальном, а также международном уровнях (см. рисунок TP.11.1). [1.4, 11.1, 11.2.1, 11.4, 11.5]

Изначально большинство политических мер были приняты в развитых странах, однако в период с конца 1990-х до начала 2000-х годов все большее число развивающихся стран вводят в действие в законодательном порядке на различных уровнях государственной власти основы экономической политики в целях содействия применению ВИЭ. К началу 2010 г. приблизительно половину стран, осуществлявших политику в отношении получения возобновляемой электроэнергии, составляли развивающиеся страны из каждого региона мира. [11.2.1]



В большинстве стран, осуществляющих политику в отношении ВИЭ, задействовано более одного вида механизма регулирования применения ВИЭ, а многие существующие принципы политики и цели были со временем укреплены. За рамками принципов политики, осуществляемой на национальном уровне, растет число международных политических мер и партнерств. Несколько сотен органов городского и местного самоуправления по всему миру также поставили перед собой задачи или приняли в законодательном порядке политические меры и другие механизмы для ускорения применения ВИЭ на местах. [11.2.1]

Политика поощрения использования возобновляемой энергии уходит от концентрации основного внимания почти целиком на электричестве с тем, чтобы охватить секторы теплоснабжения/охлаждения и транспорта. Эти тренды находятся в соответствии с растущими успехами в разработке ряда технологий ВИЭ, в их производстве и внедрении (см. главы 2-7), а также в соответствии с быстрыми темпами увеличения объемов ежегодных инвестиций в ВИЭ и диверсификацией финансирующих учреждений, особенно начиная с 2004/2005 гг. [11.2.2]

Под влиянием все более благоприятного политического климата общий сектор ВИЭ в мировом масштабе испытал значительное увеличение объема капиталовложений после 2004-2005 гг. Финансирование осуществляется на протяжении так называемого «временного континуума» или стадий технологического развития. Пять сегментов континуума включают: 1) НИОКР; 2) разработку и коммерциализацию технологии; 3) производство и продажу оборудования; 4) возведение запроектированного объекта; и 5) рефинансирование и продажу компаний, в основном, путем слияния и присоединения предприятий. Финансирование увеличивается в динамике по времени на каждой из этих стадий, обеспечивая показатели текущего и ожидаемого роста сектора ВИЭ, как указано далее: [11.2.2]

Тенденции в области (1) финансирования НИОКР и (2) капиталовложений в технологии являются показателями долгосрочной и среднесрочной перспектив для сектора – сделанные капиталовложения окупаются через несколько лет, как только технология будет полностью введена в коммерческое обращение. [11.2.2.2, 11.2.2.3]

Тенденции в области (3) инвестирования в производство и продажи являются показателями краткосрочной перспективы для сектора – особенно с учетом того, что рост рыночного спроса будет продолжаться. [11.2.2.4]

Тенденции в области (4) инвестирования в строительство являются показателем текущей деятельности в рамках сектора, включая степень интернализации издержек, связанных с ПГ, которая может в результате стимулировать новые финансовые потоки в проекты по ВИЭ. [11.2.2.5]

Тенденции в области (5) слияния и присоединения предприятий могут отражать общую зрелость сектора, а увеличение деятельности по рефинансированию в динамике по времени указывает на то, что более крупные и традиционные инвесторы подключились к сектору и перекупают ранее успешно приобретенные инвестиционные инструменты у «первопроходцев». [11.2.2.6]

### 11.3 Ключевые движущие факторы, благоприятные возможности и выгоды

Использование возобновляемой энергии может предоставить множество выгод для общества. В дополнение к политике в области сокращения выбросов CO<sub>2</sub> органы государственного управления и власти ввели в действие в законодательном порядке политические меры поддержки применения ВИЭ с тем, чтобы выполнить ряд задач, в том числе извлечение практической пользы

для локальной окружающей среды и здравоохранения; облегчение доступа к энергии, в частности для сельских районов; продвижение целей энергетической безопасности путем диверсификации портфеля энергетических технологий и ресурсов; а также совершенствование социально - экономического развития посредством создания потенциальных возможностей для создания новых рабочих мест и экономического роста. [11.3.1–11.3.4]

Относительная значимость побудительных факторов для применения ВИЭ различается от страны к стране и может изменяться со временем. Доступ к энергии был описан в качестве основного побудительного фактора в развивающихся странах, в то время как энергетическая безопасность и вопросы, связанные с охраной окружающей среды, являются наиболее важными в развитых странах. [11.3]

### 11.4 Барьеры для осуществления политики в отношении возобновляемой энергии, внедрения и финансирования

Политика в отношении ВИЭ содействует увеличению доли возобновляемой энергии, оказывая поддержку в преодолении барьеров, которые сдерживают развитие технологий и применение ВИЭ. Барьеры, характерные для целей формирования политики, внедрения и финансирования в отношении ВИЭ (например, сбои рыночного регулирования) и далее могут сдерживать использование возобновляемой энергии. [1.4, 11.4]

Барьеры на пути выработки и введения в законодательном порядке общих принципов политики включают недостаток информации и осведомленности о ресурсах ВИЭ, технологиях и вариантах политики; недостаток понимания методов разработки наилучшей политики или перехода к надежному энергоснабжению в будущем; трудности, связанные с количественной оценкой и интернализацией внешних издержек и выгод; блокировка существующих технологий и политических мер. [11.4.1]

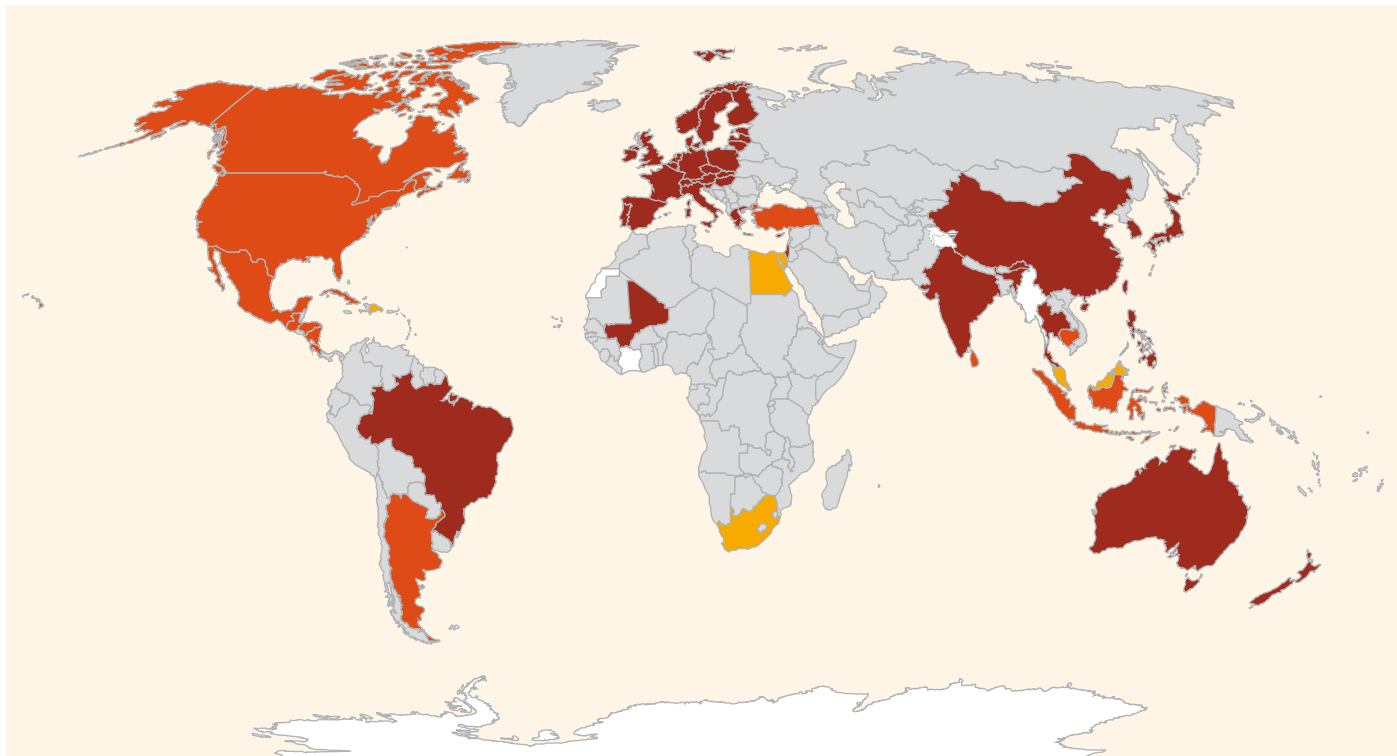
Барьеры, относящиеся к реализации политики, включают противоречия с действующими нормативно-правовыми актами; недостаток квалифицированных сотрудников; и/или отсутствие институционального потенциала для осуществления политических мер в отношении ВИЭ. [11.4.2]

Барьеры на пути финансирования включают недостаточный уровень осведомленности среди финансистов и отсутствие своевременной и адекватной информации; проблемы, связанные с финансовой схемой и масштабом проектов; проблемы, связанные с ограниченностью опыта работы; и в некоторых странах, организационные недостатки, в том числе несовершенные рынки капиталов и недостаточный доступ к возможному финансированию. Все эти барьеры повышают предполагаемый риск, и таким образом ведут к увеличению издержек и/или затрудняют получение финансирования для проектов ВИЭ. Что наиболее важно, многие технологии ВИЭ не выдерживают экономической конкуренции с существующими в настоящее время рыночными ценами на энергию, что делает их финансово невыгодными для инвесторов в отсутствие различных форм политической поддержки, что ограничивает инвестиционный капитал. [11.4.3]

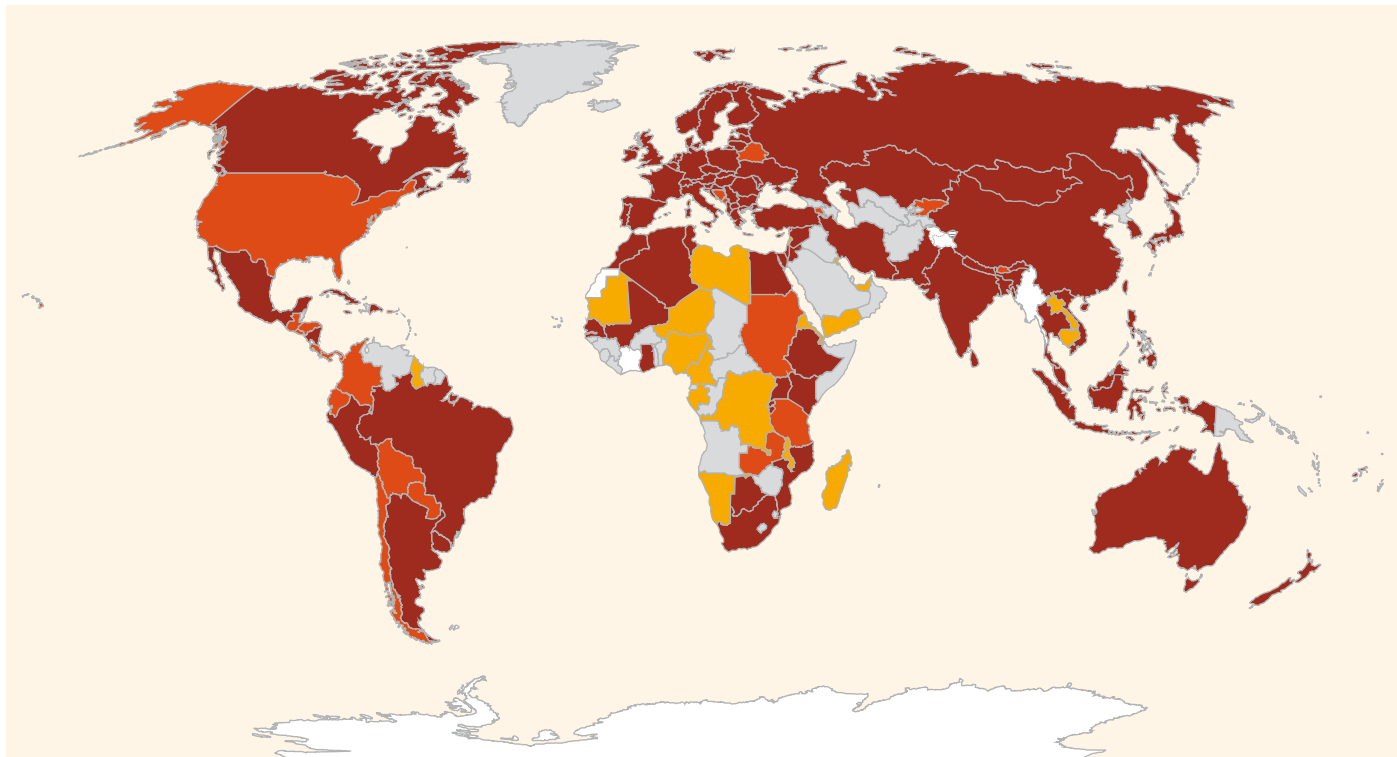
### 11.5 Накопленный опыт и оценка вариантов политики

Имеется большое число вариантов политических мер поддержки технологий ВИЭ – от начальной стадии разработки до демонстрационного показа и предварительной промышленной эксплуатации и до технической зрелости и широкомасштабного применения. Это предусматривает государственные меры

2005 г.



Начало 2011 г.



■ Страны, осуществляющие хотя бы одно программное мероприятие в области ВИЭ и имеющие хотя бы одно плановое задание в отношении ВИЭ  
 ■ Страны, осуществляющие хотя бы одно программное мероприятие в области ВИЭ

■ Страны, имеющие хотя бы одно плановое задание в отношении ВИЭ  
 ■ Страны, не осуществляющие ни одного программного мероприятия в области ВИЭ и не имеющие ни одного планового задания в отношении ВИЭ

**Рисунок TP.11.1** | Страны, имеющие, по крайней мере, одно плановое задание в отношении ВИЭ и/или осуществляющие хотя бы одно программное мероприятие в области ВИЭ в середине 2005 г. и в начале 2011 г. Этот рисунок включает задачи и политику только государственного уровня (не муниципального или районного/областного), которые не обязательно являются всеобъемлющими. [рисунок 11.1]

поддержки НИОКР («подталкивание» предложения) для содействия внедрению технологий ВИЭ, а также политические меры для применения («притягивание» спроса), которые нацелены на создание рынка для технологий ВИЭ. Политические меры могут быть классифицированы различным образом, однако во всемирном масштабе не существует согласованного перечня или классификации по группам вариантов политики в отношении ВИЭ. С целью упрощения государственные меры поддержки НИОКР и применения ВИЭ были распределены в рамках следующих категорий [11.5]:

- **Фискальные стимулы:** участникам (частные лица, коммунальные хозяйства, предприятия) разрешено сокращать их вклад в государственную казну при помощи подоходного или других налогов, либо им предоставляются выплаты из государственной казны в форме скидок или дотаций.
- **Государственное финансирование:** государственная поддержка, в соответствии с которой предполагается финансовое возмещение (ссуды, оплаченная часть капитала) или принимаются финансовые обязательства (обеспечение кредитов);
- **Регулирование:** правовая норма для руководства или контроля действий тех, к кому оно относится.

Несмотря на то, что цели являются центральным компонентом политики, для успешного применения действующих политических мер могут не требоваться конкретные цели. Кроме того, цели без политики вряд ли будут достигнуты. [11.5]

Успешность инструментов для реализации политики определяется тем, насколько хорошо с их помощью можно достичь различных целей или показателей, включая:

- **Эффективность:** степень, до которой обеспечивается достижение намеченных целей;
- **Результативность:** отношение данных на выходе к данным на входе, или задачи ВИЭ, реализованные пропорционально потраченным экономическим ресурсам;
- **Справедливость:** охват действий и распределенные последствия политики;
- **Институциональная применимость:** степень, до которой инструмент реализации политики, вероятно, будет рассматриваться в качестве имеющего силу, получит признание и будет принят и внедрен, включая возможность реализации политики непосредственно после его разработки и принятия. [11.5.1]

В большинстве литературных источников в центре внимания находятся эффективность и результативность политических мер. Элементы конкретных вариантов политики делают их более или менее приемлемыми для достижения различных показателей, а при помощи разработки и осуществления этих вариантов можно также определить, в какой степени они удовлетворяют этим показателям. Выбор политических мер и элементов их разработки, в конечном счете, будет зависеть от целей и приоритетов политиков. [11.5.1]

### 11.5.1 Политика в области научных исследований и разработок для обеспечения использования возобновляемой энергии

НИОКР, технические новшества, а также разработка и внедрение новых низкоуглеродных технологий создают преимущества для общества, выходящие за рамки задач, решаемых разработчиком, что приводит к недофинансированию таких усилий. Таким образом, государственные НИОКР могут играть важную роль в развитии технологий ВИЭ. Не все страны могут позволить себе поддержку НИОКР из государственных фондов, однако в большинстве стран, в которых

возможен какой-либо уровень такой поддержки, государственные НИОКР в целях обеспечения использования возобновляемой энергии повышают эксплуатационные показатели появляющихся технологий с тем, чтобы они могли удовлетворять потребности первых потребителей и поставщиков. Кроме того, государственные НИОКР также совершенствуют существующие технологии, которые уже эксплуатируются в коммерческой среде. [11.5.2]

Государственная политика в области НИОКР включает фискальные стимулы, такие как финансирование академических НИОКР, дотации, премии, налоговые льготы, использование государственных научно-исследовательских центров, а также государственное финансирование, включая льготные или конвертируемые ссуды, доли в общественных акциях и общественные фонды венчурного капитала. Капиталовложения, подпадающие под категорию НИОКР, охватывают широкий ряд видов деятельности в рамках цикла разработки технологии, от картирования ресурсов ВИЭ до совершенствования коммерческих технологий ВИЭ. [11.5.2]

Успех политики в отношении НИОКР зависит от ряда факторов, некоторые из которых могут быть четко определены, а другие обсуждаются в литературе. Успешные результаты программ НИОКР связаны не только с общим объемом выделенного финансирования, но также с постоянством финансирования от года к году. Работа по принципу «включено-выключено» в рамках НИОКР препятствует техническому обучению, а обучение и сокращение затрат зависят от непрерывности, целеустремленности и организации работы, а также от того, где и как распределяются средства, поскольку они зависят от масштаба работ. В литературе ведется дискуссия в отношении наиболее успешного подхода к осуществлению политики для НИОКР через привязку по времени: поэтапная разработка с использованием имеющихся исходных материалов (прогресс через исследования, направленные на небольшие постепенные усовершенствования) в сравнении с крупными научно-техническими достижениями (фундаментальные технологические прорывы) с доводами либо за один из вариантов, либо за комбинацию обоих. Опыт показал важность планирования денежных ассигнований на НИОКР (и далее) при помощи «стратегии выхода», в соответствии с которой ассигнования, как правило, поэтапно прекращаются выделяться с введением технологии в коммерческое обращение, после чего сектор функционирует в устойчивом режиме на соответствующем уровне. [11.5.2.3]

Одним из наиболее полноценных полученных результатов, как в печатных материалах теоретического характера, так и в технических типовых исследованиях, является вывод о том, что капиталовложения в НИОКР являются наиболее эффективными, когда они дополняются другими политическими инструментами – в частности, но не только, политическими мерами, которые одновременно расширяют спрос на новые технологии ВИЭ. Относительно раннее применение политики внедрения ВИЭ на стадии разработки технологий ускоряет обучение либо изучение через выполнение НИОКР либо через практическое использование (как результат производства), а также сокращает издержки. Вместе НИОКР и политические меры для освоения ВИЭ создают цикл с положительной обратной связью, стимулирующий инвестиции частного сектора в НИОКР (см. рисунок ТР.11.2). [11.5.2.4]

### 11.5.2 Политика содействия внедрению

Политические механизмы, целенаправленно введенные в действие в целях содействия внедрению ВИЭ, различаются и могут применяться во всех секторах энергетики. Они включают фискальные стимулы (дотации, платежи за производство энергии, льготы, налоговые скидки, сокращения и исключения, переменная или ускоренная амортизация); государственное финансирование (вложения в акционерный капитал, обеспечение кредитов, ссуды, государственные закупки); и

регулирование (доли участия, проведение тендеров/ торгов, тарифы на поставку энергии (ТПЭ), маркировка экологических товаров и покупка энергии, получаемой экологически чистым способом, чистый учет, приоритетный или гарантированный доступ, приоритетное распределение). В то время как регулирование и его последствия довольно значительно различаются между секторами конечных пользователей, фискальные стимулы и государственное финансирование, как правило, применимы ко всем секторам. [11.5.3.1]

Фискальные стимулы могут сократить затраты и риски капиталовложений в ВИЭ посредством снижения предварительных инвестиций, связанных с установкой, снижения затрат на производство или повышения платежей за выработанную возобновляемую энергию. Фискальные стимулы также компенсируют различные сбои рынка, которые ставят ВИЭ в невыгодное положение в процессе конкурирования с ископаемым топливом или ядерной энергией, и помогают уменьшить финансовое бремя инвестирования в ВИЭ. [11.5.3.1]

Фискальные стимулы наиболее эффективны в комбинации с другими видами политики. Стимулы, основанные на субсидировании производства, желательно применять для инвестиционных дотаций, поскольку они содействуют получению требуемого результата – выработке энергии. Однако, политические меры должны быть направлены на конкретные технологии и стадии развития, а инвестиционные дотации могут быть полезны, когда технология все еще относительно дорога или когда технология применяется в малых масштабах (напр., небольшие солнечные установки, располагаемые на крыше), в частности, если она соответствует

технологическим стандартам и сертифицирована для обеспечения минимального качества систем и установки. Опыт в области политики в отношении энергии ветра говорит о том, что плата за продукцию и скидки могут быть предпочтительней, чем налоговые льготы, поскольку выгоды, полученные в результате выплат и скидок, одинаковы для всех людей с разным уровнем дохода и содействуют более широкому инвестированию и применению. Также обстоятельство, что они обычно предоставляются в процессе покупки или производства, провоцирует более плавный рост в будущем (в отличие от тенденции инвестировать в наибольшем объеме в конце налогового периода). Стимулы, основанные на налогах, исторически используются для содействия продвижению только наиболее развитых и финансово доступных технологий. В общем, налоговые скидки наилучшим образом действуют в странах, где в частном секторе существуют многочисленные прибыльные фирмы, которые платят налоги и которые способны использовать эти преимущества. [11.5.3.1]

Механизмы государственного финансирования имеют двойную цель: напрямую мобилизовать или эффективно использовать коммерческие инвестиции в проекты ВИЭ, и косвенным образом создавать пропорционально увеличенные коммерчески устойчивые рынки для этих технологий. В дополнение к более традиционной политике государственного финансирования, такой как льготное кредитование и обеспечение кредитов, появляется ряд инновационных механизмов на различных государственных уровнях, включая муниципальный уровень. Эти механизмы включают финансирование проектов ВИЭ посредством предоставления долгосрочных льготных кредитов владельцам собственности, которые

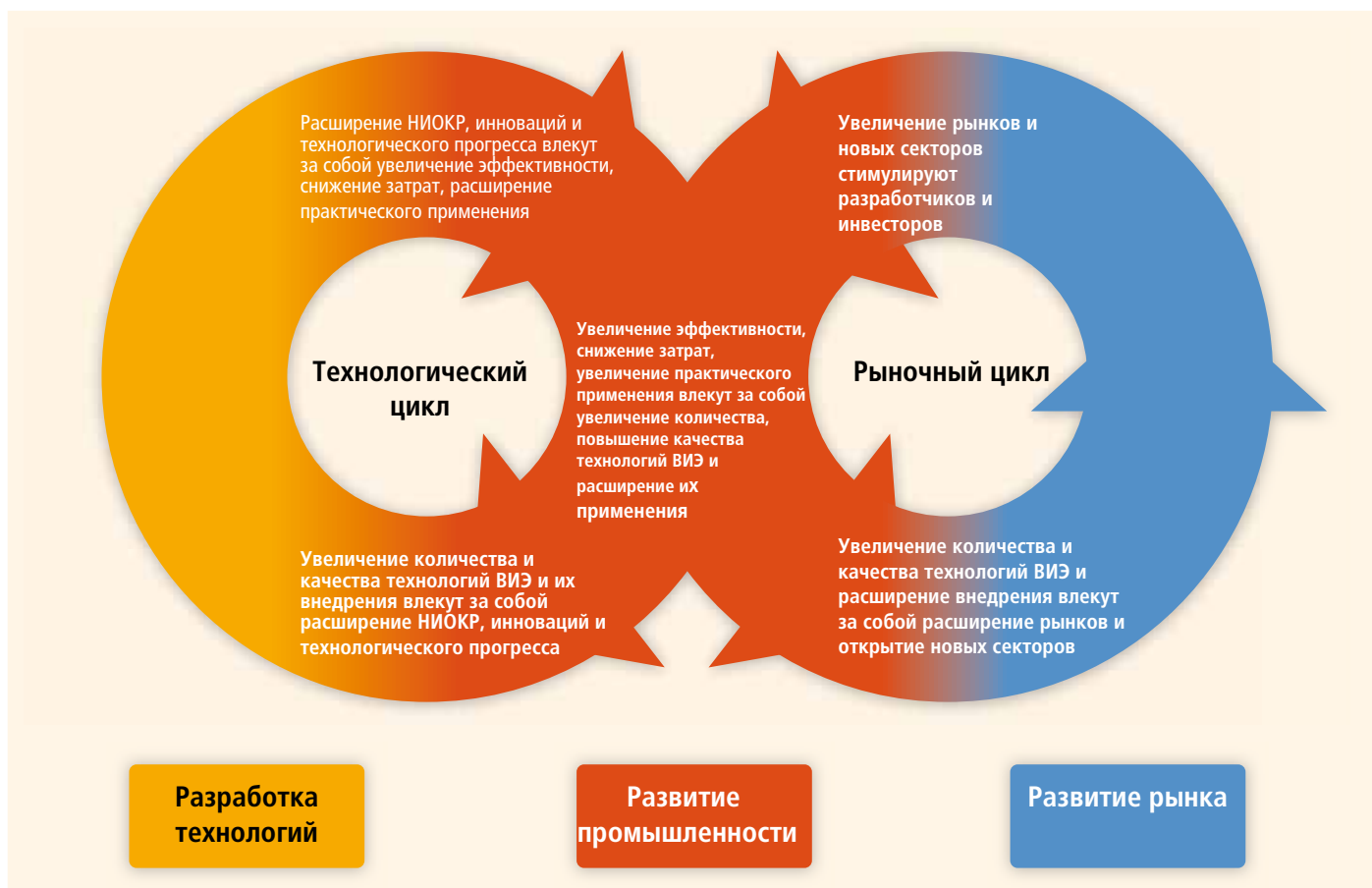


Рисунок ТР.11.2 | Взаимоподкрепляющие циклы технологического развития и развертывание рынка снижают технологические затраты. [рисунок 11.5]

предусматривают выплаты по кредиту в соответствии с энергосбережением (например, в Калифорнии налог, связанный с чистой энергией, начисленный на собственность), и «повторное использование» государственных фондов для многоплановых целей (например, использование государственных фондов, сэкономленных посредством повышения энергоэффективности проектов ВИЭ). [11.5.3.2]

Государственная закупка технологий и энергоресурсов ВИЭ является механизмом стимулирования рынка возобновляемой энергии, который часто упоминается, но не часто используется. Правительства могут поддерживать развитие ВИЭ посредством принятия обязательств по покупке возобновляемой энергии для государственных объектов или стимулировать потребителей использовать экологически чистые виды энергии. Потенциал этого механизма довольно значителен: во многих странах государство является крупнейшим потребителем энергии, а закупки энергии представляют собой самые большие статьи государственных расходов. [11.5.3.2]

Политические меры регулирования включают основные принципы количественного определения и ценообразования, такие как квотирование и ТПЭ; аспекты обеспечения качества и стимулирующие факторы; а также инструменты оценки, такие как чистый учет. В рамках политики количественного определения устанавливается количество, которое необходимо достичь, а рынку предоставляется возможность определить цену, в то время как в рамках политики ценообразования определяется цена, а рынку дается возможность определить количество. Политика определения количества может быть использована во всех трех секторах конечных пользователей в форме бюджетных ассигнований или предписаний. Стимулы для обеспечения качества включают покупку энергии, полученной экологически чистым способом, и маркировку экологически чистых товаров (периодически, но не всегда санкционируемые правительствами), в рамках которых потребителям предоставляется информация о качестве энергоносителей для того, чтобы предоставить им возможность принять решения на добровольной основе и возбудить спрос на возобновляемую энергию. [11.5.3.3]

#### Политика содействия внедрению: электроэнергия

На сегодняшний день подавляющее большинство политических мер были введены в действие в законодательном порядке в целях содействия продвижению ВИЭ скорее для выработки электроэнергии, нежели для обогрева и охлаждения или использования в транспорте. Эти меры включают фискальные стимулы и обеспечение государственного финансирования для содействия внесению инвестиций в выработку электроэнергии на основе ВИЭ, а также введение множества нормативно-правовых мер в области электроэнергетики. Хотя правительства используют разнообразные варианты политики для содействия продвижению возобновляемой электроэнергии, наиболее общими используемыми такими мерами являются ТПЭ и квотирование, либо стандарты на использование комплекса возобновляемых источников энергии (СКВИЭ). [11.5.4]

Существует огромное количество литературы, в которой приводятся оценки политики определения количества (политика квотирования, СКВИЭ и проведение тендеров/торгов) и ценообразования (ТПЭ с фиксированной ценой и ценой с надбавкой), преимущественного квотирования и ТПЭ, направленная на сравнение с критериями эффективности и результативности. В ряде ретроспективных исследований, включая работы, выполненные для Европейской Комиссии, делается вывод о том, что «детально проработанные» и «успешно применяемые» ТПЭ на сегодняшний день являются наиболее результативными (определено по результатам сопоставления общей полученной поддержки и затрат на выработку) и эффективными (возможности для увеличения доли используемой возобновляемой электроэнергии) мерами поддержки использованию возобновляемой электроэнергии, [11.5.4]

Одной из основных причин успеха применяемых ТПЭ является гарантия высокой инвестиционной безопасности, основанная на комбинации долгосрочных фиксированных выплат, сетевого подключения и гарантированного доступа к сети для всех видов выработки электроэнергии. Как оказалось, детально проработанные ТПЭ, стимулирующие как технологическое, так и географическое разнообразие, больше всего подходят для содействия осуществлению проектов различных масштабов. Успех политики ТПЭ зависит от различных элементов. Наиболее эффективные и результативные политические меры включают нижеперечисленные элементы или большую их часть [11.5.4.3]:

- Обязательство покупки для электроэнергетических предприятий;
- Приоритетный доступ и диспетчирование;
- Тарифы, основанные на стоимости производства и дифференцируемые по типам технологий и размерам проекта с детальным расчетом исходных значений;
- Регулярные оценки проекта в долгосрочной перспективе и регулирование размеров выплат краткосрочного действия с поэтапными поправками, включенными в законодательство с целью отражения изменений технологий и сферы торговли и экономической активности для содействия инновационным и технологическим изменениям в целях обеспечения контроля затрат;
- Тарифы для всех потенциальных производителей, включая электроэнергетические предприятия;
- Гарантированные тарифы на период времени, необходимый для обеспечения приемлемой нормы прибыли;
- Интеграция затрат в процесс разработки тарифов и распределение в равной степени по странам или регионам;
- Четкие стандарты и процедуры подключения для размещения ресурсов на передачу и распределение энергии;
- Оптимизация административных процессов и прикладных процессов;
- Внимание к группам, которым льготы предоставляются в первую очередь, например, основным конкурентоспособным потребителям или потребителям с низким доходом, а также другим уязвимым потребителям.

Опыт разных стран показывает, что эффективность систем квотирования может быть высокой, а уровни соответствия достигаются, если сертификаты для ВИЭ выдаются в рамках детально проработанных политических мер, предполагающих применение фьючерсных контрактов, которые демпфируют (или даже устраняют) неустойчивость цен и сокращают риск. Однако оказалось, что они будут полезны для наиболее технически разработанных и наименее затратных технологий. Эти преимущества следует учитывать при разработке политики, в случае если различные варианты ВИЭ значительно отличаются друг от друга или объединяются с другими стимулами. Наиболее эффективные и результативные механизмы, основанные на определении количества, включают нижеперечисленные элементы или большую их часть, в особенности те из них, которые помогают свести к минимуму риск [11.5.4.3]:

- Применение к большому сегменту рынка (только квотирование);
- Четкие правила, определяющие соответствие требованиям, включая соответствующие ресурсы и участников (применяется к квотированию и проведению тендеров/торгов);
- Сбалансированные условия спроса-потребления с особым упором на новые производственные возможности – квоты должны превышать существующее предложение, но быть достижимыми по доступной стоимости (только квотирование);
- Фьючерсные контракты/конкретные обязательства покупки с датами окончания и без промежутков во времени между квотами (только квотирование);
- Адекватные штрафные санкции за несоблюдение и адекватное обеспечение выполнения обязательств (применяется к квотированию и проведению тендеров/торгов);

- Долгосрочные цели, по крайней мере, на 10 лет (только квотирование);
- Категории или положения, действующие только для определенных технологий для предоставления дифференцированной поддержки (применяется к квотированию и проведению тендеров/торгов);
- Минимальные платежи для обеспечения адекватного возмещения и финансирования (применяется к квотированию и проведению тендеров/торгов).

Система чистого учета позволяет мелким производителям «сбывать» в сеть любую возобновляемую электроэнергию, которую они выработали сверх их общего спроса в режиме реального времени по тарифам для индивидуальных потребителей, поскольку избыточная выработка компенсируется избыточной потребительской нагрузкой в другое время в ходе определенного периода взаимных компенсаций. Она считается малозатратным и легко управляемым инструментом мотивации потребительских инвестиций в распределенное мелкомасштабное производство энергии для обеспечения сетей, который также помогает поставщикам при помощи корректировки факторов нагрузки в процессе производства возобновляемой электроэнергии в периоды пикового потребления. Однако, для стимулирования значительного роста менее конкурентно способных технологий, таких как ФЭ, сама по себе эта система недостаточна, по крайней мере там, где затраты на выработку выше розничной цены. [11.5.4]

#### Политика содействия внедрению: теплоснабжение и охлаждение

Все больше органов государственного управления и власти принимают стимулы и мандаты для содействия использованию технологий для теплоснабжения и охлаждения на основе ВИЭ (Т/О). Поддержка Т/О на основе ВИЭ представляет для лиц, принимающих решения, уникальные перспективы благодаря зачастую распределенному характеру выработки тепла. Предоставление услуг по теплоснабжению и охлаждению может осуществляться через мелкомасштабные и среднемасштабные системы, которые обеспечивают одиночные жилые помещения, либо посредством крупномасштабных систем в целях предоставления централизованного теплоснабжения и охлаждения. Политические инструменты как для целей теплоснабжения (Т-ВИЭ), так и для охлаждения (О-ВИЭ) на основе ВИЭ должны учитывать более разнородные характерные особенности ресурсов, включая широкий разброс масштабов, переменные возможности для обеспечения различных уровней температуры, широко распределенный спрос, соответствие тепловой нагрузке, нестабильность использования и отсутствие механизма централизованного предоставления или торговли. [11.5.5]

Количество политических мер поддержки источников возобновляемой энергии в целях теплоснабжения и охлаждения возросло за последние годы и повлекло увеличение производства Т/О на основе ВИЭ. Однако большинство механизмов поддержки были направлены на Т-ВИЭ. Используемая политика для Т-ВИЭ включает фискальные стимулы, такие как скидки, дотации, снижение налоговых ставок и налоговые льготы; политику государственного финансирования, такую как ссуды; регламентирование, такое как использование бюджетных ассигнований; а также меры, предпринимаемые в области образования. [11.5.5-11.5.5.3, 11.6]

На сегодняшний день фискальные стимулы являются наиболее широко используемой политикой, в которой чаще всего применяются дотации. Налоговые скидки, доступные после установки систем Т-ВИЭ (т.е. по факту), могут оказаться более полезными в материально-техническом отношении, чем дотации, требующие предварительного одобрения перед установкой, хотя имеется ограниченный опыт использования этого варианта. Интерес к механизмам регулирования, таким как использование бюджетных ассигнований и квотирование, повысился в связи с их потенциальными возможностями

стимулировать рост Т-ВИЭ независимо от государственного бюджета, хотя на сегодняшний день опыт использования этих политических мер незначителен. [11.5.5]

Также как для электроэнергии и транспорта на основе возобновляемой энергии, политика в отношении Т/О на основе ВИЭ будут лучше соответствовать определенным обстоятельствам/месторасположению в случае, если при ее разработке учитывалась степень зрелости конкретной технологии, существующих рынков и существующих систем энергоснабжения. Производственные стимулы более эффективны для более крупных систем Т/О, таких как сети центрального теплоснабжения, чем для менее крупных, в рамках которых Т/О распределяется на месте выработки, и для которых существует небольшое число экономически эффективных процедур учета или мониторинга. [11.5.5]

Хотя имеется только несколько примеров политических мер в поддержку технологий О-ВИЭ, в целом, политика, направленная на расширение применения исключительно О-ВИЭ, менее разработана, чем для Т-ВИЭ. Многие механизмы, описанные выше, могут в большинстве случаев также применяться к О-ВИЭ с аналогичными преимуществами и недостатками. Недостаток опыта деятельности в поддержку политики обеспечения внедрения О-ВИЭ, по-видимому, связан с начальными уровнями технического развития многих технологий О-ВИЭ. Поддержка НИОКР, а также политическая поддержка базовой разработки рыночных цепочек и систем снабжения могут быть особенно важны для расширения внедрения технологий О-ВИЭ в ближайшем будущем. [11.5.5.4]

#### Политика содействия внедрению: транспорт

Осуществлен ряд политических мер в поддержку освоения возобновляемой энергии для транспорта, хотя подавляющее большинство таких политических мер и соответствующий опыт относится к биологическому топливу. Политика в поддержку использования биотоплива нацелена на содействие внутреннему потреблению посредством фискальных стимулов (например, освобождение от налога на биотопливо для заправочных станций) или регулирования (например, предписание о смешивании видов топлива), а также на содействие производству биотоплива внутри страны посредством государственного финансирования (например, ссуды) производственных мощностей в виде поддержки производства исходного сырья или налогового стимулирования (например, освобождение от налогов). Чаще всего государства вводят в действие комбинацию политических мер. [11.5.6]

Налоговое стимулирование обычно используется для поддержки производства и использования биотоплива, поскольку оно меняет их конкурентоспособность, основанную на более низких издержках производства по сравнению с ископаемыми видами топливами. Оно может использоваться на протяжении всей цепочки ценообразования на рынке биотоплива, но чаще всего предоставляется либо производителям биотоплива, (например, освобождение от акцизных сборов/кредитов на акцизные сборы) и/или конечным потребителям (например, снижение налога на биотопливо для заправочных станций). [11.5.6]

Вместе с тем, ряд европейских и других стран Группы 8+5 начали постепенный переход от использования снижения налоговой ставки для биотоплива к предписанию о смешивании топлив. Сложно оценить уровень поддержки в рамках предписаний в отношении биотоплива, поскольку цена, установленная на основе этих предписаний, в общем плане определяется не государственными органами власти (в отличие от сектора электроэнергии, например). В то время как предписания являются ключевыми побудительными факторами процесса развития и роста большей части современной биотопливной промышленности, они оказываются менее подходящими для содействия продвижению конкретных

видов биотоплива, поскольку поставщики топлива склоняются к смешиванию низкочастотных видов биотоплива. По своей природе предписания должны детально разрабатываться и сопровождаться дальнейшими требованиями для достижения более широкого уровня распределительного равенства и минимизации потенциальных негативных последствий для общества и окружающей среды. Страны с наибольшей долей потребления биотоплива в транспортном секторе имеют комбинированные системы, в которых предписания (включая штрафные санкции) сочетаются с фискальными стимулами (прежде всего, освобождение от уплаты налога). [11.5.6]

### Обобщение

Отдельные политические элементы показали себя более эффективными и результативными в процессе быстро расширяющегося освоения ВИЭ и позволили правительствам и обществу достичь конкретных целей. Элементы разработки и осуществления политики могут быть также важны в определении степени эффективности и результативности, как и сами используемые политические меры. Ключевые политические элементы включают [11.5.7]:

- Соответствующая оценочная стоимость, рассчитанная с учетом субсидирования, ТПЭ, и т.д., необходимая для покрытия издержек таким образом, чтобы инвесторы имели возможность вернуть свои инвестиции со ставкой дохода, которая соответствует их риску.
- Гарантированный доступ к сетям и рынкам или гарантированный доступ к минимальными четко определенными исключениями.
- Фьючерсные контракты для сокращения риска, подразумевающие уменьшение финансовых затрат.
- Положения, учитывающие разнообразие технологий и применений. Технологии ВИЭ, находящиеся на различных уровнях развития и имеющие различные характеристики, часто сталкиваются с различными барьерами. Для смягчения воздействий на изменение климата могут потребоваться многочисленные источники и технологии ВИЭ, а некоторые из них, которые в настоящее время менее разработаны и/или более затратны, чем другие, могут играть значительную роль в будущем в обеспечении энергетических потребностей и сокращении выбросов ПГ.
- Стимулы, которые, как и следовало ожидать, уменьшаются в динамике по времени с продвижением технологий и/или рынков.
- Прозрачная и простая политика, разработанная таким образом, чтобы участники могли ее понимать вместе с механизмом ее действия, а также что требуется для выхода на рынок и/или для ее соблюдения. Также включает долгосрочную прозрачность среднесрочных и долгосрочных политических целей.
- Всесторонность, означающая, что потенциальные возможности для участия являются настолько широкими, насколько это возможно, как для обеспечивающей стороны (традиционные производители, дистрибьюторы технологий или энергоносителей независимо от вида – электроэнергия, тепло или топливо), так и для потребляющей стороны (деловые круги, коммунальные хозяйства и т.д.); которая может сама вырабатывать распределенную возобновляемую энергию и предоставляет возможности для более широкого участия, что означает увеличение объемов капитала, помогает обеспечить более широкую государственную поддержку ВИЭ и увеличивает конкуренцию.
- Внимание к группам, которым льготы предоставляются в первую очередь, например, основным конкурентоспособным потребителям или потребителям с низким доходом, а также другим уязвимым потребителям с использованием принципа равенства и распределения.

Также важно признать, что не существует единой универсальной политики в области ВИЭ, и политики могут извлечь выгоду из возможности узнать полезный опыт и при необходимости откорректировать программы. Политические меры должны соответствовать местным политическим, экономическим, социальным,

экологическим, культурным и финансовым потребностям и условиям, а также таким факторам, как уровень технологической зрелости, наличие доступного капитала и местная и национальная база ресурсов ВИЭ. Кроме того, как правило, для преодоления различных барьеров в отношении ВИЭ требуется комбинация политических мер. Прозрачные и устойчивые политические структуры—от прогноза конкретной политики до установление цены на углерод и других внешних последствий и долгосрочных целей в отношении ВИЭ—оказались критически важными для сокращения инвестиционных рисков и содействия освоению ВИЭ, а также постепенного расширения малозатратных применений. [11.5.7]

### Макроэкономические последствия политики в отношении возобновляемой энергии

Имеется тенденция осуществления выплат в целях оказания поддержки ВИЭ типа «подталкивание» предложения из государственного бюджета (международного, национального, местного), в то время как затраты на механизмы «притягивания» спроса часто ложатся на плечи конечных пользователей. Например, если политика в отношении возобновляемой электроэнергии включена в электроэнергетический сектор страны, эти дополнительные затраты часто покрываются потребителями электроэнергии, хотя льготы или перераспределение могут снизить затраты для промышленных или уязвимых потребителей, когда это необходимо. Так или иначе затраты, которые необходимо покрыть, существуют. Минимизация затрат в течение всего периода является важной задачей в том случае, если цель заключается в преобразовании энергетического сектора в течение последующих нескольких десятилетий; также важно включать все затраты и выгоды для общества в этот расчет. [11.5.7.2]

Проведение полного анализа затрат и выгод применительно к ВИЭ является чрезвычайно трудоемким процессом, поскольку многие элементы включены в определение чистых воздействий. Эффекты подпадают в три категории: прямые и косвенные системные затраты, а также выгоды в связи с расширением использования ВИЭ; дистрибутивные последствия (в рамках которых экономические действующие лица и группы получают выгоды или разделяют нагрузку в результате поддержки ВИЭ); и макроэкономические аспекты, такие как влияние на ВВП или наличие рабочих мест. Например, политика в отношении ВИЭ предоставляет возможности для потенциального экономического роста и создания рабочих мест, но измерение чистого эффекта является сложной и неопределенной задачей, поскольку дополнительные затраты на поддержку ВИЭ имеют дистрибутивные и бюджетные последствия для экономики. В нескольких работах проведена оценка таких последствий для национальных или региональных экономик; однако, по результатам проведенных исследований в большинстве случаев оказалось, что чистый эффект для экономики положительный. [11.3.4, 11.5.7.2]

### Взаимодействия и потенциальные непреднамеренные последствия политических мер в области возобновляемой энергии и климата

Благодаря частично совпадающим побудительным мотивам и причинам для освоения ВИЭ, а также частично совпадающей юрисдикции (местной, национальной, международной) между политическими мерами время от времени может образовываться значительная взаимозависимость с непреднамеренными последствиями. Поэтому, четкое понимание взаимозависимости между политическими мерами, а также совокупного эффекта от применения их многих видов является принципиально важным фактором. [11.3, 11.5.7, 11.6.2]

Ценообразование на рынке выбросов углекислого газа в атмосферу и политика в отношении ВИЭ создают риски «утечек углерода», в случае если они не применяются на глобальной и всеобъемлющей основе. Политика в отношении ВИЭ в одной административно-территориальной единице или секторе экономики сокращает спрос на энергию, получаемую на основе ископаемого топлива, в этой

административно-территориальной единице или секторе экономики, что при прочих равных условиях глобально сокращает цены на ископаемое топливо и, таким образом, увеличивает спрос на энергию на основе ископаемого топлива в других административно-территориальных единицах или секторах экономики. Цены на углеродные квоты и политика в отношении ВИЭ могут потенциально привести к увеличению выбросов углерода даже в том случае, если они близки к оптимальным и применяются на глобальной основе. Например, если обладатели ресурсов ископаемого топлива ожидают принятия политических мер в поддержку освоения ВИЭ в долгосрочной перспективе, они могут увеличивать добычу энергоресурсов до тех пор, пока поддержка ВИЭ носит умеренный характер. Кроме того, перспективы повышения цен на углерод могут ускорить добычу ресурсов владельцами нефтяных и газовых скважин до тех пор, пока налоги на углерод являются более низкими, оказывая отрицательное влияние на целевые задачи, поставленные директивными органами как в отношении климата, так и в отношении распространения технологий ВИЭ. Условия таких «зеленых парадоксов» являются довольно специфическими: цена, устанавливаемая на выбросы углекислого газа в атмосферу, сначала будет низкой с последующим быстрым ростом. В то же самое время, уровень финансирования использования возобновляемой энергии должен оставаться выше, чем финансирование технологий на основе ископаемого топлива. Однако если цены на углерод и субсидии для ВИЭ изначально будут на высоком уровне, подобные «зеленые парадоксы» будут маловероятны. [11.5.7]

Совокупный эффект комбинирования мер политики, устанавливающей фиксированные цены на углеродные квоты, например, налога на выбросы углерода с субсидированием использования возобновляемой энергии, является в значительной степени аддитивным: другими словами, распространение налога на выбросы углерода вместе с субсидиями на ВИЭ уменьшает выбросы и увеличивает применение ВИЭ. Однако, влияние проведения комбинированной политики внутренне обусловленного ценообразования, такой как торговля квотами на выбросы и/или бюджетные ассигнования на квоты для ВИЭ, на энергетическую систему, по большей части, не так очевидно. Дополнительные к системе торговли выбросами политические меры в отношении ВИЭ обычно сокращают стоимость выбросов углерода, что, в свою очередь, делает высокоуглеродные технологии (например, на основе угля) более привлекательными по сравнению с другими вариантами, предполагающими снижение нагрузки на окружающую среду без использования ВИЭ, такими как природный газ, ядерная энергия и/или повышение энергетической эффективности. В таких случаях, несмотря на то, что общие выбросы остаются фиксировано ограниченными, политика в отношении ВИЭ сокращает затраты на соблюдение и/или улучшает социальное благосостояние только в случае, если технологии ВИЭ имеют конкретные внешние последствия, а барьеры рыночного регулирования выше, чем для других энергетических технологий. [11.5.7]

Итак, политика только лишь в отношении ВИЭ (т.е. без установления цены на выбросы углекислого газа в атмосферу) не обязательно будет эффективным инструментом сокращения углеродных выбросов, поскольку она не предполагает достаточных стимулов для использования всех доступных низкзатратных вариантов смягчения воздействий, включая низкоуглеродные технологии без использования ВИЭ и повышение энергетической эффективности. [11.5.7]

## 11.6 Благоприятная среда и региональные вопросы

Технологии ВИЭ могут играть большую роль в процессе смягчения воздействий на изменение климата, если они внедрены в сочетании с более широким рядом «благоприятствующих» политических мер, которые могут содействовать изменению энергетической системы. «Благоприятные» условия охватывают

различные институты, участников (например, финансовое сообщество, деловые круги, гражданское общество, государство), инфраструктуры (например, сети и рынки) и результаты политической деятельности (например, международные соглашения/сотрудничество, стратегии в области изменения климата) (см. таблица TP.11.1). [11.6]

Благоприятные или «благоприятствующие» условия для ВИЭ могут быть созданы посредством содействия инновациям в энергетической системе; рассмотрения возможных форм взаимодействия данной политики с другими политическими мерами в отношении ВИЭ, а также с другими политическими мерами, не относящимися к ВИЭ; расширения возможностей разработчиков, занимающихся ВИЭ, для получения финансирования и успешного размещения проекта; преодоления барьеров, связанных с доступом к сетям и рынкам, для внедрения и производства ВИЭ; создания благоприятных условий для передачи технологии и наращивания потенциала; а также расширения деятельности по обучению и информированию на институциональном уровне и в рамках сообществ. В свою очередь, наличие «благоприятствующих» условий может увеличить эффективность и результативность политики содействия продвижению ВИЭ. [11.6.1–11.6.8]

Вывод, содержащийся в литературе, посвященной инновациям и получивший широкое признание, состоит в том, что сформированные социально-технические системы имеют тенденцию сокращать многообразие инноваций, поскольку преобладающие технологии создают соответствующую институциональную среду. Данная тенденция может дать начало устойчивому направлению развития, и исключить (или блокировать) возможности для конкуренции и потенциально более эффективных альтернатив. По этим причинам изменение социально-технической системы требует времени и предусматривает внесение изменения, которое является системным, а не односторонним. Технологии ВИЭ интегрируются в энергетическую систему, которая в большей части мира была разработана с использованием существующих комбинаций источников энергии. В результате в инфраструктуре отдается предпочтение доминирующим в настоящее время видам топлива, и необходимо учитывать интересы всех существующих групп влияния и деловых кругов. Вследствие сложности достижения технического прогресса важно обеспечить содействие внедрению ВИЭ при помощи политических мер на всех уровнях государственной власти (от местного до международного), а также привлечение неправительственных участников к формулированию и осуществлению политики. [11.6.1]

Меры государственной поддержки будут успешны в том случае, если они дополняют друг друга, а планирование отдельных программных мер в отношении ВИЭ повлияет на успех их координации с другими мерами политики. Стремление к активному содействию взаимодополняемости мер политики во множестве секторов — от энергетики до сельского хозяйства и политики водопользования и т.д. — при одновременном рассмотрении также независимых задач каждого сектора, является не таким простым делом и может создать ситуации «обоюдный выигрыш» и/или ситуации «выигрыш-проигрыш» с возможным балансом преимуществ и недостатков, что потребует серьезной централизованной координации в рамках секторной политики для устранения противоречий и конфликтов и в то же самое время в координации на более чем одном уровне управления. [11.6.2]

Более широкая благоприятная среда содержит финансовый сектор, который может предложить доступ к финансированию на условиях, отражающих структуру рисков/вознаграждений для конкретной технологии или проекта ВИЭ. Размер финансирования и доступ к нему зависят от более широких условий финансового рынка, преобладающих во время инвестирования, и от конкретных рисков для проекта, технологии и участвующих сторон, вовлеченных в процесс.



Таблица ТР.11.1 | Факторы и участники, способствующие успешному режиму управления ВИЭ. [таблица 11.4]

Область благоприятной среды >> Факторы и субъекты, которые содействуют успеху политики в отношении ВИЭ	Раздел 11.6.2 Интегрирующая политика (национальная/наднациональная политика)	Раздел 11.6.3 Сокращение финансовых и инвестиционных рисков	Раздел 11.6.4 Планирование и разрешение на локальном уровне	Раздел 11.6.5 Предоставление сетевых инфраструктур и рынков для технологий ВИЭ	Раздел 11.6.6 Передача технологий и наращивание потенциала	Раздел 11.6.7 Получение знаний от действующих лиц без участия государства
Институты	Интегрирование политики в отношении ВИЭ с другой политикой на стадии разработки снижает потенциальную возможность противоречия между мерами государственной политики	Учреждение финансовых институтов и агентств, которые могут содействовать осуществлению сотрудничества между странами, будут предоставлять льготные кредиты или международное углеродное финансирование (МЧР). Долгосрочное обязательство может изменить представление о степени риска	Планирование и процедуры получения разрешений позволяющих интегрировать политику в отношении ВИЭ с политикой, не относящейся к ВИЭ, на локальном уровне	Директивные и регуляторные государственные органы могут вводить в действие в законодательном порядке стимулы и правила для сетей и рынков, такие как стандарты безопасности и правила доступа	Надежность технологий ВИЭ может быть обеспечена посредством сертификации Договоры о сотрудничестве, способствующие передаче технологий	Открытость для получения знаний от других участвующих сторон может дополнить разработку мер политики и усилить их эффективность путем функционирования в рамках существующих социально-экономических условий
Гражданское общество (частные лица, коммунальные хозяйства, НПО, государственные объединения ...)	Муниципалитеты или города могут играть решающую роль в интегрировании государственной политики на местном уровне	Инвестиции в социальную сферу могут распределить и сократить инвестиционный риск Участие частно-государственных партнерств в инвестировании и разработке проектов может внести вклад в сокращение рисков, связанных с мерами реализации политики Соответствующие международные институты могут предоставить возможности для справедливого распределения финансовых средств	Участие гражданского общества в процессах местного планирования и получения разрешений может создать возможность для выбора проектов ВИЭ, которые наиболее соответствуют потребностям общества	Гражданское общество может стать частью распределительной сети посредством совместного производства энергии и новых децентрализованных моделей.	Местные субъекты хозяйственной деятельности и НПО могут быть привлечены к передаче технологий посредством новых моделей бизнеса, которые сближают многонациональные компании/НПО/малые и средние предприятия	Участие гражданского общества в открытых политических процессах может предоставить возможности для получения новых знаний и вызвать институциональные изменения Муниципалитеты или города могут вырабатывать решения для обеспечения возможностей развития технологий ВИЭ на местном уровне Люди (индивидуально или коллективно) имеют потенциал для того, чтобы следовать принципам поведения, касающегося энергетики, когда политические сигналы и контекстуальные ограничения взаимосвязаны
Финансовые и деловые сообщества		Участие частно-государственных партнерств в инвестировании и разработке проектов может внести вклад в сокращение рисков, связанных с мерами реализации политики	Разработчики проектов ВИЭ могут предложить «ноу-хау» и профессиональные сети для: i) согласования разработки проекта с требованиями для планирования и получения разрешения; ii) адаптации процессов планирования и получения разрешений к местным потребностям и условиям Деловые круги могут проявлять активность в лоббировании согласованной и интегрированной политики	→ Прозрачность сетей и правил рынка повысит уверенность инвесторов	Финансовые институты и учреждения могут вступить в партнерские отношения с национальными органами государственного управления, предоставить льготные кредиты или международное углеродное финансирование (МЧР).	Многонациональные компании могут привлечь местные НПО или МСП в качестве партнеров к разработке новых технологий (новые модели для применения в сфере бизнеса)  Развитие корпораций и международных институтов сокращает риск инвестиций

Продолжение на след. стр. →

Область благоприятной среды >> Факторы и субъекты, которые содействуют успеху политики в отношении ВИЭ	Раздел 11.6.2 Интегрирующая политика (национальная/наднациональная политика)	Раздел 11.6.3 Сокращение финансовых и инвестиционных рисков	Раздел 11.6.4 Планирование и разрешение на локальном уровне	Раздел 11.6.5 Предоставление сетевых инфраструктур и рынков для технологий ВИЭ	Раздел 11.6.6 Передача технологий и наращивание потенциала	Раздел 11.6.7 Получение знаний от действующих лиц без участия государства
<p>Политическая деятельность (международные соглашения/сотрудничество, стратегии в области изменения климата, передача технологий...)</p>	<p>Надгосударственные руководящие принципы (напр., ЕС по «оптимизации» планирования, связанного с Мировым океаном и изучение последствий) могут содействовать интеграции политики в отношении ВИЭ с политикой, не относящейся к ВИЭ</p>	<p>Долгосрочная политическая приверженность политике ВИЭ сокращает инвестиционный риск в отношении проектов ВИЭ</p>	<p>Надгосударственные руководящие принципы могут внести вклад в развитие процессов планирования и получения разрешений</p>	<p>Обеспечение сотрудничества в области развития помогает поддержать разработку инфраструктуры и облегчает доступ к низкоуглеродным технологиям</p>	<p>МЧР, права интеллектуальной собственности (ПИС) и патентные соглашения могут содействовать передаче технологий</p>	<p>Соответствующий вклад неправительственных институтов стимулирует увеличение числа социально связанных соглашений</p> <p>Механизмы РКИКООН, такие как Группа экспертов по передаче технологий (ГЭПТ), Глобальный экологический фонд (ГЭФ), механизмы чистого развития (МЧР) и совместного осуществления (СО) могут предоставить руководство для содействия привлечения негосударственных субъектов хозяйственной деятельности к разработке политики в отношении ВИЭ</p>

Вне политики, относящейся к ВИЭ, более широкие условия могут включать политические и валютные риски, а также такие относящиеся к энергии вопросы, как конкурирование за инвестиции с другими частями энергетического сектора и статус регламентирования или реформ энергетического сектора. [11.6.3]

Успешное внедрение технологий ВИЭ на сегодняшний день зависит от комбинации благоприятных процедур планирования, как на национальном, так и на местном уровнях. Общие процедурные договоренности, такие как «оптимизация» заявок на получение разрешений, вряд ли помогут разрешить противоречия между заинтересованными сторонами на стадии внедрения проекта в связи с тем, что они могут не принимать в расчет условия, относящиеся к его месту и масштабу. Структура планирования для содействия применению ВИЭ может включать следующие элементы: соответствие ожиданиям и интересам заинтересованных сторон; получение информации о значении факторов, сопутствующих освоению ВИЭ; одобрение механизмов распределения выгод; создание кооперативных сетей; механизмы осуществления для формулирования противоречия в процессе переговоров. [11.6.4]

После получения разрешения на планирование проекта ВИЭ инвестиций для его разработки можно будет ожидать только в случае согласованности экономической привязки к сети; если он имеет контракт на «отвод» выработанной энергии в сеть; и если гарантируется продажа произведенной энергии, как правило, на рыночной основе. Возможность осуществления, простота и стоимость удовлетворения этих требований является центральным элементом для реализуемости проекта ВИЭ. Более того, методы, при помощи которых ВИЭ интегрируется в энергетическую систему, будут влиять на общие системные затраты на интеграцию ВИЭ и затраты в различных сценариях развития. Для обеспечения своевременного расширения и укрепления инфраструктуры для подключения установок ВИЭ могут потребоваться разрешения органов экономического регулирования для «предварительных» или «предупредительных» сетевых инвестиций и/или для того, чтобы установки присоединялись заранее до полного укрепления инфраструктуры. [11.6.5, 8.2.1.3]

Для многих стран основной проблемой является получение доступа к технологиям ВИЭ. Большинство низкоуглеродных технологий, включая технологии ВИЭ, разработаны и сосредоточены в нескольких странах. Приводились доводы

по поводу малой вероятности того, что многие развивающиеся страны смогут «перепрыгнуть» этапы «грязного» производства в ходе промышленного развития без доступа к чистым технологиям, которые были разработаны в странах с более развитой экономикой. Однако, такие технологии, как технологии ВИЭ, как правило, не выходят за пределы границ государства, если экологическая политика в стране-получателе не предоставляет стимулы для их внедрения. К тому же, передача технологий должна не замещать усилия, предпринимаемые внутри страны в области наращивания потенциала, а дополнять их. Для того, чтобы обладать потенциалом для внедрения, ввода в действие, технического обслуживания, ремонта и совершенствования технологий ВИЭ в сообществах без открытого доступа к ВИЭ, инвестирование в передачу технологий обязательно должно дополняться инвестированием в службы распространения знаний по месту жительства, которые предоставляют специализированные знания и опыт, обеспечивают консультации и подготовку кадров для ввода в действие, приспособления технологии, ремонта и технического обслуживания. [11.6.6]

В дополнение к передаче технологий важную роль в содействии освоению ВИЭ играет обобщение накопленного институционального опыта. Обобщение такого опыта ведет к организационным изменениям, которые дают учреждениям возможность улучшить выбор и разработку политических мер в отношении ВИЭ, что, кроме того, содействует увеличению институционального потенциала на более глубоком, часто более локальном уровне, на котором принимается ряд решений по поводу размещения проектов ВИЭ и инвестирования в них. Обучение институциональному опыту может произойти, если директивные органы будут привлекать неправительственные субъекты хозяйственной деятельности, включая субъектов из частного сектора (компании и т.д.) и гражданское общество, к участию в стратегиях сотрудничества в процессе принятия решений. Информирование и образование часто отмечаются в качестве ключевых политических инструментов воздействия на формирование принципов поведения, относящегося к энергии. Вместе с тем, эффективность политических мер, основанных на образовании и информировании, ограничена контекстуальными факторами, которые не предполагают чрезмерных надежд только лишь на политические меры, основанные на образовании и информировании. Изменение принципов поведения в вопросах энергии, является результатом процесса, в котором личностные нормы или отношения связаны с ценами, политическими изменениями и самими технологиями ВИЭ, а

также соответствуют социальному контексту, к которому относят себя отдельные лица. Эти контекстуальные факторы направлены на важность коллективных действий как более эффективного, хотя и более сложного инструмента, чем индивидуальные действия. Эти изменения содействуют поддержке общих координируемых политических мер, которые выходят за рамки ограниченной политики «отношение-поведение-изменение» в случае, если директивные органы пожелают включить отдельные лица в процесс перехода на использование ВИЭ. [11.6.7, 11.6.8]

## 11.7 Структурный переход

В случае если лица, принимающие решения, намерены повысить долю использования возобновляемой энергии и наряду с этим реализовать масштабные задачи в отношении смягчения воздействий на изменение климата, при этом стратегически важно будет учитывать большое значение долгосрочных обязательств и предоставления гибкости для обучения на основе опыта. Для достижения уровней стабилизации концентрации ПГ с большими долями ВИЭ в нынешних энергетических системах потребуются осуществить структурный переход в течение последующих нескольких десятилетий. Такой переход к низкоуглеродной энергетике отличается от предыдущих энергетических переходов (например, с древесины на уголь, или с угля на нефть), поскольку имеющийся период времени ограничен несколькими десятилетиями, а также поскольку ВИЭ должны развиваться и интегрироваться в систему, сконструированную в контексте существующей энергетической структуры, которая весьма отличается от той энергосистемы, которая может потребоваться в условиях более высоких темпов внедрения ВИЭ в будущем. [11.7]

Структурный переход к всемирной энергетической системе, которая большей частью основана на возобновляемой энергии, может начаться с отведения важной роли энергоэффективности в сочетании с возобновляемой энергией, что, однако, потребует принятия соответствующих политических мер, предполагающих установление цены на выбросы углекислого газа в атмосферу в форме налогов или использование системы торговли квот на выбросы, которые предотвращают утечки углерода или эффект рикошета. Для поддержки внедрения технологий потребуются дополнительные политические меры, выходящие за пределы НИОКР; создание благоприятных условий, которые включают расширение деятельности по образованию и информированию; и систематическая разработка комплексных мер политики в большем числе секторов, включая сельское хозяйство, транспорт, рациональное водопользование и городское планирование. [11.6, 11.7] Основы политики, которые обеспечивают поступления большей части капиталовложений в ВИЭ, разработаны для того, чтобы сократить риски и предоставить возможности для получения прибыли, а также обеспечить устойчивость с течением времени, которое требуется для окупаемости инвестиций. [11.5] Надлежащее и надежное сочетание инструментов даже более важно там, где энергетическая инфраструктура еще не развита, и, кроме того, ожидается, что спрос на энергию значительно увеличится в будущем. [11.7]





# Приложения



# Глоссарий, сокращения, химические символы и префиксы

**Редакторы:**

Авиель Вербругген (Бельгия), Уильям Мумо (США), Джон Нибоэр (Канада)

**Цитируя данное приложение, источник следует указывать следующим образом:**

А. Вербрюгген, У. Мумо, Дж. Нибоэр, 2011 год: приложение I: Глоссарий, сокращения, химические символы и префиксы. Специальный доклад МГЭИК о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата [О. Эденхофер, Р. Пичс-Мадруга, Ю. Сокона, К. Сейбот, П. Матшосс, С. Каднер, Т. Цвикель, П. Эйкемейер, Г. Хансен, С. Шлёмер, К. фон Штехов (редакторы)], Кембридж юниверсити пресс, Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США.



## Глоссарий, сокращения, химические символы и префиксы

Статьи Глоссария (выделены **жирным шрифтом**) приводятся в соответствии с главными темами. Основная статья может содержать **подстатьи**, также выделенные жирным курсивным шрифтом, например, термин **Конечная энергия** определяется в статье **Энергия**. За Глоссарием следует список сокращений/аббревиатур, список химических названий и символов и список префиксов (международные стандартные единицы). Некоторые определения адаптированы из публикации C.J. Cleveland and C. Morris, 2006: *Dictionary of Energy*, Elsevier, Amsterdam. Определения регионов и групп стран приводятся в разделе А.И.6 приложения II настоящего доклада.

### Глоссарий

**Adaptation – Адаптация:** Инициативы и меры по уменьшению уязвимости или повышению устойчивости естественных и антропогенных систем к фактическим или ожидаемым воздействиям на изменение климата. Различают несколько типов адаптации, например, упреждающая и ответная адаптация, адаптация частных и государственных объектов деятельности, автономная и плановая адаптация. В качестве примеров можно привести возведение речных или прибрежных оградительных дамб, уход из прибрежных районов, подверженных наводнению в результате подъема уровня моря, или замена традиционных культур альтернативными термостойкими или засухоустойчивыми культурами.

**Aerosols – Аэрозоли:** Совокупность находящихся в воздухе во взвешенном состоянии твердых или жидких частиц, размер которых обычно составляет от 0,01 до 10 мкм и которые сохраняются в атмосфере минимум несколько часов. Аэрозоли могут быть как естественного, так и антропогенного происхождения. См. также Технический углерод.

**Afforestation – Облесение:** Непосредственное, осуществленное в результате деятельности человека преобразование земель, которые в прошлом не были покрыты лесами, в лесистые местности путем посадки саженцев, высева семян и/или распространения в результате деятельности человека семян естественного происхождения<sup>1</sup>. См. также Обезлесение, Лесовозобновление, Землепользование.

**Annex I countries – Страны, включенные в Приложение I:** Группа стран, включенных в Приложение I (с изменениями, внесенными в связи с добавлением Мальты после даты подписания) к РКИКООН, в том числе развитые страны и некоторые страны с переходной экономикой. В соответствии со статьями 4.2(a) and 4.2(b) Конвенции, страны, включенные в Приложение I, были призваны вернуться к 2000 году на индивидуальной или совместной основе к их уровням выбросов парниковых газов в 1990 году. Эта группа в значительной мере аналогична странам, включенным в Приложение В к Киотскому протоколу. По умолчанию другие страны относятся к **странам, не включенным в Приложение I**. См также РКИКООН, Киотский протокол.

**Annex B countries – Страны, включенные в Приложение В:** Эта подгруппа стран, включенных в Приложение I, которые взяли на себя конкретные обязательства в соответствии с Киотским протоколом по сокращению выбросов парниковых газов. Эта группа в значительной мере аналогична странам, включенным в Приложение I к РКИКООН. По умолчанию другие страны относятся к странам, не включенным в Приложение I. См. также РКИКООН, Киотский протокол.

**Anthropogenic – Антропогенный:** Относится к влиянию деятельности человека на природу или результату такой деятельности.

**Anthropogenic emissions - Антропогенные выбросы** парниковых газов, прекурсоров парниковых газов и аэрозолей являются результатом сжигания ископаемых видов топлива, обезлесения, изменений в землепользовании, животноводства, внесения удобрений, промышленной, коммерческой и иной деятельности, приводящей к чистому увеличению выбросов.

**Availability (of a production plant) – Наличие (производственной установки):** Процентная доля времени, в течение которого установка готова к эксплуатации, измеряемая как время технического использования по отношению к общему времени (общее время = время технического использования + время простоя в связи с техническим обслуживанием и отключениями).

**Balancing power / reserves – Балансирующая мощность / резервы:** Из-за мгновенных и краткосрочных колебаний электрических нагрузок и неопределенности в отношении наличия энергетических установок существует постоянная потребность в индукционных, быстро запускаемых генераторах, которые приводят в соответствие спрос и предложение с требуемыми уровнями качества в отношении частоты и напряжения.

**Barrier – Барьер:** Любое препятствие на пути достижения и использования потенциала возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которое может быть преодолено или уменьшено с помощью соответствующей политики, программы или меры. Барьеры для использования ВИЭ – это непреднамеренно или преднамеренно создаваемые человеком препятствия (например, плохо ориентированные здания или критерии доступа к энергосети, которые мешают использованию автономных ВИЭ). Отличными от барьеров являются такие проблемы, как характерные природные условия, препятствующие применению некоторых источников возобновляемой энергии в определенных местах или в определенное время (например, равнинная местность препятствует производству гидроэлектроэнергии, а темное время суток не позволяет собирать прямую солнечную энергию).

**Устранение барьеров** включает непосредственную корректировку неэффективных рыночных механизмов или сокращение операционных издержек в государственном и частном секторах, например, путем улучшения институциональных возможностей, снижения риска и неопределенности, содействия рыночным операциям и обеспечения осуществления политики нормативно-правового регулирования.

<sup>1</sup> Обсуждение термина лес и таких соответствующих терминов, как облесение, лесовозобновление и обезлесение, см. в публикации МГЭИК 2000: Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство, Специальный доклад МГЭИК [Р.Т. Уотсон, Я.А. Нобле, Б. Болин, Н.Х. Равиндранат, Д.Дж. Верардо, Д.Дж. Доккен (редакторы)], Кембридж юниверсити пресс, Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США.

**Baseline – Базовые условия:** Базовый сценарий для измеряемых количеств, на основе которого может измеряться альтернативный результат, например, сценарий невмешательства используется в качестве основы при анализе сценариев вмешательства. Базовыми условиями может быть экстраполяция последних трендов, или они могут предполагать «замороженную» технологию или затраты. См. также Обычный ход деятельности, Модели, Сценарий.

**Benchmark – Эталон:** Измеряемая переменная, используемая как исходное или базовое значение при оценке показателей эффективности функционирования технологии, системы или организации. Эталоны могут устанавливаться на основе собственного опыта организации, опыта других организаций или исходя из нормативно-правовых требований и часто используются для измерения изменений показателей эффективности работы со временем.

**Biodiversity – Биоразнообразие:** Изменчивость среди живых организмов из всех источников, в том числе земных, морских и других водных экосистем и экологических комплексов, частью которых они являются; это понятие включает разнообразие внутри видов, между видами и разнообразие экосистем.

**Bioenergy – Биоэнергия:** Энергия, получаемая из биомассы в любых ее видах.

**Biofuel – Биотопливо:** Любое жидкое, газообразное или твердое топливо, изготовленное из биомассы, например, соевое масло, спирт из сброженного сахара, деготь, образующийся в процессе производства бумаги, древесина в качестве топлива и т.д. Традиционные виды биотоплива включают дрова, навоз, траву и сельскохозяйственные отходы.

*Биотопливо первого поколения* получают из зерна, масличных семян, животных жиров и отходов растительного масла с использованием современных перерабатывающих технологий.

Для производства *биотоплива второго поколения* используются нетрадиционные биохимические и термохимические процессы переработки и сырьевой материал, получаемый, например, из лигноцеллюлозных фракций сельскохозяйственных и лесных отходов, муниципальных твердых отходов и т.д.

*Биотопливо третьего поколения* будут получать из такого исходного сырья, как морские водоросли и энергокультуры, посредством современных технологий, которые еще находятся в стадии разработки. Эти виды биотоплива второго и третьего поколения, полученные на основе новых технологий, также именуется биотопливом следующего поколения или перспективным биотопливом или биотопливом, полученным посредством передовых технологий.

**Biomass – Биомасса:** Вещество биологического происхождения (растения или остатки животных организмов), кроме вещества, содержащегося в геологических формациях или преобразованного в ископаемые виды топлива или торфа. Международное энергетическое агентство (World Energy Outlook 2010) определяет **традиционную биомассу** как биомассу, потребляемую в жилищном секторе в развивающихся странах, которая означает зачастую непостоянное использование дров, древесного угля, сельскохозяйственных отходов и навоза животных в качестве топлива для приготовления пищи и отопления. Биомасса для всех других видов использования определяется как **современная биомасса**, которая в настоящем докладе подразделяется далее на две группы.

*Современная биоэнергия* включает производство электроэнергии и комбинированного тепла и электроэнергии (КТЭ) из биомассы и муниципальных твердых отходов (МТО), биогаз, отопление жилых помещений и горячее водоснабжение в зданиях и коммерческие применения на основе биомассы, МТО и биогаза, а также транспортировку жидкого топлива.

Применения *промышленной биоэнергии* включают теплоснабжение на основе генерации пара и самогенерации электроэнергии и КТЭ в целлюлозной и бумажной промышленности, отраслях лесной продукции, пищевой и связанных с этим отраслях.

**Black carbon – Технический углерод:** Твердые частицы в атмосфере, оперативно определяемые на основе измерения коэффициента поглощения света и химической реактивности и/или температурной устойчивости; состоят из сажи, древесного угля и/или светопоглощающего стойкого органического вещества.

**Business as usual (BAU) – Обычный ход деятельности (ОХД):** Будущее прогнозируется или предсказывается исходя из предположения о том, что условия для деятельности и осуществляемая политика останутся такими же, что и в настоящее время. См. также Базовые условия, Модели, Сценарий.

**Capacity – Потенциал:** В общем плане, способность производить, осуществлять, использовать или содержать.

*Генерационный потенциал* возобновляемого источника энергии – это максимальная мощность, т.е. максимальное количество энергии, производимой в единицу времени.

*Потенциал номинальной мощности* – это часть потенциала возобновляемого источника энергии, наличие которой считается гарантированным в течение конкретных периодов времени и которая воспринимается в качестве «твердого» вклада в общий потенциал генерационной системы.

*Коэффициент мощности* – это доля фактически производимой генерирующей установкой энергии за определенный период времени (обычно один год) в теоретически выработанной энергии, которая была бы произведена, если бы данная установка бесперебойно функционировала в соответствии со своей **паспортной мощностью** в течение того же периода времени. Также именуемая расчетной или номинальной мощностью, **паспортная мощность** является расчетной мощностью установки в течение длительного периода времени при нормальных условиях.

**Capacity building – Нарращивание потенциала:** В контексте политики, связанной с изменением климата, это повышение технических навыков и институциональных возможностей («искусство делать»), а также потенциала (достаточные средства) стран, с тем чтобы они могли участвовать во всех аспектах деятельности по адаптации к изменению климата, смягчению его воздействий и проведению исследований в этой области. См. также Смягчение воздействий.

**Carbon cycle – Углеродный цикл:** Термин, используемый для описания потока углерода (в различных формах, например, углекислого газа, метана и т.д.) через атмосферу, океан, биосферу суши и литосферу.

**Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) – Углекислый газ (CO<sub>2</sub>):** CO<sub>2</sub> является естественно образующимся газом и побочным продуктом сгорания ископаемых видов топлива или биомассы, изменений в землепользовании, а также других промышленных процессов. Он является основным антропогенным парниковым газом, влияющим на радиационный баланс Земли. Это эталонный газ, по отношению к которому измеряются другие парниковые газы, и поэтому его потенциал глобального потепления равен 1.

**Carbon dioxide capture and storage (CCS) – Улавливание и хранение углекислого газа (УХУ):** CO<sub>2</sub> из промышленных и энергетических источников отделяется, сжимается и транспортируется в место хранения для долговременной изоляции от атмосферы.

**Cellulose – Целлюлоза:** Основной химический составляющий элемент клеточных стенок растений и источник волокнистых материалов для производства различных продуктов, таких как бумага, вискоза, целлофан и т.д. Это основной исходный материал для производства биотоплива второго поколения.

**Clean Development Mechanism (CDM) – Механизм чистого развития (МЧР):**

В соответствии с Киотским протоколом это механизм, посредством которого развитые (включенные в Приложение В) страны могут финансировать проекты по сокращению или абсорбции выбросов парниковых газов в развивающихся (не включенных в Приложение В) странах и получать кредиты на эти действия, которые они могут использовать с целью соблюдения обязательных ограничений своих собственных выбросов.

**Climate Change – Изменение климата:** Изменение климата означает изменение состояния климата, которое может быть определено (например, с помощью статистических испытаний) через изменения в среднем значении и/или изменчивость его свойств и которое сохраняется в течение длительного периода, обычно несколько десятилетий или больше. Изменение климата может быть вызвано естественными внутренними процессами или внешними воздействиями, а также устойчивыми антропогенными изменениями в составе атмосферы или в землепользовании. Следует отметить, что в статье 1 РКИКООН «изменение климата» определяется как «изменение климата, которое прямо или косвенно обусловлено деятельностью человека, вызывающей изменения в составе глобальной атмосферы, и накладываемая на естественные колебания климата, наблюдаемые на протяжении сопоставимых периодов времени». Таким образом, РКИКООН проводит различие между «изменением климата», обусловленным деятельностью человека, изменяющей состав атмосферы, и «изменчивостью климата», обусловленной естественными причинами.

**CO<sub>2</sub>-equivalent emission (CO<sub>2</sub>eq) – Выброс в эквиваленте CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>экв):** Объем выбросов CO<sub>2</sub>, которые станут причиной такого же радиационного воздействия, что и выброшенный объем парникового газа или смеси парниковых газов, помноженных на их соответствующие потенциалы глобального потепления, которые учитывают то различное время, в течение которого они остаются в атмосфере. См. также Потенциал глобального потепления.

**Co-benefits – Сопутствующие выгоды:** Дополнительные выгоды от программных мер, которые дополняют нецелевые важные задачи, например более широкое использование возобновляемых источников энергии может также уменьшить объем загрязнителей воздуха, снижая при этом выбросы CO<sub>2</sub>. В литературе имеются разные определения сопутствующих выгод, которые рассматриваются либо в качестве преднамеренных (признак возможности) или полученных непреднамеренно (признак неожиданной выгоды). Термин: «сопутствующее воздействие» имеет более общий характер и охватывает как выгоды, так и затраты. См. также Движущие факторы и Возможности.

**Cogeneration – Когенерация:** На тепловых электростанциях используется тепло, которое теряется в противном случае. Тепло от паровых турбин или горячие отработанные газы из газовых турбин могут быть использованы для промышленных целей, нагрева воды или отопления зданий, а также для централизованного отопления. Также упоминается как комбинированное производство электроэнергии и тепла (КПЭТ).

**Combined-cycle gas turbine (CCGT) – Газотурбинная установка замкнутого цикла (ГУЗЦ):** Силовая установка, в которой электроэнергия генерируется путем объединения двух процессов. Во-первых, газ или легкое жидкое топливо подается в газовую турбину, которая выбрасывает горячие отработанные газы (температурой более 600 °C). Во-вторых, тепло, регенерированное из этих газов, при дополнительном сжигании является источником для производства пара, который приводит в движение паровую турбину. Турбины вращают отдельные генераторы переменного тока. Такая система называется **интегрированной ГУЗЦ**, если в качестве топлива используется синтетический газ, полученный из установки газификации угля или биомассы с обменом потоками энергии между газификатором и ГУЗЦ.

**Compliance – Соблюдение:** Соблюдение показывает, выполняют ли страны и в какой мере положения соглашения или выполняют ли отдельные лица или компании установленные нормы. Соблюдение зависит от реализации предписанной политики и от того, следуют ли за этой политикой последующие меры.

**Conversion – Преобразование:** Энергия проявляется разнообразными способами, при этом переход от одного вида энергии к другому называется преобразованием энергии. Например, кинетическая энергия воздушных потоков улавливается для работы вращающегося вала, которая затем преобразуется в электрическую энергию; солнечный свет преобразуется в электрическую энергию при помощи фотоэлектрических панелей. Кроме того, электрический ток с заданными характеристиками (например, постоянный/переменный, уровень напряжения) преобразуется в ток с иными характеристиками. **Преобразователь** – это прибор, используемый для осуществления такого преобразования.

**Cost – Затраты:** Потребление ресурсов, таких как рабочее время, капитал, материалы, топливо и т.д., вследствие того или иного действия. В экономике все ресурсы оцениваются по их **издержкам неиспользованных возможностей**, которые представляют собой стоимость наиболее ценного альтернативного использования ресурсов. Затраты определяются множеством различных способов и при множестве допущений, которые влияют на их величину. Понятие, обратное затратам, – выгоды, и часто и то и другое рассматриваются совместно, например, чистая стоимость представляет собой разницу между общими затратами и выгодами.

*Частные затраты* несут отдельные лица, компании и другие частные субъекты, которые предпринимают определенные действия.

*Социальные затраты* включают также внешние затраты на окружающую среду и общество в целом, например **стоимость ущерба** от воздействий на экосистемы, экономику и людей вследствие изменения климата.

*Общие затраты* включают все затраты, вызванные конкретной деятельностью; **средние (единичные, конкретные) затраты** – это общие затраты, поделенные на количество произведенных единиц; **маргинальные или добавочные затраты** – это затраты на последнюю дополнительную единицу.

**Проектные затраты** на проект возобновляемого источника энергии включают **инвестиционные затраты** (дисконтированные относительно первого года проекта) затраты, связанные с подготовкой возобновляемого источника энергии к началу производства); **затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание (ЭТО)** (которые происходят в период функционирования возобновляемого источника энергии); и **ликвидационные затраты** (которые происходят после того, как данная установка прекратила производство, с тем чтобы восстановить данное производственное место).

**Затраты в течение жизненного цикла** включают все вышеуказанные затраты, дисконтированные применительно к исходному году проекта.

**Нормированная стоимость энергии** (см. приложение II) – это конкретная себестоимость продукции (центы США/кВтч или долл. США/ГДж), которая делает настоящую стоимость доходов (выгод) равной настоящей стоимости расходов в течение срока действия проекта. См. также Дисконтирование и Настоящая стоимость.

Существует гораздо большее число категорий затрат, которым присвоены названия и которые часто являются неясными и вводящими в заблуждение, например монтажные расходы могут означать установленное аппаратное оборудование или работы по установке такого оборудования.

**Cost-benefit analysis – Анализ затрат и выгод:** Денежное измерение всех отрицательных и положительных последствий, связанных с данным действием. Затраты и выгоды сравниваются с целью определения разницы и/или соотношения между ними как показателя того, как данная инвестиционная или иная политика окупается с точки зрения общества.

**Cost-effectiveness analysis – Анализ экономической эффективности:** Анализ уменьшения экономической эффективности, в котором все затраты на портфель проектов оцениваются по отношению к установленной политической цели. Политическая цель в данном случае – это выгоды от проектов, а все остальные последствия измеряются как затраты или отрицательные затраты (выгоды). Политической целью может быть, например, реализация конкретных потенциалов возобновляемых источников энергии.

**Deforestation – Облесение:** Естественный или антропогенный процесс, превращающий облесенные земли в безлесные угодья. См. также Облесение, Лесовозобновление и Землепользование.

**Demand-side management – Управление спросом:** Политика и программы, имеющие целью воздействовать на спрос на товары и/или услуги. В секторе энергетики управление спросом направлено на снижение спроса на электроэнергию и другие формы энергии, необходимые для предоставления энергоуслуг.

**Density – Емкость:** Количество или масса на единицу объема, единицу площади или единицу длины.

**Удельная энергоёмкость** – это количество энергии на единицу объема или массы (например, теплотворная способность одного литра топлива).

**Энергоёмкость** обычно означает мощность, которую можно получить при помощи солнечной энергии, ветра, биомассы, гидроэлектроэнергии или энергии океана на единицу площади (Вт/м<sup>2</sup>). В отношении аккумуляторов используется мощность на единицу веса (Вт/кг).

**Direct solar energy – Прямая солнечная энергия** – См. Солнечная энергия.

**Discounting – Дисконтирование:** Математическая операция, посредством которой денежные (или иные) суммы, полученные или потраченные в разное время (годы), делаются сопоставимыми во времени (см. приложение II). Осуществляющее эту операцию лицо пользуется из года в год фиксированной или, возможно, меняющейся со временем дисконтной ставкой (>0), что уменьшает будущую ценность по сравнению с сегодняшней. В **описательном методе дисконтирования** приняты дисконтные ставки, которые люди (владельцы сбережений или инвесторы) фактически применяют в своих повседневных решениях (**частная дисконтная ставка**). В **предписывающем (этическом или нормативном) методе дисконтирования** дисконтная ставка устанавливается с общественной точки зрения, например, на основе этического мнения об интересах будущих поколений (**социальная дисконтная ставка**). В настоящем докладе потенциалы возобновляемых энергоресурсов оцениваются с использованием дисконтных ставок в 3, 7 и 10%.

**Dispatch (power dispatching / dispatchable) – Диспетчирование (диспетчирование энергии / диспетчируемый):** Системы электроэнергетики, состоящие из многочисленных установок и сетей энергоснабжения, управляются системными операторами. Они обеспечивают направление генераторами энергии в данную систему для уравнивания спроса и предложения надежным и экономичным образом. Генерирующие установки являются полностью диспетчируемыми в тех случаях, когда они могут быть загружены от нулевого уровня до их паспортной мощности без существенной задержки. Не полностью диспетчируемыми являются регулируемые источники возобновляемой энергии, которые зависят от естественных земных токов, а также крупные термальные установки с низкими скоростями изменения нагрузки при изменении их мощности. См. также Балансирующая мощность, Потенциал, Сеть.

**District heating (DH) – Центральное теплоснабжение (ЦТ):** Горячая вода (в старых системах – пар) распределяется с центральных станций в здания и на предприятия в густонаселенной зоне (районе, городе или промышленной зоне). Это изолированная двухтрубная сеть функционирует как водяная система центрального теплоснабжения в здании. Основными источниками тепла могут быть регенерация отходящего тепла в результате промышленных процессов, мусоросжигательные установки, геотермальные источники, когенерационные энергетические установки или автономные бойлеры, работающие на ископаемом топливе или биомассе. Все большее число систем ЦТ обеспечивают также охлаждение при помощи холодной воды или жидких растворов (**центральное теплоснабжение и охлаждение – ЦТО**).

**Drivers – Движущие факторы:** В политическом контексте движущие факторы обеспечивают импульс и направление для начала и поддержки политических действий. Движущим фактором для использования возобновляемой энергии является, например, озабоченность по поводу изменения климата или энергетической безопасности. В более общем смысле движущий фактор – это рычаг для начала ответных действий, например причиной выбросов является потребление ископаемого топлива и/или экономический рост. См. также Возможности.

**Economies of scale (scale economies) – Эффект масштаба:** Удельные затраты на определенную деятельность уменьшаются, когда эта деятельность расширяется, например, производится больше единиц продукции.

**Ecosystem – Экосистема:** Открытая система живых организмов, взаимодействующих друг с другом и с их абиотической средой, которая в определенной степени способна к саморегулированию. В зависимости от направленности интереса или исследования границы экосистемы могут варьироваться от очень небольших пространственных масштабов до всей нашей планеты.

**Electricity – Электроэнергия:** Ток, проходящий через проводник благодаря разнице напряжения между концами проводника. Электроэнергия генерируется из тепла, получаемого на основе использования газовой или паровой турбины, а также энергии ветра, океанов или падающей воды, или получается непосредственно от солнечного света с использованием фотоэлектрической панели или в результате химической реакции в топливном элементе. Поскольку она является током, электроэнергию невозможно хранить, и для ее передачи требуются провода и кабели (см. Сеть). Поскольку электрический ток проходит моментально, спросу на электроэнергию должно соответствовать ее производство в режиме реального времени.

**Emissions – Выбросы: Прямые выбросы** происходят и выпускаются в точках конкретной цепи возобновляемых источников энергии, будь то сектор, технология или вид деятельности. Например, выбросы метана в результате разложения органических веществ, погруженных в водохранилища гидроэлектростанций, или выброс  $\text{CO}_2$ , растворенного в горячей воде геотермальных установок, или  $\text{CO}_2$  в результате сжигания биомассы. **Косвенные выбросы** происходят в результате деятельности, не связанной с рассматриваемой цепью возобновляемых источников энергии, но которая необходима для реализации использования этих источников. Например, выбросы в результате увеличения производства удобрений, используемых для выращивания биотопливных культур, или выбросы в результате перемещения производства культур или обезлесения, вызванного биотопливными культурами. **Предотвращенные выбросы** – это сокращения выбросов благодаря мерам по смягчению воздействий, таким как использование возобновляемых источников энергии.

**Emission factor – Коэффициент выбросов:** Коэффициент выбросов – это интенсивность выбросов на единицу деятельности, продукции или затрат.

**Emissions trading – Торговля выбросами:** Рыночный механизм для сокращения выбросов парниковых газов или других выбросов. Экологическая задача или сумма общих разрешенных выбросов выражена в виде лимита выбросов. Этот лимит подразделяется на лицензии на торговлю выбросами, которые предоставляются посредством либо аукциона, либо бесплатным образом (распределение разрешений) субъектам, находящимся в юрисдикции торговой системы. Этим субъектам необходимо передавать разрешения на выбросы, равнозначные объему их выбросов (например, тонны  $\text{CO}_2$ ). Субъект может продавать излишние разрешения. Системы торговли могут создаваться в пределах компании, на национальном или международном уровнях и могут применяться к  $\text{CO}_2$ , другим парниковым газам или другим веществам. Торговля выбросами является одним из механизмов, предусмотренных Киотских протоколом.

**Energy – Энергия:** Количество выполненной работы или отданного тепла. Энергия делится на целый ряд видов и становится доступной для человека, когда она передается из одного места в другое или преобразуется из одного вида в другой. Ежедневно Солнце выбрасывает большие потоки радиационной энергии. Часть этой энергии используется непосредственным образом, в то время как другая ее часть неоднократно преобразуется, вызывая эвапорацию воды, ветры и т.д. Определенная ее доля сохраняется в биомассе или реках, и она может быть рекуперирована. Ее определенная доля может быть непосредственно использована в виде дневного света, вентиляции или естественного тепла.

**Первичная энергия** (ее также называют источниками энергии) – это энергия, заключенная в природных ресурсах (например, уголь, сырая нефть, природный газ, уран и возобновляемые источники энергии). Она определяется несколькими альтернативными способами. Международное энергетическое агентство пользуется методом физического энергетического содержания, который определяет первичную энергию как энергию, которая не подверглась никакому антропогенному преобразованию. Метод, используемый в настоящем докладе, является методом прямого эквивалента (см. приложение II), который учитывает одну единицу вторичной энергии, полученную из негорючих источников, как одну единицу первичной энергии, однако энергия, получаемая на основе сжигания, рассматривается в качестве энергетического потенциала, содержащегося в топливе до обработки или сжигания. Первичная энергия превращается во **вторичную энергию** путем очистки (природного газа), переработки (сырой нефти в нефтепродукты) или преобразования в электричество или тепло. Когда вторичная энергия доставляется на объекты конечного пользования, ее называют **конечной энергией** (например, электроэнергия в настенной розетке), где она становится **полезной энергией** для предоставления услуг (например, свет).

**Воплощенная энергия** – это энергия, использованная для производства материального вещества (такого, как обработанные металлы или строительные материалы), с учетом энергии, потребленной на промышленном предприятии (нулевой порядок), энергии, потребленной для производства материалов, используемых на промышленном предприятии (первый порядок), и т.д.

**Возобновляемая энергия (ВЭ)** – это любая форма энергии из солнечных, геофизических или биологических источников, которая восполняется в результате естественных процессов темпами, которые равны или превышают темпы ее использования. Возобновляемую энергию получают из непрерывных или повторяющихся потоков энергии, имеющих место в естественной среде, и она включает низкоуглеродные технологии, такие как солнечная энергия, гидроэнергия, энергия ветра, приливы, волны и термальная энергия океана, а также возобновляемые виды топлива, такие как биомасса. Более подробное описание см. Конкретные виды возобновляемой энергии в этом глоссарии, например, биомасса, солнечная энергия, гидроэнергия, энергия океана, геотермальная энергия и энергия ветра.

**Energy access – Доступ к энергии:** Людям предоставляется возможность пользоваться доступными, чистыми и надежными энергоуслугами для удовлетворения основных потребностей человека (приготовление пищи и отопление, освещение, связь, мобильность) и для производственных целей.

**Energy carrier – Энергоноситель:** Вещество, позволяющее выполнять механическую работу или передавать тепло. Примерами энергоносителей являются: твердое, жидкое или газообразное топливо (например, биомасса, уголь, нефть, природный газ, водород); сжатые/нагретые/охлажденные жидкости (воздух, вода, пар) и электрический ток.

**Energy efficiency – Энергоэффективность:** Соотношение между количеством полезной энергии или другой полезной физической продукции на выходе системы, процесса преобразования, передачи или хранения, к количеству энергии на входе (измеряемой в кВтч и тоннах/кВтч или любой другой физической единице измерения полезной конечной продукции, такой как тонна-км транспортировки и т.д.). Энергоэффективность является компонентом энергоемкости.

**Energy intensity – Энергоемкость:** Соотношение исходной энергии (в джоулях) к экономической продукции (в долларах), для получения которой была использована исходная энергия. Энергоемкость характеризуется обратной связью с энергетической продуктивностью. На национальном уровне энергоемкость представляет собой соотношение общего использования внутри страны первичной (или конечной) энергии к валовому внутреннему продукту (ВВП). Энергоемкость экономики является взвешенной суммой энергоемкостей конкретных видов деятельности, при этом взвешенными величинами являются доли видов деятельности в ВВП. Энергоемкости вычисляются на основе имеющихся статистических данных (Международное энергетическое агентство, Международный валютный фонд) и ежегодно публикуются по большинству стран мира. Энергоемкость также используется в качестве названия для соотношения между исходной энергией и конечной продукцией или показателя эффективности работы в физических единицах (например, тонны стальной продукции, перевозки в тонна-км и т.д.), и в подобных случаях энергоемкость является обратной величиной энергоэффективности.

**Energy productivity – Энергопродуктивность:** Обратная величина энергоемкости.

**Energy savings – Экономия энергии:** Уменьшение энергоемкости путем изменения видов деятельности, требующих энергозатрат. Экономия энергии может быть достигнута посредством технических, организационных, институциональных и структурных мер, а также посредством изменения поведения.

**Energy security – Энергетическая безопасность:** Различные меры по безопасности, которые данное государство или мировое сообщество в целом должно принимать для поддержания энергоснабжения на необходимом уровне. Меры включают обеспечение безопасности доступа к энергетическим ресурсам; создание возможностей для разработки и применения технологий; создание достаточной инфраструктуры для генерации, хранения и передачи электроэнергии; обеспечение подлежащих исполнению контрактов на поставку; и доступ к энергии по доступным ценам для конкретного общества или групп в обществе.

**Energy services – Энергоуслуги:** Энергоуслуги – это задачи, которые должны выполняться с использованием энергии. Конкретная энергоуслуга, такая как освещение, может предоставляться многими различными способами – от дневного освещения до керосиновых ламп, ламп накаливания, флуоресцентных ламп или световых диодов. Количество энергии, потребляемой для предоставления услуги, может меняться с коэффициентом 10 или более, а соответствующие выбросы парниковых газов могут меняться от 0 до весьма высоких значений в зависимости от источника энергии и типа прибора конечного пользования.

**Energy transfer – Передача энергии:** Энергия передается для выполнения работы, освещения или отопления. Передача тепла происходит одновременно от объектов с более высокой температурой к объектам с более низкой температурой и классифицируется следующим образом: проводимость (когда объекты находятся в контакте); конвекция (когда текучая среда, такая как воздух или вода, принимает тепло от более теплого объекта и перемещается к более холодному объекту для передачи тепла); и радиация (когда тепло перемещается через пространство в виде электромагнитных волн).

**Externality / external cost / external benefit – Внешнее воздействие / внешние затраты / внешние выгоды:** Внешние воздействия возникают в результате деятельности человека, когда лица, ответственные за эту деятельность, не учитывают полностью ее влияние на возможности производства и потребления других лиц, а компенсации за такое влияние не существует. Если влияние – отрицательное, это – внешние затраты. Если оно является положительным, то это означает внешние выгоды.

**Feed-in tariff – Льготный тариф:** Цена на единицу электроэнергии, которую коммунальное предприятие или поставщик электроэнергии должен заплатить за распределенную или возобновляемую электроэнергию, подаваемую в электросеть некоммунальными производителями. Льготный тариф регулируется органом государственной власти. Может быть также тариф за содействие возобновляемого теплоснабжения.

**Financing – Финансирование:** Сбор или предоставление денежных средств или капитала отдельными лицами, коммерческими предприятиями, банками, венчурными фондами, государственными инстанциями и т.д. для реализации проекта или продолжения деятельности. В зависимости от финансиста деньги собираются или предоставляются разными способами. Например, коммерческие предприятия могут получать деньги за счет внутренних прибылей компании, долга или основного капитала (акций).

**Проектное финансирование** возобновляемой энергии может предоставляться финансистами отдельным одноцелевым компаниям, продажи возобновляемой энергии которых обычно гарантируются соглашениями о покупке энергии.

**Безрегрессное финансирование** известно как забалансовое финансирование, поскольку финансисты полагаются на определенный характер потоков наличности по проекту для выплаты займа, а не на кредитоспособность разработчика проекта.

**Финансирование в виде государственных акций** – это капитал, предоставляемый зарегистрированным на бирже компаниям.

**Финансирование в виде частных акций** – это капитал, предоставляемый непосредственно частным компаниям.

При **корпоративном финансировании** банками через долговые обязательства используются «балансовые» активы в качестве гарантийного обеспечения, и поэтому оно ограничено коэффициентом задолженности компаний, которые должны логически обосновывать каждый дополнительный займ с учетом других потребностей в капитале.

**Fiscal incentive – Фискальный стимул:** Действующим лицам (отдельные лица, домашние хозяйства, компании) предоставляется скидка на их вклад в государственное казначейство посредством подоходного или прочих налогов.

**Fuel cell – Топливный элемент:** Топливный элемент непосредственно и непрерывно генерирует электричество посредством управляемой электрохимической реакции водорода или другого топлива с кислородом. При использовании в качестве топлива водорода он испускает только воду и тепло (без CO<sub>2</sub>), и это тепло можно использовать (см. Когенерация).

**General equilibrium models – Модели общего равновесия:** Модели общего равновесия охватывают одновременно все рынки и эффекты обратной связи между ними в экономике, характеризующейся тенденцией установления рыночного равновесия.

**Generation control – Регулирование генерации:** Генерация электричества установкой возобновляемой энергии может подвергаться различным видам регулирования.

**Активное регулирование** – это преднамеренное вмешательство в функционирование системы (например, **регулирование шага** ветряной турбины: изменение наклона лопастей для изменения мощности ветряной турбины).

**Пассивное регулирование** происходит, когда естественные силы корректируют функционирование системы (например, **регулирование воздушного потока** ветряной турбины: придание такой формы лопастям, благодаря которой при заданной скорости они срывают воздушный поток таким образом, чтобы автоматически контролировать мощность ветряной турбины).

**Geothermal energy – Геотермальная энергия:** Доступная термальная энергия, хранящаяся в недрах Земли, в виде как пара от породы, так и уловленного пара или жидкой воды (гидротермальные ресурсы), которая может быть использована для производства электроэнергии тепловыми электростанциями или для снабжения теплом любого процесса, который нуждается в нем. Основными источниками геотермальной энергии являются остаточная энергия, имеющаяся в планетной формации, и энергия, которая постоянно генерируется в результате распада радиоактивного вещества.

**Geothermal gradient – Геотермальный градиент:** Показатель, характеризующий повышение температуры недр земли с глубиной и отражающий поток тепла из теплых недр земли в ее более холодные части.

**Global warming potential (GWP) – Потенциал глобального потепления (ПГП):** ПГП – это показатель, основанный на радиационных свойствах идеально перемешанных парниковых газов, которым измеряется радиационное воздействие единицы массы данного идеально перемешанного парникового газа в нынешней атмосфере, интегрированное по выбранному временному горизонту, относительно воздействия  $\text{CO}_2$ . ПГП отражает комбинированный эффект разных временных периодов нахождения этих газов в атмосфере и их относительной эффективности поглощения исходящего инфракрасного излучения. Киотский протокол классифицирует парниковые газы на основе ПГП разовых импульсных выбросов за последовательные столетние периоды времени. См. также Изменение климата и Выброс в эквиваленте  $\text{CO}_2$ .

**Governance – Управление:** Управление – это всеобъемлющая и комплексная концепция полного диапазона средств для проведения политики и принятия мер, связанных с принятием решений, управлением и осуществлением. В то время как понятие «правление» определяется строго с точки зрения страны-государства, более широкая концепция «управления» учитывает вклады со стороны разных уровней правления (глобальный, международный, региональный, местный) и вспомогательные роли частного сектора, неправительственных субъектов и гражданского общества в решении многих видов проблем, с которыми сталкивается мировое сообщество.

**Greenhouse gases (GHGs) – Парниковые газы (ПГ):** К парниковым газам относятся те газовые составляющие атмосферы как естественного, так и антропогенного происхождения, которые поглощают и излучают волны определенной длины в диапазоне инфракрасного излучения, испускаемого поверхностью Земли, самой атмосферой и облаками. Это свойство порождает парниковый эффект. Основными парниковыми газами в атмосфере Земли являются водяной пар ( $\text{H}_2\text{O}$ ), углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ) и озон ( $\text{O}_3$ ). Кроме того, в атмосфере содержится еще целый ряд парниковых газов полностью антропогенного происхождения, таких как фреоны и другие хлор- и бромсодержащие вещества, подпадающие под действие Монреальского протокола. Помимо  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{CH}_4$ , под действие Киотского протокола подпадают также такие парниковые газы, как гексафторид серы ( $\text{SF}_6$ ), гидрофторуглероды (HFCs) и перфторуглероды (PFCs).

**Grid (electric grid, electricity grid, power grid) – Сеть (электросеть, энергосеть):** Сеть, состоящая из проводов, переключателей и трансформаторов для передачи электроэнергии от энергоисточников до энергопользователей. Крупная сеть включает подсистемы низкого напряжения (110-240 В), промежуточного напряжения (1-50 кВ) и высокого напряжения (от более 50 кВ до МВ). Взаимосвязанные сети покрывают крупные территории вплоть до континентов. Сеть представляет собой платформу для энергообмена, повышающую надежность и экономическую эффективность энергоснабжения.

Для производителя электроэнергии **сетевое соединение** имеет наиболее важное значение в плане экономической эксплуатации.

**Сетевые коды** – это технические условия для оборудования и эксплуатации, которым производитель электроэнергии должен подчиняться для получения доступа к поставке энергии в данную сеть; кроме того, потребительские линии должны соблюдать технические правила.

**Доступ к сети** означает согласие производителей электроэнергии поставлять ее в данную сеть.

**Интеграция сетей** обеспечивает генерирование электроэнергии из сбалансированной энергосистемы в рамках целого ряда разнообразных и в некоторой степени изменчивых источников электроэнергии. См. также Передача и распределение.

**Gross Domestic Product (GDP) – Валовой внутренний продукт:** Совокупная валовая добавленная стоимость в закупочных ценах, произведенная всеми субъектами хозяйственной деятельности – как резидентами, так и нерезидентами – с учетом всех налогов и за вычетом всех субсидий, не включенных в стоимость продукции в стране или географическом регионе в течение данного периода времени, обычно одного года. ВВП рассчитывается без поправки на снижение стоимости произведенных товаров или на истощение или деградацию природных ресурсов.

**Heat exchanger – Теплообменник:** Устройства для эффективной передачи тепла из одной среды в другую без смешения горячих и холодных потоков, например радиаторы, бойлеры, парогенераторы, конденсаторы.

**Heat pump – Тепловой насос:** Устройство для передачи тепла из более холодного в более теплое место в направлении, обратном естественному направлению потоков тепла (см. Передача энергии). Будучи аналогичным в техническом плане холодильнику, тепловые насосы используются для извлечения тепла из природной окружающей среды, такой как земная поверхность (геотермальный или наземный источник), вода и воздух. Тепловые насосы могут изменить направление работы на обратное для обеспечения охлаждения в летний период.

**Human Development Index (HDI) – Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП):** ИРЧП позволяет оценивать прогресс, достигнутый странами в области социально-экономического развития, в качестве комплексного индекса, включающего три показателя: 1) здоровье, измеряемое продолжительностью жизни с момента рождения; 2) знания, измеряемые посредством сочетания показателя грамотности взрослого населения и сводного показателя зачисления в начальные, средние и высшие учебные заведения; и 3) жизненный уровень, выраженный в валовом национальном продукте на душу населения (в паритете покупательной способности). ИРЧП выступает исключительно в качестве широкого опосредованного показателя некоторых ключевых вопросов развития человека; например, он не отражает таких вопросов, как участие в политической деятельности или гендерное неравенство.

**Hybrid vehicle – Гибридное транспортное средство:** Любое транспортное средство, в котором используются два источника тяги, обычно транспортное средство, оснащенное двигателем внутреннего сгорания и электрическим мотором с аккумуляторами.

**Hydropower – Гидроэлектроэнергия:** Энергия воды, падающей с более высокого горизонта в более низкий, которая преобразуется в механическую энергию посредством турбины или другого устройства, которое либо используется непосредственным образом для механической работы, либо, как правило, действует в качестве генератора, который производит электричество. Этот термин также используется для описания кинетической энергии потока воды, которая также может быть преобразована в механическую энергию генератора посредством находящейся в водотоке турбины для производства электроэнергии.

**Informal sector/economy – Неформальный сектор / неформальная экономика:** Неформальный сектор/неформальная экономика характеризуется в широком смысле как сочетание производственных единиц, которые функционируют в малом масштабе и на низком уровне организации при незначительном или никаком разделении между трудом и капиталом как факторами производства, когда главной целью является получение дохода и обеспечение занятости соответствующих лиц. Экономическая деятельность неформального сектора не учитывается при определении секторальной или национальной экономической деятельности.

**Institution – Институт:** Структура, механизм социального порядка или сотрудничества, который регулирует поведение группы отдельных лиц в рамках человеческого сообщества. Институты предназначены для обеспечения функционального соответствия в течение длительного периода времени, обладая способностью содействовать выходу за пределы индивидуальных интересов и способствовать управлению совместным поведением человека. Значение этого термина может быть также расширено для охвата нормативных положений, технологических стандартов, сертификации и аналогичных понятий.

**Integrated assessment – Комплексная оценка:** Метод анализа с использованием результатов и моделей физических, биологических, экономических и общественных наук и взаимодействий между этими компонентами на единой последовательной рамочной основе в целях оценки состояния и последствий экологических изменений и мер политического реагирования на него. См. также Модели.

**Kyoto Protocol – Киотский протокол:** Киотский протокол к РКИК ООН был принят на третьей сессии Конференции Сторон в Киото в 1997 году. Он содержит подлежащие соблюдению юридические обязательства, в дополнение к тем, которые включены в РКИКООН. Страны, включенные в Приложение В, согласились сократить свои выбросы парниковых газов антропогенного происхождения ( $\text{CO}_2$ , метан, закись азота, гидрофторуглероды, перфторуглероды и гексафторид серы) не менее чем на 5% ниже уровней 1990 года в течение периода действия обязательств с 2008 по 2012 годы. Киотский протокол вступил в силу 16 февраля 2005 года. См. также РКИК ООН.

**Land use (change; direct and indirect) – Землепользование (изменение; прямое и косвенное):** Совокупность мероприятий, видов деятельности и вводимых ресурсов в пределах данного вида почвенно-растительного покрова. Социальные и экономические задачи, для решения которых осуществляется управление земельными ресурсами (это, например, ведение пастбищного хозяйства, заготовка лесоматериалов и сохранение природы).

**Изменение в землепользовании** происходит, когда, например, происходит переход от одного вида использования земель к другому, например, лес преобразуется в земли сельскохозяйственного назначения или в городские районы. Поскольку разные типы земли обладают разным потенциалом хранения углерода (т.е. более высоким у лесов по сравнению с сельскохозяйственными или городскими районами), изменения в землепользовании могут привести к чистым выбросам или поглощению углерода.

**Косвенное изменение в землепользовании** означает вызванные рынком или политикой сдвиги в землепользовании, которые невозможно непосредственно объяснить управленческими решениями отдельных лиц или групп в отношении землепользования. Например, если сельскохозяйственные земли отводятся для производства топлива, то вырубка лесов может происходить в любом месте для замещения бывшего сельскохозяйственного производства. См. также Облесение, Обезлесение и Лесовозобновление.

**Landfill – Свалка:** Это место для удаления твердых отходов, где отходы размещаются ниже уровня земли, на уровне земли или выше уровня земли. Ограничено специально оборудованными площадками с покровными материалами, контролируемым размещением отходов и удалением жидкостей и газов. Неконтролируемое размещение отходов не допускается. Свалки часто являются источниками выбросов метана,  $\text{CO}_2$  и других газов в результате распада органических веществ.

**Leapfrogging – Скачкообразное движение:** Возможность для развивающихся стран избежать применение промежуточных технологий и перейти сразу к использованию современных чистых технологий. Скачкообразное движение может позволить развивающимся странам перейти на путь развития с низким уровнем выбросов.

**Learning curve / rate – Кривая / показатель обучения:** Снижение стоимости или цены поставок возобновляемой энергии, выраженное в качестве функции увеличения (общих или ежегодных) поставок. Обучение совершенствуется технологии и процессы с течением времени благодаря опыту, полученному в результате роста производства и/или расширения научных исследований и разработок. Показатель обучения – это процентное сокращение стоимости или цены каждого дублирования кумулятивных поставок (также называется показателем прогресса).

**Levelized cost of energy – Нормированная стоимость энергии** – См. Затраты.

**Lifecycle analysis (LCA) – Анализ жизненного цикла (АЖЦ):** Целью АЖЦ является сравнение полного диапазона экологического ущерба, вызванного любым данным продуктом, технологией или услугой (см. приложение II). АЖЦ обычно включает исходный и сырьевой материал, энергетические потребности, а также производство отходов и выбросов. Это охватывает использование технологии / установки / продукции, а также всех процессов вверх по технологической цепочке (т.е. процессов, происходящих до начала использования технологии / установки / продукции), а также процессы вниз по технологической цепочке (т.п. процессы, происходящие после завершения полезного жизненного цикла технологии / установки / продукции), аналогично концепции «от колыбели до могилы».

**Load (electrical) – Нагрузка (электрическая):** Спрос на электроэнергию (от тысяч до миллионов) пользователей энергии в одно и то же время, агрегированный и возросший в результате потерь при передаче и распределении и подлежащий удовлетворению интегрированной системой энергоснабжения.



**Выравнивание нагрузки** снижает амплитуду ее колебаний в динамике по времени.

**Сброс нагрузки** происходит, когда имеющаяся мощность генерации или передачи является недостаточной для того, чтобы выдержать агрегированные нагрузки.

**Пиковая нагрузка** – это максимальная нагрузка, наблюдаемая в данный период времени (день, неделю, год) и в течение короткого периода времени.

**Базовая нагрузка** – это мощность, которая постоянно требуется в течение определенного периода.

**Loans – Займы:** Займы – это денежные средства, предоставляемые государственными или частными кредиторами заемщикам, которые обязаны выплатить номинальную сумму с процентными выплатами.

**Льготные займы**, также именуемые льготным финансированием или льготным кредитованием, предлагают гибкие или благоприятные условия выплаты обычно ниже рыночных процентных ставок или без выплаты процента. Льготные займы обычно предоставляются государственными, а не финансовыми учреждениями.

**Конвертируемые займы** обязывают заемщика конвертировать займ в обычные или привилегированные ценные бумаги (обычные или привилегированные акции) по конкретному обменному курсу и в течение установленного срока.

**Lock-in – Блокировка:** Технологии, которые охватывают значительные доли рынка, продолжают использоваться вследствие таких факторов, как основные инвестиционные затраты, соответствующее развитие инфраструктуры, использование дополняющих технологий и ассоциированные социальные и институциональные традиции и структуры.

**Блокировка углерода** означает, что применяемые технологии и методы являются углеродоёмкими.

**Low-carbon technology – Низкоуглеродная технология:** Технология, которая в течение ее жизненного цикла является источником весьма низких-нулевых выбросов CO<sub>2</sub> экв. См. Выбросы.

**Market failure – Рыночный сбой:** В тех случаях, когда частные решения основаны на рыночных ценах, которые не отражают реальный дефицит товаров и услуг, они не являются источником достаточного финансирования ресурсов и вместо этого вызывают снижение уровней благосостояния. Факторами, вызывающими отклонение рыночных цен от реального экономического дефицита, являются внешние экологические факторы, общественный товар и монопольное право.

**Measures – Меры:** С точки зрения политики в области климата к числу мер относятся технологии, процессы или виды практики, которые сокращают выбросы парниковых газов или их воздействия ниже прогнозируемых будущих уровней, например технологии возобновляемой энергетики, процессы минимизации отходов, практика использования общественного транспорта для пригородного сообщения и т.д. См. также Политика.

**Merit order (of power plants) – Порядок ранжирования (энергетических установок):** Ранжирование всех имеющихся энергогенерирующих установок в интегрированной энергосистеме в соответствии с их краткосрочной предельной себестоимостью за кВтч, начиная с самых низкочастотных установок для передачи электроэнергии в электросеть.

**Millennium Development Goals (MDG) – Цели развития, сформулированные в Декларации тысячелетия (ЦРДТ):** Совокупность восьми определенных по срокам и измеримых целей по борьбе с бедностью, голодом, болезнями, неграмотностью, дискриминацией в отношении женщин и деградацией окружающей среды. Эти цели были согласованы на Саммите тысячелетия Организации Объединенных Наций в 2000 году наряду с планом действий по достижению этих целей.

**Mitigation – Смягчение воздействий:** Меры по изменению и замещению технологий, которые сокращают затраты ресурсов и выбросы на единицу продукции. Хотя сокращение выбросов обеспечивают разные направления социальной, экономической и технической политики по отношению к изменению климата смягчение воздействий означает проведение политики по сокращению выбросов парниковых газов и увеличению емкости поглотителей парниковых газов. Использование возобновляемой энергетики является вариантом смягчения воздействий, при котором объем предотвращенных выбросов парниковых газов превышает сумму прямых и косвенных выбросов (см. Выбросы).

**Способность к смягчению воздействий** – это возможности страны в отношении сокращения антропогенных выбросов парниковых газов или расширения емкости естественных поглотителей, где «способность» означает навыки, компетенцию, подготовленность и опыт, накопленные страной, и зависит от технологии, институтов, благосостояния, активов, инфраструктуры и информации. Способность к смягчению воздействий уходит своими корнями в выбор пути устойчивого развития страны.

**Models – Модели:** Модели являются структурированными имитациями характеристик и механизмов данной системы, позволяющими воспроизводить ее появление или ее функционирование, например климата, экономики страны или урожая. Математические модели сводят воедино (многие) переменные и связи (часто в виде компьютерного кода) для имитации функционирования и показателей эффективности систем, меняя их параметры и исходные данные.

**Восходящие модели** агрегируют технологические, инженерные и стоимостные характеристики конкретных видов деятельности и процессов.

**Нисходящие модели** применяют макроэкономическую теорию, методологию эконометрии и оптимизации для агрегирования таких экономических переменных, как общее потребление, цены, доходы и факторные цены.

**Гибридные модели** интегрируют в определенной степени восходящие и нисходящие модели.

**Non-Annex I countries – Страны, не включенные в Приложение I** – См. Страны, включенные в Приложение I.

**Non-Annex B countries – Страны, не включенные в Приложение B** – См. Страны, включенные в Приложение B.

**Ocean energy – Энергия океана:** Энергия, получаемая от океана благодаря волнам, приливно-отливным течениям, приливам и океанским течениям, а также термальным и соляным градиентам (примечание: подводная геотермальная энергия включена в раздел геотермальной энергии, а морская биомасса – в раздел энергии из биомассы).

**Offset (in climate policy) – Компенсация (в политике в области климата):** Единица эквивалента CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>экв), выбросы которого сокращаются, предотвращаются или поглощаются для компенсации выбросов, происходящих в других местах.

**Opportunities – Возможности:** В общем плане: условия, благоприятствующие развитию, прогрессу или прибыли. В политическом контексте – обстоятельства, благоприятствующие принятию мер, с элементом возможного успеха. Например, ожидание дополнительных выгод, которое может сопровождаться использованием возобновляемых источников энергии (лучший доступ к энергоресурсам и повышенная энергетическая безопасность, снижение локального загрязнения воздуха), но которые изначально не предусматриваются. См. также Побочные выгоды и Движущие факторы.

**Path dependence – Зависимость от избранного пути:** Результаты процесса обуславливаются скорее предыдущими решениями, событиями и итогами, а не только нынешними действиями. Варианты выбора, основанные на кратковременных условиях, могут оказывать постоянное воздействие в течение длительного времени после изменения этих условий.

**Payback – Окупаемость:** Термин, используемый преимущественно при инвестиционной оценке как **финансовая окупаемость** и означающий период времени, необходимый для возмещения первоначальной инвестиции за счет поступлений от проекта. **Срок окупаемости** действует в случаях, когда, например, частные инвесторы и механизмы микрофинансирования требуют более высоких ставок доходности от проектов возобновляемых источников энергии по сравнению с проектами, основанными на сжигании ископаемого топлива. Установление более высокой *x*-кратной ставки финансовой прибыли по инвестициям в возобновляемые источники энергии равносильно установлению более высокого *x*-кратного барьера для технических характеристик в отношении производства энергии на основе новаторских решений в области возобновляемых источников энергии по сравнению с укреплением существующих энергосистем. **Окупаемость энергии** – это период времени, который необходим энергетическому проекту для производства такого же количества энергии, которое потребовалось для ввода в действие данного проекта. **Окупаемость углерода** – это то время, которое требуется проекту возобновляемой энергетики для обеспечения таких же чистых сокращений выбросов парниковых газов (по отношению к стандартной энергетической системе на ископаемом топливе), что и объем выбросов парниковых газов, вызванных его реализацией, согласно анализу жизненного цикла (включая изменения в землепользовании и потерю накопленных углерода в наземных экосистемах).

**Photosynthesis – Фотосинтез:** Производство карбогидратов растениями, морскими водорослями и некоторыми бактериями с использованием энергии света. CO<sub>2</sub> используется в качестве источника углерода.

**Photovoltaics (PV) – Фотоэлектрические элементы (ФЭ):** Технология преобразования энергии света непосредственно в электроэнергию посредством приведения в движение электронов в полупроводниковых устройствах. Специально подготовленные тонкие листовые полупроводники называются фотоэлектрическими элементами. См. Солнечная энергия.

**Policies – Политика:** Политика проводится и/или контролируется правительством зачастую с деловыми и промышленными кругами в своей стране или совместно с другими странами в целях ускорения принятия мер по смягчению воздействий и адаптации. Примерами политики являются механизмы поддержки поставок возобновляемой энергии, налоги на углерод или энергию, стандарты на топливную экономичность для автомобилей и т.д.

**Общая и координируемая** или **согласованная политика** означает политику Сторон на совместной основе. См. также Меры.

**Policy criteria – Политические критерии:** В общем плане: норма, определяющая судебное или иное решение. В контексте политики и политических инструментов для поддержки возобновляемой энергетики общими являются следующие четыре всеохватывающих критерия:

**Эффективность** (активность действия) – это та степень, в которой выполнены поставленные задачи, например фактическое увеличение производства генерируемой возобновляемой электроэнергии или доли возобновляемой энергии в общем энергоснабжении в течение конкретного периода времени. Помимо количественных задач, это может включать такие факторы, как достигнутые уровни технологического разнообразия (поощрение различных технологий возобновляемых источников энергии) или территориальное разнообразие (географическое распределение поставок возобновляемой энергии).

**Действенность** – это отношение итоговой продукции к исходным производственным факторам, например, отношение выполненных задач в области возобновляемой энергии к израсходованным экономическим ресурсам, чаще всего измеряемое в данный момент времени (статическая действенность), также именуемое экономической эффективностью. Динамическая действенность дополняет будущий временной фактор посредством оценки показателя того, сколько инноваций потребовалось для улучшения соотношения между итоговой продукцией и исходными производственными факторами.

**Справедливость** охватывает инцидентность и дистрибутивные последствия политики, включая честность, правосудие и уважение прав коренных народов. Критерий справедливости относится к распределению стоимости и выгод политики, а также включению и участию широкого круга различных заинтересованных лиц (например, местное население, независимые производители энергии).

**Институциональная целесообразность** – это то, в какой степени политика или политический инструмент считаются законными, способными получить признание, а также быть пригодными для принятия и осуществления. Это понятие включает административную целесообразность в случае совместимости с имеющейся информационной базой и административным потенциалом, правовой структурой и экономическими реалиями. Политическая целесообразность требует принятия и поддержки со стороны заинтересованных лиц, организаций и групп населения, а также совместимости с доминирующими культурами и традициями.

**Polluter pays principle (PPP) – Принцип «платит загрязнитель» (ППП** – акроним дается по оригиналу на английском языке): В 1972 году ОЭСР постановила, что загрязнители должны оплачивать расходы по ликвидации загрязнения ими окружающей среды, например, посредством установки фильтров, канализационных систем и других дополнительных технических сооружений. Это узкое определение. Согласно более широкому определению, загрязнители будут дополнительно оплачивать ущерб, вызванный их остаточным загрязнением (возможно, также загрязнением в прошлые годы). В другое более широкое определение входит также предупредительный принцип «загрязнитель платит», когда потенциальные загрязнители обязаны принимать страховочные или предупредительные меры в отношении загрязнения, которое может произойти в будущем. Акроним ППП (дается по оригиналу на английском языке – Preventing Pollution Pays-off, Public Private Partnership или Purchasing

Power Parity) имеет также другие значения, такие как превентивные выплаты за загрязнение, партнерство между государственным и частным секторами или паритет покупательной способности.

**Portfolio analysis – Анализ портфеля:** Исследование портфеля активов или политических мер, которые характеризуются разными рисками и разной окупаемостью. Целевая функция строится на изменчивости доходности и сопутствующих рисков, приводя к решающему правилу выбора портфеля с наивысшей ожидаемой доходностью.

**Potential – Потенциал:** Могут быть определены несколько уровней потенциалов электроснабжения за счет использования возобновляемых источников энергии, хотя каждый уровень может охватывать широкий диапазон. В настоящем докладе **ресурсный потенциал** охватывает все уровни конкретного возобновляемого источника энергии.

**Рыночный потенциал** – это объем производства возобновляемой энергии, который можно ожидать с учетом прогнозируемой конъюнктуры рынка, который формируется частными и экономическими субъектами и регулируется государственными органами. Частные экономические субъекты реализуют частные задачи в рамках данных, предполагаемых или ожидаемых условий. Рыночные потенциалы основаны на ожидаемых частных поступлениях и расходах, рассчитываемых по частным ценам (включающим субсидии, налоги и ренты), и с учетом частных дисконтных ставок. Частный контекст частично формируется политикой государственного органа власти.

**Экономический потенциал** – это объем прогнозируемого производства возобновляемой энергии с учетом всех социальных затрат и выгод, связанных с этим производством; существует полная прозрачность информации, а предполагаемые обмены в сфере экономики уравнивают общее равновесие, характеризующее пространственной и временной эффективностью. Оцениваются негативные внешние воздействия и побочные выгоды от всех видов использования энергии и других видов экономической деятельности. Социальные дисконтные ставки уравнивают интересы последующих поколений человека.

**Потенциал устойчивого развития** – это объем производства возобновляемой энергии, которая будет получена при идеальных условиях наличия прекрасных экономических рынков, оптимальных социальных (институциональных и управленческих) систем и обеспечения устойчивого потока экологических товаров и услуг. Этот потенциал отличается от экономического потенциала, поскольку он однозначно учитывает проблемы справедливости (распределения) между поколениями и внутри поколений, а также проблемы управления.

**Технический потенциал** – это объем производства возобновляемой энергии, получаемый благодаря полноценному внедрению продемонстрированных технологий или практики. Не делается никакой прямой ссылки на затраты, барьеры или политику. Технические потенциалы, о которых говорится в литературе и которые оцениваются в настоящем докладе, могут, однако, учитывать практические ограничения, и в тех случаях, когда они конкретно отмечаются, они как правило указываются в базовом докладе.

**Теоретический потенциал** образуется за счет естественных и климатических (физических) параметров (например, общее солнечное излучение на поверхности континента). Теоретический потенциал может быть количественно

определен с разумной точностью, однако данная информация имеет ограниченное практическое значение. Он представляет собой верхний предел того, что может быть получено из энергоресурса на основе физических принципов и имеющихся в настоящее время научных знаний. Он не учитывает энергетические потери во время процесса преобразования, который необходим для того, чтобы использовать данный ресурс, а также барьеры любого типа.

**Power – Мощность:** Мощность – это показатель передачи или преобразования энергии в единицу времени или показатель выполненной работы. Она выражается в ваттах (джоули/секунда).

**Present value – Текущая стоимость:** Стоимость денежной суммы является разной в зависимости от наличия этой суммы в разные моменты времени (года). Чтобы сделать суммы, имеющиеся в разное время, сопоставимыми и аддитивными, дата фиксируется как «текущая». Суммы, доступные по состоянию на разные даты в будущем, дисконтируются к их текущей стоимости и суммируются, в результате чего получается текущая стоимость ряда будущих потоков денежных средств.

**Чистая текущая стоимость** – это разница между текущей стоимостью доходов (выгод) и текущей стоимостью затрат. См. также Дисконтирование.

**Project cost – Проектная стоимость** – См. Затраты.

**Progress ratio – Коэффициент прогресса** – См. Кривая/показатель обучения.

**Public finance – Государственное финансирование:** Государственная поддержка, за предоставление которой ожидается получение финансовой прибыли (займы, акции) или в связи с которой возникает финансовая ответственность (гарантия).

**Public good – Общественный товар:** товары и услуги, предоставляемые для общественного потребления, одновременно используются несколькими сторонами (в отличие от товаров для индивидуального потребления). Некоторые общественные товары полностью свободны от конкуренции при использовании; для других товаров их использование другими лицами ограничивает наличие этих товаров для иных сторон, что создает перенасыщенность. Доступ к общественным товарам может быть ограничен в зависимости от того, являются ли общественные товары общим достоянием, государственной собственностью или бесхозяйственной вещью (ничейным имуществом). Атмосфера и климат являются конечными общественными товарами человечества. Многие возобновляемые источники энергии также являются общественными товарами.

**Public-private partnerships – Государственно-частные партнерства:** Договоренности, характеризующие совместной работой государственного и частного секторов. В самом широком смысле эти партнерства охватывают все типы сотрудничества в рамках взаимодействия между государственным и частным секторами с целью предоставления услуг или инфраструктуры.

**Quota (on renewable electricity / energy) – Квота (на возобновляемую электроэнергию / энергию):** Установленные квоты возлагают обязанности на назначенные стороны (производители или поставщики) выполнять минимальные (часто постепенно возрастающие) задачи в области возобновляемой энергетики, которые, как правило, выражены в виде процентов от общих поставок или мощности возобновляемых источников энергии, при этом расходы несут потребители. В разных странах квоты именованы по-разному, например, стандарты, регулирующие долю использования возобновляемых источников энергии, обязательства по возобновляемым источникам энергии. См. также Переуступаемые сертификаты.

**Reactive power – Реактивная мощность:** Часть мгновенной мощности, которая не выполняет никакой реальной работы. Ее функция заключается в создании и поддержании электромагнитных полей, необходимых для того, чтобы активная мощность выполняла полезную работу.

**Rebound effect – Эффект рикошета:** После внедрения эффективных технологий и практических методов часть ожидаемой экономии энергии не реализуется, поскольку сопутствующая экономия в счетах за энергию может быть использована для приобретения большего количества энергоуслуг. Например, повышение КПД автомобильного двигателя снижает затраты на километр пробега, стимулируя потребителей к увеличению числа поездок или преодолению больших расстояний или к расходованию сэкономленных денег на другие виды деятельности, связанные с потреблением энергии. Успешная политика в области энергоэффективности может привести к снижению спроса на энергию в рамках всей экономики и в таком случае к меньшим ценам на энергию с возможностью экономии финансовых средств, стимулирующей эффект рикошета. Эффект рикошета – это соотношение между неиспользованной энергией и экономией ресурсов и потенциальной экономией в том случае, если потребление останется на том же постоянном уровне, что и до осуществления мер по повышению эффективности. В отношении изменения климата главной проблемой эффекта рикошета является его воздействие на выбросы CO<sub>2</sub> (эффект рикошета углерода).

**Reforestation – Лесовозобновление:** Непосредственное антропогенное преобразование безлесных земель в лесные территории путем посадки саженцев, высева и/или антропогенного распространения семян естественного происхождения на землях, которые ранее были покрыты лесами, но затем были преобразованы в безлесные участки. См. также Облесение, Обезлесение и Землепользование.

**Regulation – Регулирование:** Предписание или постановление, выпущенные исполнительным органом власти правительства или законодательными учреждениями и имеющее силу закона. Нормативно-правовые акты проводят политику и имеют самое конкретное отношение к отдельным группам населения, юридическим лицам или адресным видам деятельности. Регулирование также является актом, связанным с разработкой и изданием нормативных положений или инструкций. На практике ограничения информационного, транзакционного, административного и политического характера ограничивают возможности контрольно-регулирующего органа в области осуществления предпочтительной политики.

**Reliability – Надежность:** В общем плане: надежность – это степень функционирования в соответствии с установленными стандартами или допусками.

**Надежность электроснабжения** – это отсутствие незапланированных перебоев тока в результате, например, нехватки производственного потенциала или сбоев в частях сети. Надежность отличается от безопасности и колебаний в качестве энергоснабжения, вызванных импульсами или гармониками.

**Renewable energy – Возобновляемая энергия** – См. Энергия.

**Scenario – Сценарий:** Правдоподобное описание возможных путей будущего развития на основе согласованного и внутренне последовательного набора допущений в отношении движущих сил и ключевых взаимосвязей (например, показатель технологического изменения, цены), влияющее на социально-экономическое развитие, использование энергии и т.д. Следует отметить, что сценарии не являются ни предсказаниями, ни прогнозами, однако они полезны для сообщения мнения о последствиях альтернативных событий и действий. См. также Исходные условия, Обычный ход деятельности, Модели.

**Seismicity – Сейсмичность:** Распределение и частота землетрясений по времени, магнитуде и пространству, например, ежегодное число землетрясений с магнитудой от 5 до 6 на 100 км<sup>2</sup> или в определенном районе.

**Sink – Поглотитель:** Любой процесс, вид деятельности или механизм, который удаляет парниковый газ, аэрозоль или прекурсор парникового газа или аэрозоля из атмосферы.

**Solar collector – Солнечный коллектор:** Устройство для преобразования солнечной энергии в термальную энергию (тепло) текущей жидкости.

**Solar energy – Солнечная энергия:** Исходящая из Солнца энергия, которая улавливается в виде либо тепла, либо света, которые преобразуются в химическую энергию посредством естественного или искусственного фотосинтеза или при помощи фотоэлектрических панелей и преобразуется непосредственно в электроэнергию.

Системы **концентрации солнечной энергии (КСЭ)** используют либо линзы, либо зеркала для улавливания больших количеств солнечной энергии и фокусируют ее вниз в менее большую область пространства. Полученные более высокие температуры могут приводить в движение теплопаровую турбину или использоваться в высокотемпературных промышленных процессах.

**Прямая солнечная энергия** означает использование солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли до того, как она аккумулируется в воде или почвах.

**Солнечная термальная энергия** – это использование прямой солнечной энергии для конечных видов использования тепла, исключая КСЭ.

**Активная солнечная энергия** требует наличия такого оборудования, как панели, насосы и вентиляторы для сбора и распределения энергии.

Использование **пассивной солнечной энергии** основано на структурном проектировании и строительных технологиях, благодаря которым в зданиях солнечная энергия используется для отопления, охлаждения и освещения немеханическими средствами.

**Solar irradiance – Солнечное излучение:** Показатель падающей на поверхность солнечной энергии (Вт/м<sup>2</sup>). Излучение зависит от направления поверхности, при этом существуют такие специальные направления, как: а) поверхности, перпендикулярные потоку солнечного излучения; б) горизонтальные поверхности или земная поверхность. **Полное солнце** – это солнечное излучение, которое составляет приблизительно 1 000 Вт/м<sup>2</sup>.

**Solar radiation – Солнечная радиация:** Солнце излучает свет и тепловую энергию в волновых диапазонах от ультрафиолетового до инфракрасного. Попадающая на поверхности радиация может поглощаться, отражаться или передаваться.

**Глобальная солнечная радиация** включает **луч** (достигающий Землю в виде прямой линии) и **рассеянную радиацию** (достигающую Землю после рассеивания атмосферой и облаками).

**Standards – Стандарты:** Совокупность правил или кодов, предписывающих или определяющих рабочие характеристики продукта (например, сорт, размеры, параметры, методы испытаний и правила пользования).

**Стандарты на продукцию, технологию или рабочие характеристики** устанавливают минимальные требования к соответствующим продуктам или технологиям.

**Subsidy – Субсидия:** Непосредственная выплата государством соответствующему субъекту деятельности или предоставление ему налоговой льготы за применение того или иного вида практики, которую оно намерено поощрять. Сокращение выбросов парниковых газов стимулируется путем снижения существующих субсидий, влияющих на увеличение выбросов (такие, как субсидии на использование ископаемого топлива), или путем предоставления субсидий на те виды практики, которые снижают выбросы или повышают качество поглотителей (например, проекты возобновляемых источников энергии, улучшение теплоизоляции зданий или посадка деревьев).

**Sustainable development (SD) – Устойчивое развитие (УР):** Концепция устойчивого развития была введена в 1980 году во «Всемирной стратегии охраны природы» Международного союза охраны природы и уходит корнями к концепции устойчивого общества и к управлению возобновляемыми ресурсами. Принята Всемирной комиссией по окружающей среде и развитию в 1987 году и Конференцией в Рио-де-Жанейро в 1992 году как процесс изменения, в котором эксплуатация ресурсов, направление инвестиций, ориентация технологического развития и институциональных изменений находятся в полной гармонии и увеличивают как нынешний, так и будущий потенциал для удовлетворения потребностей и чаяний человека. УР объединяет политические, социальные, экономические и экологические аспекты и соблюдает ограничения, связанные с ресурсами и потребителями энергии.

**Tax – Налог: Налог на углерод** – это сбор за содержание углерода в ископаемых видах топлива. Поскольку практически весь углерод, содержащийся в ископаемых видах топлива, в конечном итоге выбрасывается в виде CO<sub>2</sub>, то налог на углерод эквивалентен **налогу на выбросы CO<sub>2</sub>**. **Налог на энергию** – сбор, взимаемый с энергетического содержания топлива – снижает спрос на энергию и, как следствие, выбросы CO<sub>2</sub> в результате использования ископаемого топлива. **Экологический налог** – это налог на углерод, выбросы или энергию, предназначенный для воздействия на характер поведения людей (особенно на уровне экономики), вынуждая их вести себя экологически рациональным образом. **Налоговый кредит** – это уменьшение налога с целью стимулирования приобретения определенной продукции или инвестирования в определенную продукцию, например, в технологии сокращения выбросов парниковых газов. В качестве синонима термина «налог» используются слова **сбор** или **плата**.

**Technological change – Технический прогресс:** Рассматривается, главным образом, как технологическое усовершенствование, т.е. из данного объема ресурсов (факторов производства) можно произвести больше товаров и услуг либо товаров и услуг лучшего качества. Экономические модели различают автономный (экзогенный), эндогенный и вынужденный технический прогресс.

**Автономный (экзогенный) технический прогресс** обусловлен событиями вне модели (т.е. как параметр), обычно в форме временного тренда, влияющего на фактор и/или производительность энергии и соответственно на спрос на энергию или рост производства.

**Эндогенный технический прогресс** – это результат экономической деятельности внутри модели (т.е. как переменная величина), и поэтому производительность факторов производства или выбор технологий включается в модель и влияет на спрос на энергию и/или экономический рост.

**Вынужденный технический прогресс** подразумевает эндогенный технический прогресс, но вызывает дальнейшие изменения вследствие политики и таких мер, как налоги на углерод, стимулирующие деятельность в области научных исследований и разработок.

**Technology – Технология:** Практическое применение знаний для выполнения конкретных задач, при котором используются как технические артефакты (аппаратные средства, оборудование), так и (социальная) информация («программное обеспечение», производственное ноу-хау и использование артефактов).

**«Подталкивание» предложения:** направлено на разработку конкретных технологий путем оказания поддержки в области исследований, разработок и демонстраций.

**«Притяжение» спроса:** практика создания рынка или других стимулов для стимулирования внедрения конкретных наборов технологий (например, низкоуглеродные технологии благодаря установлению цен на углерод) или отдельных технологий (например, посредством льготных тарифов для конкретной технологии).

**Technology transfer – Передача технологии:** Обмен знаниями, аппаратными средствами и сопутствующим программным обеспечением, денежными средствами и товарами среди заинтересованных сторон, который ведет к распространению технологии, предназначенной для адаптации или смягчения воздействий. Этот термин охватывает как распространение технологий, так и технологическое сотрудничество между странами и внутри стран.

**Tradable certificates (tradable green certificates) – Переуступаемые сертификаты (переуступаемые зеленые сертификаты):** Стороны, в отношении которых действуют квоты на возобновляемую энергию, выполняют ежегодное обязательство путем предоставления необходимого количества переуступаемых сертификатов в регулирующий орган. Сертификаты выпускаются этим органом и передаются производителям возобновляемой энергии для продажи или для их собственного пользования при выполнении своих квот. См. Квота.

**Transmission and distribution (electricity) – Передача и распределение (электроэнергии):** Сеть, которая служит для передачи электрической энергии по проводам из того места, где она генерируется, до места ее использования. Распределительная система означает систему более низкого напряжения, которая фактически поставляет электрическую энергию конечному пользователю. См. также Сеть.

**Turbine – Турбина:** Установка, которая преобразует кинетическую энергию потоков воздуха, воды, горячего газа или пара во вращательную механическую энергию, используемую для непосредственного привода или производства электрической энергии (см. ветряные, гидро-, газовые или паровые турбины).

**Конденсационные паровые турбины** выбрасывают отработанный пар в теплообменник (именуемый конденсатором), используя естественное охлаждение из водных (река, озеро, море) или воздушных источников (охлаждающие башни). **Паровая турбина обратного давления** не имеет никакого конденсатора при благоприятных температурных условиях, однако выпускает весь пар с более высокими температурами для практического использования тепла при конкретных конечных применениях.

**United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) – Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН):** Конвенция была принята 9 мая 1992 года в Нью-Йорке и подписана в ходе Встречи на высшем уровне «Планета Земля» в Рио-де-Жанейро в 1992 году более чем 150 странами и Европейским экономическим сообществом. Ее конечная цель заключается в «стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему». Она содержит обязательства для всех Сторон. В соответствии с Конвенцией Стороны, включенные в Приложение I, стремятся вернуться к 2000 году к уровням выбросов парниковых газов, не контролируемых Монреальским протоколом, которые существовали в 1990 году. Конвенция вступила в силу в марте 1994 года. В 1997 году РКИКООН приняла Киотский протокол. См. также Страны, включенные в Приложение I; Страны, включенные в Приложение В; и Киотский протокол.

**Valley of death – «Долина смерти»:** Выражение, означающее этап в разработке определенной технологии, когда создается значительный и отрицательный поток денежной наличности из-за того, что затраты на разработку увеличиваются, а риски, связанные с данной технологией, не уменьшаются в достаточной степени для того, чтобы привлечь частных инвесторов к взятию на себя финансового бремени.

**Value added – Добавленная стоимость:** Чистая продукция данного сектора или вида деятельности, полученная после суммирования всех произведенных продуктов и услуг и вычета промежуточных затрат.

**Values – Ценности:** Стоимость, целесообразность или полезность, определяемые на основе индивидуальных предпочтений. В большинстве социальных научных дисциплин используется несколько определений термина «ценность». По отношению к природе и окружающей среде существует различие между внутренне присущими и полезными ценностями, при этом последние придают людьми. В перечне полезных ценностей существует неурегулированный каталог разных ценностей, таких как польза (прямая и косвенная), выбор, сохранение, прозрачность, завещательный дар, существование и т.д.

В основных экономиках полная ценность любого ресурса определяется как суммарная ценность, которая придается ему различными индивидами, использующими данный ресурс. Экономические ценности, которые лежат в основе калькуляции затрат, измеряются с помощью такой категории, как желание людей платить за получение данного ресурса или как желание людей принимать плату за его предоставление.

**Vent (geothermal / hydrothermal / submarine) – Отверстие (геотермальное / гидротермальное / подводное):** Проем в поверхности Земли (наземный или подводный), через который идет поток веществ и энергии.

**Venture capital – Венчурный капитал:** Вид частного акционерного капитала, обычно предоставляемого находящимся на раннем этапе становления технологическим компаниям с высоким потенциалом, в интересах получения прибыли от инвестиции через продажу в рамках одной отрасли или допуска ценных бумаг к официальной торговле на фондовой бирже.

**Well-to-tank (WTT) – Система «от скважины до бака» (ССБ):** ССБ включает виды деятельности от добычи ресурсов до производства топлива для обеспечения топливом транспортных средств. По сравнению с ССА ССБ не учитывает использования топлива для движения транспортных средств.

**Well-to-wheel (WTW) – Система «от скважины до автомобиля» (ССА):** Анализ системы ССА относится к анализу конкретного жизненного цикла, применяемого в отношении топлива для перевозок и его использования в транспортных средствах. Этап ССА включает добычу ресурсов, производство топлива, доставку топлива к транспортному средству и конечное использование топлива для работы транспортного средства. Хотя сырье для альтернативных видов топлива необязательно поступает из скважины, термин ССА принят для анализа транспортного топлива.

**Wind energy – Энергия ветра:** Кинетическая энергия, получаемая от воздушных потоков, возникающих в результате неравномерного нагрева поверхности Земли. Ветряная турбина – это вращающаяся машина, включая ее вспомогательную структуру для преобразования кинетической энергии в энергию механического вала для производства электроэнергии. Ветряная мельница имеет наклонные крылья или паруса, а получаемая механическая энергия в большинстве случаев используется непосредственным образом, например, для откачки воды. Ветряная электростанция, ветряной проект или ветряная электроустановка – это группа ветряных турбин, связанных между собой в общую энергосистему общего пользования благодаря системе трансформаторов, распределительных линий и (обычно) одной подстанции.

## Сокращения

AA-CAES	AA-КАЕС	Advanced adiabatic compressed air energy storage / Передовая технология хранения энергии, возникающей в результате адиабатического сжатия воздуха	CSTD	КНТД	Commission on Science and Technology (UN) / Комиссия по науке и технике в целях развития (Организация Объединенных Наций)
AC	ПТ	Alternating current / Переменный ток	DALY	ГЖПИ	Disability-adjusted life year / Год жизни с поправкой на инвалидность
AEM	АОМ	Anion exchange membrane / Анионная мембрана	dBA	ДБ(А)	A-weighted decibels / Децибелы, взвешенные по шкале А
AERC	ЦПА	Alternative Energy Promotion Centre / Центр пропаганды альтернативной энергии	DC	ПоТ/ЦОХ	Direct current or district cooling / Постоянный ток или центральное охлаждение
AFEX	ТРЦА	Ammonia fibre expansion / Технология разрушения целлюлозы аммиаком	DDG	ССЗ	Distillers dried grains / Сухое сброженное зерно
APU	ВЭУ	Auxiliary power unit / Вспомогательная энергоустановка	DDGS	ССЗРВ	Distillers dried grains plus solubles / Сухое сброженное зерно с растворимыми веществами
AR4	ДО4	4th assessment report (of the IPCC) / Четвертый доклад об оценке (МГЭИК)	DH	ЦО	District heating / Центральное отопление
AR5	ДО5	5th assessment report (of the IPCC) / Пятый доклад об оценке (МГЭИК)	DHC	ЦООХ	District heating or cooling / Центральное отопление или охлаждение
BC	ЧС	Black carbon / Черная сажа	DHW	БГВ	Domestic hot water / Бытовое горячее водоснабжение
BCCS	ПБУ	Biological carbon sequestration / Поглощение биологического углерода	DLR	НАЦ	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (German Aerospace Centre) / Немецкий аэрокосмический центр
Bio-CCS	Био-УХУ	Biomass with carbon capture and storage / Биомасса с улавливанием и хранением углерода	DLUC	ПИЗП	Direct land use change / Прямые изменения в землепользовании
BIPV	ВЗФЭ	Building-integrated photovoltaic / Встроенные в здания фотоэлектрические панели	DME	ДМЭ	Dimethyl ether / Диметиловый эфир
BMU	БМУ	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety) / Немецкое федеральное министерство по окружающей среде, сохранению природы и ядерной безопасности	DNI	ПНИ	Direct-normal irradiance / Прямое-нормальное излучение
BNEF	БФНЭ	Bloomberg New Energy Finance / Блумберг-финансирование новой энергии	DPH	БОБ	Domestic pellet heating / Бытовое отопление брикетами
BOS	БС	Balance of systems / Баланс систем	DSSC	СКСЭ	Dye-sensitized solar cell / Сенситивизированный красителем солнечный элемент
BSI	ИЛСТ	Better Sugarcane Initiative / Инициатива «За лучший сахарный тростник»	EGS	УГС	Enhanced geothermal systems / Улучшенные геотермальные системы
CAES	КАЕС	Compressed air energy storage / Хранение энергии сжатого воздуха	EGTT	ГЭПТ	Expert Group on Technology Transfer / Группа экспертов по передаче технологии
CBP	СБО	Consolidated bioprocessing / Совместная биообработка	EIA	УЭИ	Energy Information Administration (USA) / Управление по энергетической информации (США)
CC	КЦ	Combined cycle / Комбинированный цикл	EIT	СПЭ	Economy In Transition / Страна с переходной экономикой
CCiy	ЕКУП	China Coal Industry Yearbook / Ежегодник китайской угольной промышленности	EMEC	ЕЦЭМ	European Marine Energy Centre / Европейский центр энергии моря
CCS	УХУ	Carbon dioxide capture and storage / Улавливание и хранение диоксида углерода	EMF	ФМЭ	Energy Modelling Form / Форма моделирования энергии
CDM	МЧР	Clean Development Mechanism / Механизм чистого развития	EMI	ЭМП	Electromagnetic interference / Электромагнитная помеха
CEM	КОМ	Cation exchange membrane / Катионная обменная мембрана	ENSAD	БДКЭА	Energy-Related Severe Accident Database / База данных крупных энергетических аварий
CER	ССВ	Certified Emissions Reduction / Сертифицированное сокращение выбросов	EPRI	НИИЭ	Electric Power Research Institute (USA) / Научно-исследовательский институт электроэнергетики (США)
CF	КМ	Capacity factor / Коэффициент мощности	EPT	СОЭ	Energy payback time / Срок окупаемости энергии
CFB	ЦКС	Circulating fluid bed / Циркулирующий кипящий слой	E[R]	ЭР	Energy [R]evolution / Энергетическая революция
CFD	РДЖ	Computational fluid dynamics / Расчеты динамики жидкости	ER	ЭК	Energy ratio / Энергетический коэффициент
CFL	КФЛ	Compact fluorescent lightbulb / Компактная флуоресцентная лампочка	ERCOT	ТСНЭС	Electric Reliability Council of Texas / Техасский совет по надежности электроснабжения
CHP	КТЭ	Combined heat and power / Комбинированное тепло и электроэнергия	EREC	ЕСВЭ	European Renewable Energy Council / Европейский совет по возобновляемой энергии
CIGSS	МИДДГ	Copper indium/gallium disulfide/(di)selenide / Медь-индий/дисульфид/диселенид галлия	EROEI	ЭПНЭИ	Energy return on energy investment / Энергетическая прибыль на энергетическое инвестирование
CIS	СНГ	Commonwealth of Independent States / Содружество Независимых Государств	ESMAP	ПУСЭ	Energy Sector Management Program (World Bank) / Программа управления сектором энергоснабжения (Всемирный банк)
CMA	КМА	China's Meteorological Administration / Китайская метеорологическая администрация	ETBE	ЭТБЭ	Ethyl tert-butyl ether / Этил-трет-бутиловый эфир
CNG	СПГ	Compressed natural gas / Сжатый природный газ	ETP	ПЭТ	Energy Technology Perspectives / Перспективы энергетических технологий
CoC	ЦХ	Chain of custody / Цепочка хранения	EU	ЕС	European Union / Европейский союз
COP	КПД	Coefficient of performance / Коэффициент полезного действия	EV	ЭМ	Electric vehicle / Электромобиль
CPP	ЭПП	Captive power plant / Электростанция промышленного предприятия	FACTS	ГСППТ	Flexible AC transmission system / Гибкая система передачи переменного тока
CPV	КПЭ	Concentrating photovoltaics / Концентрирующие фотоэлектрические панели	FASOM	МОЛСС	Forest and Agricultural Sector Optimization Model / Модель оптимизации лесного и сельскохозяйственного секторов
CREZ	ЗКВЭ	Competitive renewable energy zone / Зона конкурентной возобновляемой энергии	FAO	ФАО	Food and Agriculture Organization (of the UN) / Продовольственная и сельскохозяйственная организация (Организация Объединенных Наций)
CRF	КВК	Capital recovery factor / Коэффициент возврата капитала	FFV	АГВТ	Flexible fuel vehicle / Автомобиль с гибким выбором топлива
CSIRO	НПИОС	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation / Научно-промышленная исследовательская организация Содружества	FQD	ДКТ	Fuel quality directive / Директива по качеству топлива
CSP	КСЭ	Concentrating solar power / Концентрация солнечной энергии	FIT	ТПЭ	Feed-in tariff / Тариф на поставку электроэнергии
CPV	КФЭ	Concentrating photovoltaics / Концентрирующие фотоэлементы	FOGIME	СКВИУЭ	Crediting System in Favour of Energy Management / Система кредитования в интересах управления энергоснабжением
			FRT	ТМА	Fault ride through / Требуемая мощность на случай аварии или изменения нагрузки в сети
			FSU	БСС	Former Soviet Union / Бывший Советский Союз
			FTD	ДФТ	Fischer-Tropsch diesel / Дизель Фишера-Тропша
			GBD	ГБЗ	Global burden of disease / Глобальное бремя заболеваний

<b>GBEP</b>	<b>ГБЭП</b>	Global Bioenergy Partnership / Глобальное биоэнергетическое партнерство	<b>IREDA</b>	<b>ИАРВИЭ</b>	Indian Renewable Energy Development Agency / Индийское агентство по развитию возобновляемых источников энергии
<b>GCAM</b>	<b>МОГИ</b>	Global Change Assessment Model / Модель оценки глобального изменения	<b>IRENA</b>	<b>МАВИЭ</b>	International Renewable Energy Agency / Международное агентство по возобновляемым источникам энергии
<b>GCM</b>	<b>ГНК/МОЦ</b>	Global climate model; General circulation model / Глобальная модель климата; модель общей циркуляции	<b>IRM</b>	<b>НМС</b>	Inorganic mineral raw materials / Неорганическое минеральное сырье
<b>GDP</b>	<b>ВВП</b>	Gross domestic product / Валовой внутренний продукт	<b>ISCC</b>	<b>КЦСК</b>	Integrated solar combined-cycle / Комбинированный цикл солнечных коллекторов
<b>GEF</b>	<b>ГЭФ</b>	Global Environment Facility / Глобальный экологический фонд	<b>ISES</b>	<b>МОСЭ</b>	International Solar Energy Society / Международное общество солнечной энергии
<b>GHG</b>	<b>ПГ</b>	Greenhouse gas / Парниковый газ	<b>ISEW</b>	<b>ИУЭБ</b>	Index of sustainable economic welfare / Индекс устойчивого экономического благосостояния
<b>GHP</b>	<b>ГТН</b>	Geothermal heat pump / Геотермальный тепловой насос	<b>ISO</b>	<b>ИСО</b>	International Organization for Standardization / Международная организация по стандартизации
<b>GIS</b>	<b>ГИС</b>	Geographic information system / Географическая информационная система	<b>J</b>	<b>Дж</b>	Joule / Джоуль
<b>GM</b>	<b>ГМ</b>	Genetically modified / Генетически модифицированный	<b>JI</b>	<b>СО</b>	Joint implementation / Совместное осуществление
<b>GMO</b>	<b>ГМО</b>	Genetically modified organism / Генетически модифицированный организм	<b>LCA</b>	<b>ОЖЦ</b>	Lifecycle assessment / Оценка жизненного цикла
<b>GO</b>	<b>ГП</b>	Guarantee of origin / Гарантия происхождения	<b>LCOE</b>	<b>НСЭ</b>	Levelized cost of energy (or of electricity) / Нормативная стоимость энергии (или электроэнергии)
<b>GPI</b>	<b>ППП</b>	Genuine progress indicator / Показатель реального прогресса	<b>LCOF</b>	<b>НСФ</b>	Levelized cost of fuel / Нормативная стоимость топлива
<b>GPS</b>	<b>ГСОМ</b>	Global positioning system / Глобальная система определения местоположения	<b>LCOH</b>	<b>НСТ</b>	Levelized cost of heat / Нормативная стоимость тепла
<b>GSHP</b>	<b>ТННН</b>	Ground source heat pump / Тепловой насос наземного источника	<b>LDV</b>	<b>ЛА</b>	Light duty vehicle / Легковой автомобиль
<b>HANPP</b>	<b>ПЧЧПП</b>	Human appropriation of terrestrial NPP / Присвоение человеком чистой первичной продукции наземных экосистем	<b>LED</b>	<b>СВД</b>	Light-emitting diode / Светодиод
<b>HCE</b>	<b>ЭСТ</b>	Heat collection element / Элемент сбора тепла	<b>LHV</b>	<b>МТС</b>	Lower heating value / Меньшая теплотворная способность
<b>HDI</b>	<b>ИРЧП</b>	Human Development Index / Индекс развития человеческого потенциала	<b>LNG</b>	<b>СПГ</b>	Liquefied natural gas / Сжиженный природный газ
<b>HDR</b>	<b>ГСК</b>	Hot dry rock / Горячая сухая каменная порода	<b>LPG</b>	<b>СПГ</b>	Liquefied petroleum gas / Сжиженный попутный газ
<b>HDV</b>	<b>БГА</b>	Heavy duty vehicle / Большегрузный автомобиль	<b>LR</b>	<b>ПО</b>	Learning rate / Показатель обучения
<b>HFCV</b>	<b>ЭМВТ</b>	Hydrogen fuel cell electric vehicle / Электромобиль на водородном топливе	<b>LUC</b>	<b>ИЗП</b>	Land use change / Изменения в землепользовании
<b>HFR</b>	<b>НТП</b>	Hot fractured rock / Нагретая трещинная порода	<b>M&amp;A</b>	<b>СИП</b>	Mergers and acquisitions / Слияния и приобретения
<b>HHV</b>	<b>БТЦ</b>	Higher heating value / Большая тепловая ценность	<b>MDG</b>	<b>ЦРТ</b>	Millennium Development Goals / Цели в области развития, сформулированные в Декларации тысячелетия
<b>HPP</b>	<b>ГЭС</b>	Hydropower plant / Гидроэлектростанция	<b>MEH</b>	<b>МКУ</b>	Multiple-effect humidification / Многократное увлажнение
<b>HRV</b>	<b>РТВ</b>	Heat recovery ventilator / Рекуперированный тепло вентилятор	<b>MHS</b>	<b>МЭС</b>	Micro-hydropower systems / Микрогидроэнергетические системы
<b>HEV</b>	<b>ГЭМ</b>	Hybrid electric vehicle / Гибридный электромобиль	<b>MITI</b>	<b>МВТП</b>	Ministry of International Trade and Industry (Japan) / Министерство внешней торговли и промышленности (Япония)
<b>HVAC</b>	<b>ОВКВ</b>	Heating, ventilation and air-conditioning / Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха	<b>MSW</b>	<b>МТО</b>	Municipal solid waste / Муниципальные твердые отходы
<b>HVDC</b>	<b>ПТВН</b>	High voltage direct current / Постоянный ток высокого напряжения	<b>NASA</b>	<b>НАСА</b>	National Aeronautics and Space Administration (USA) / Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (США)
<b>HWR</b>	<b>НВП</b>	Hot wet rock / Нагретая влажная порода	<b>NDRC</b>	<b>НКРП</b>	National Development and Reform Commission (China) / Национальная комиссия по развитию и реформам (Китай)
<b>IA</b>	<b>ОВ</b>	Impact assessment / Оценка воздействия	<b>NFFO</b>	<b>ОНИТ</b>	Non Fossil Fuel Obligation / Обязательство по неиспользованию ископаемого топлива
<b>IAP</b>	<b>ЗВП</b>	Indoor air pollution / Загрязнение воздуха в помещении	<b>NG</b>	<b>ПГ</b>	Natural gas / Природный газ
<b>IBC</b>	<b>ТКЧП</b>	interdigitated back-contact / Тыльный контакт из чередующихся полос	<b>NGO</b>	<b>НПО</b>	Nongovernmental organization / Неправительственная организация
<b>ICE</b>	<b>ДВС</b>	Internal combustion engine / Двигатель внутреннего сгорания	<b>Nm3</b>	<b>Нм3</b>	Normal cubic metre (of gas) at standard temperature and pressure / Нормальный кубический метр (газа) при стандартной температуре и давлении
<b>ICEV</b>	<b>АДВС</b>	Internal combustion engine vehicle / Автомобиль с двигателем внутреннего сгорания	<b>NM VOC</b>	<b>НМЛОС</b>	Non-methane volatile organic compounds / Неметановые летучие органические соединения
<b>ICLEI</b>	<b>НПЗУ</b>	Local Governments for Sustainability / Местные правительства за устойчивость	<b>NPP</b>	<b>ЧПП</b>	Net primary production / Чистая первичная продукция
<b>ICOLD</b>	<b>МККД</b>	International Commission on Large Dams / Международная комиссия по крупным дамбам	<b>NPV</b>	<b>ЧТС</b>	Net present value / Чистая текущая стоимость
<b>ICS</b>	<b>ССХ</b>	Improved cookstove or Integral collector storage (Ch 3) / Усовершенствованная кухонная плита или система сбора-хранения (глава 3)	<b>NRC</b>	<b>ННИС</b>	National Research Council (USA) / Национальный научно-исследовательский совет (США)
<b>ICTSD</b>	<b>МЦТУР</b>	International Centre for Trade and Sustainable Development / Международный центр по торговле и устойчивому развитию	<b>NREL</b>	<b>НЛВИЭ</b>	National Renewable Energy Laboratory (USA) / Национальная лаборатория возобновляемых источников энергии (США)
<b>IEA</b>	<b>МЭА</b>	International Energy Agency / Международное энергетическое агентство	<b>NSDS</b>	<b>НСУР</b>	National Sustainable Development Strategies / Национальные стратегии устойчивого развития
<b>IEC</b>	<b>МЭК</b>	International Electrotechnical Commission / Международная электротехническая комиссия	<b>O&amp;M</b>	<b>ЭТО</b>	Operation and maintenance / Эксплуатация и техническое обслуживание
<b>IEEE</b>	<b>ИИЭЭ</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers / Институт инженеров по электротехнике и электронике	<b>OB</b>	<b>КТ</b>	Oscillating-body / Колеблющееся тело
<b>IHA</b>	<b>МАГ</b>	International Hydropower Association / Международная ассоциация гидроэлектроэнергетики	<b>OC</b>	<b>ОУ</b>	Organic carbon / Органический углерод
<b>ILUC</b>	<b>КИЗП</b>	Indirect land use change / Косвенные изменения в землепользовании	<b>OECD</b>	<b>ОЭСР</b>	Organisation for Economic Co-operation and Development / Организация экономического сотрудничества и развития
<b>IGCC</b>	<b>КЦКГ</b>	Integrated gasification combined cycle / Комбинированный цикл комплексной газификации	<b>OM</b>	<b>ОВ</b>	Organic matter / Органическое вещество
<b>IPCC</b>	<b>МГЭИК</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change / Межправительственная группа экспертов по изменению климата	<b>OPV</b>	<b>ОФЭ</b>	Organic photovoltaic / Органический фотоэлемент
<b>IPR</b>	<b>ПИС</b>	Intellectual property rights / Права интеллектуальной собственности	<b>ORC</b>	<b>ОЦР</b>	Organic Rankine Cycle / Органический цикл Ренкина
<b>IQR</b>	<b>ИКШ</b>	Inter-quartile range / Интерквартильная широта	<b>OTEC</b>	<b>ПТЭО</b>	Ocean thermal energy conversion / Преобразование термальной энергии океана
			<b>OWC</b>	<b>КВС</b>	Oscillating water column / Колеблющийся водный столб



PACE	СЧЭС	Property Assessed Clean Energy / Стимулирование использования чистой энергии посредством льгот на оценочную стоимость собственности	SI	ИС	Suitability index / Индекс соответствия
PBR	ФБР	Photobioreactor / Фотобиореактор	SME	МСП	Small and medium sized enterprises / Малые и средние предприятия
PCM	ВИФ	Phase-change material / Вещество с изменяющейся фазой	SNG	СГ	Synthesis gas / Синтез-газ
PDI	ИЭП	Power density index / Индекс энергоплотности	SNV	ГОР	Netherlands Development Organization / Голландская организация по содействию развитию
PEC	ФЭХ	Photoelectrochemical / Фотоэлектрохимический	SPF	СКПД	Seasonal performance factor / Сезонный коэффициент полезного действия
PHEV	ГЭНП	Plug-in hybrid electric vehicle / Гибридный электромобиль с подзарядкой	SPM	РП	Summary for Policymakers / Резюме для политиков
PM	ТЧ	Particulate matter / Твердые частицы	SPP	МПЭ	Small power producer / Малый производитель энергии
POME	ЖОПМ	Palm oil mill effluent / Жидкие отходы, получаемые при производстве пальмового масла	SPS	СФС	Sanitary and phytosanitary / Санитария и фитосанитария
PPA	СПЭ	Purchase power agreement / Соглашение о покупке электроэнергии	SR	КЦ	Short rotation / Короткий цикл
PRO	ООД	Pressure-retarded osmosis / Остаточное осмотическое давление	SRES	СДСВ	Special Report on Emission Scenarios (of the IPCC) / Специальный доклад о сценариях выбросов (МГЭИК)
PROALCOOL	ПРОАЛКООЛ	Brazilian Alcohol Program / Бразильская программа по производству этанола	SRREN	СДВИЭ	Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (of the IPCC) / Специальный доклад о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата (МГЭИК)
PSA	ВОБ	Probabilistic safety assessment / Вероятностная оценка безопасности	SSCF	ООКФ	Simultaneous saccharification and co-fermentation / Одновременное осахаривание и коферментация
PSI	ИПШ	Paul Scherrer Institute / Институт Поля Шеррера	SSF	ООФ	Simultaneous saccharification and fermentation / Одновременное осахаривание и ферментация
PSP	ГАЭ	Pumped storage plants / Гидроаккумулирующие электростанции	SSP	КСЭ	Space-based solar power / Космическая солнечная энергия
PTC	НК	Production tax credit / Налоговый кредит на эксплуатацию недр	STP	СТД	Standard temperature and pressure / Стандартная температура и давление
PV	ФЭ	Photovoltaic / Фотоэлектрический	SWH	СВС	Solar water heating / Солнечная водонагревательная система
PV/T	ФЭ/Т	Photovoltaic/thermal / Фотоэлектрический/термальный	TBM	БКП	Tunnel-boring machines / Буровые проходческие комбайны
PWR	РВД	Pressurized water reactor / Реактор с водой под давлением	TERM	ЭДКТ	Tonga Energy Roadmap / Энергетическая дорожная карта Тонга
R&D	НИОКР	Research and development / Научные исследования и опытно-конструкторские разработки	TGC	ПГС	Tradable green certificate / Переуступаемый зеленый сертификат
RBMK	РБМК	Reaktor bolshoy moshchnosty kanalny / Реактор большой мощности канальный	TPA	ДТС	Third-party access / Доступ третьей стороны
RCM	МРК	Regional climate model / Модель регионального климата	TPES	ОППЭ	Total primary energy supply / Общее предложение первичной энергии
RD&D	ИРД	Research, development and demonstration / Исследования, разработка и демонстрация	TPWind	ЕТПВЭ	European Wind Energy Technology Platform / Европейская технологическая платформа ветровой энергии
R/P	Р/П	Reserves to current production (ratio) / Соотношение между резервами и текущим производством	TS	ТР/РС	Technical Summary or thermosyphon / Техническое резюме или термосифон
RD	ВД	Renewable diesel / Возобновляемый дизель	USA	США	United States of America / Соединенные Штаты Америки
RE	ВИЭ	Renewable energy / Возобновляемые источники энергии	UN	ООН	United Nations / Организация Объединенных Наций
RE-C	О-ВИЭ	Renewable energy cooling / Охлаждение с использованием возобновляемых источников энергии	UNCED	ЮНСЕД	United Nations Conference on Environment and Development / Конференция Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию
RE-H	Т-ВИЭ	Renewable energy heating / Производство тепла с использованием возобновляемых источников энергии	UNCTAD	ЮНКТАД	United Nations Conference on Trade and Development / Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию
RE-H/C	Т/О-ВИЭ	Renewable energy heating/cooling / Производство тепла/охлаждение с использованием возобновляемых источников энергии	UNDP	ПРООН	United Nations Development Programme / Программа развития Организации Объединенных Наций
REC	СВЭ	Renewable energy certificate / Сертификат возобновляемой энергии	UNEP	ЮНЕП	United Nations Environment Programme / Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде
RED	ОЭД	Reversed electro dialysis / Обратный электродиализ	UNFCCC	РКИКООН	United Nations Framework Convention on Climate Change / Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата
REN21	РЕН-21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century / Сеть по разработке политики в области использования возобновляемых источников энергии в XXI веке	USD	долл. США	US dollar / доллар США
RES	СВЭ	Renewable electricity standard / Стандарт возобновляемой электроэнергии	USDOE	МЭ США	US Department of Energy / Министерство энергетики США
RM&U	МОиС	Renovation, modernization and upgrading / Обновление, модернизация и совершенствование	V	В	Volt / Вольт
RMS	СКЗ	Root mean square / Среднее квадратическое значение	VKT	КПТС	Vehicle kilometres travelled / Километровый пробег транспортного средства
RNA	СОР	Rotor nacelle assembly / Сборка обтекателя ротора	VRB	ВРА	Vanadium redox battery / Ванадиевый редокс-аккумулятор
RO	УВЭ	Renewables obligation / Обязательное использование возобновляемых источников энергии	W	Вт	Watt / Ватт
RoR	ТР	Run of river / Течение реки	W <sub>e</sub>	Вт <sub>э</sub>	Watt of electricity / Ватт электроэнергии
RPS	СКВИЭ	Renewable portfolio standard / Стандарт на использование комплекса возобновляемых источников энергии	W <sub>p</sub>	Вт <sub>п</sub>	Watt peak of PV installation / Пиковые ватты фотоэлектрической установки
RSB	КСУБ	Roundtable for Sustainable Biofuels / Круглый стол по устойчивым видам биотоплива	WBG	ГВБ	World Bank Group / Группа Всемирного банка
SCADA	НКИПД	Supervisory control and data acquisition / Надзорный контроль и приобретение данные	WCD	ВКД	World Commission on Dams / Всемирная комиссия по дамбам
SCC	КРН	Stress corrosion cracking / Коррозионное растрескивание под напряжением	WCED	ВКОСР	World Commission on Environment and Development / Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию
SD	УР	Sustainable development / Устойчивое развитие	WEA	ОВЭ	World Energy Assessment / Оценка всемирной энергии
SEGS	СЭС	Solar Electric Generating Station (California) / Солнечная электростанция (Калифорния)	WEO	ПОВЭ	World Energy Outlook / Перспективная оценка всемирной энергии
SHC	СТО	Solar heating and cooling / Солнечное теплоснабжение и охлаждение	WindPACT	ПВЭПКТ	Wind Partnership for Advanced Component Technologies / Партнерство по ветроэнергетике для передовых компонентных технологий
SHP	МГС	Small-scale hydropower plant / Малая гидроэлектростанция	WTO	ВТО	World Trade Organization / Всемирная торговая организация
			WTW	СДА	Well to wheel / Справа от скважины (подход от скважины до автомобиля)

## Химические символы

a-Si	Аморфный кремний	H <sub>2</sub> S	Сероводород
C	Углерод	HFC	Гидрофторуглероды
CdS	Сульфид кадмия	K	Калий
CdTe	Теллурид кадмия	Mg	Магний
CH <sub>4</sub>	Метан	N	Азот
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	Этанол	N <sub>2</sub>	Газообразный азот
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	Диметилэфир (ДМЭ)	N <sub>2</sub> O	Закись азота
CH <sub>3</sub> OH	Метанол	Na	Натрий
CIGS(S)	Диселенид (дисульфид) галлия-индия-меди	NaS	Серно-натриевый аммиак
Cl	Хлор	NH <sub>3</sub>	Аммиак
CO	Моноксид углерода	Ni	Никель
CO <sub>2</sub>	Диоксид углерода	NiCd	Никель-кадмиевый
CO <sub>2</sub> eq	Эквивалент диоксида углерода	NOX	Окислы азота
c-Si	Кристаллический кремний	O <sub>3</sub>	Озон
Cu	Медь	P	Фосфор
CuInSe <sub>2</sub>	Диселенид индия-меди	PFC	Перфторуглерод
DME	Диметилэфир	SF <sub>6</sub>	Гексафторид серы
Fe	Железо	Si	Кремний
GaAs	Арсенид галлия	SiC	Карбид кремния
H <sub>2</sub>	Водород	SO <sub>2</sub>	Диоксид серы
H <sub>2</sub> O	Вода	ZnO	Окись цинка

## Префиксы (Международные стандартные единицы)

Символ	Множитель	Префикс	Символ	Множитель	Префикс
З	10 <sup>21</sup>	зетта	д	10 <sup>-1</sup>	деци
Э	10 <sup>18</sup>	экса	ц	10 <sup>-2</sup>	сенти
П	10 <sup>15</sup>	пета	м	10 <sup>-3</sup>	милли
Т	10 <sup>12</sup>	тера	мк	10 <sup>-6</sup>	микро
Г	10 <sup>9</sup>	гига	н	10 <sup>-9</sup>	нано
М	10 <sup>6</sup>	мега	п	10 <sup>-12</sup>	пико
к	10 <sup>3</sup>	кило	ф	10 <sup>-15</sup>	фемто
г	10 <sup>2</sup>	гекто	а	10 <sup>-18</sup>	атто
да	10	дека			





## Методология

### **Ведущие авторы:**

Уильям Мумо (США), Питер Бюргер (Швейцария), Гарвин Хит (США), Манфред Лензен (Австралия, Германия), Джон Нибоэр (Канада), Авиель Вербругген (Бельгия)

### **Цитируя данное приложение, источник следует указывать следующим образом:**

У. Мумо, П. Бюргер, Г.Хит, М.Лензен, Дж. Нибоэр, А. Вербрюгген, 2011 год: Приложение II: Методология. Специальный доклад МГЭИК о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата [О. Эденхофер, Р. Пичс-Мадруга, Ю. Сокона, К. Сейбот, П. Матшосс, С. Каднер, Т. Цвикель, П. Эйкемейер, Г. Хансен, С. Шлёмер, К. фон Штехов (редакторы)], Кембридж юниверсити пресс, Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>A.II.1</b>	<b>Введение</b> .....	<b>185</b>
<b>A.II.2</b>	<b>Метрика для анализа в рамках настоящего доклада</b> .....	<b>185</b>
<b>A.II.3</b>	<b>Финансовая оценка технологий в течение срока жизни проекта</b> .....	<b>185</b>
A.II.3.1	Постоянные (реальные) величины.....	185
A.II.3.2	Дисконтирование и чистая приведенная стоимость.....	185
A.II.3.3	Нормированная стоимость.....	186
A.II.3.4	Фактор аннуитета и фактор возврата капитала.....	186
<b>A.II.4</b>	<b>Учет первичной энергии</b> .....	<b>186</b>
<b>A.II.5</b>	<b>Оценки жизненного цикла и анализ риска</b> .....	<b>189</b>
A.II.5.1	Срок окупаемости энергии и энергетический коэффициент.....	189
A.II.5.2	Обзор оценок жизненного цикла технологий производства электроэнергии.....	190
A.II.5.2.1	Методология обзора.....	190
A.II.5.2.2	Список литературы.....	191
A.II.5.3	Обзор оперативного водопользования технологий выработки электроэнергии.....	201
A.II.5.3.1	Методология обзора.....	201
A.II.5.3.2	Список литературы.....	202
A.II.5.4	Анализ риска.....	203
<b>A.II.6</b>	<b>Региональные определения и группы стран</b> .....	<b>204</b>
<b>A.II.7</b>	<b>Общие коэффициенты перехода для энергии</b> .....	<b>207</b>

## А.И.1 Введение

Сторонам необходимо согласовать совместно используемые данные, стандарты, подтверждающие теории и методологии. В настоящем приложении в обобщенном виде представлены согласованные принятые допущения и методологии. К ним относятся введение метрики, определение базового года, определения методологий и обеспечение согласованности протоколов, которые позволяют проводить правомерное сравнение альтернативных видов энергии в контексте явлений изменения климата. В данном разделе содержатся формулировки или описания основных определений и концепций, используемых в настоящем докладе, при этом признается, что в литературе зачастую используют несогласованные определения и предположения.

В настоящем докладе там, где уместно, сообщается о неопределенности, например, путем демонстрации результатов анализа чувствительности и количественного представления диапазонов стоимостных величин, а также диапазонов результатов сценариев. В настоящем докладе не применяется официальная терминология МГЭИК по неопределенности, поскольку в то время, когда утверждался настоящий доклад, руководство МГЭИК по анализу неопределенности находилось в процессе пересмотра.

## А.И.2 Метрика для анализа в рамках настоящего доклада

Некоторые показатели, относящиеся к метрике, можно просто приводить без расшифровки или для них достаточно легко можно найти определение. В приложении II используется набор принятых исходных показателей. Те же, которые требуют дополнительных пояснений, приводятся ниже. Используемые в докладе единицы измерения и основные параметры, относящиеся к анализу конкретного вида ВИЭ, включают в себя следующие:

- Международная система единиц (СИ) для стандартов и единиц измерения
- Метрические тонны (т) CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> экв
- Величины первичной энергии в эксаджоулях (ЭДж)
- Коэффициенты МЭИ для пересчета энергии из физических единиц в единицы энергии
- Потенциал: ГВт тепловой энергии (ГВт<sub>т</sub>) и ГВт электрической энергии (ГВт<sub>э</sub>)
- Коэффициент использования потенциала
- Технический и экономический ресурс
- Прозрачный учет энергии (например, преобразование ядерной энергии или гидроэнергии в электроэнергию)
- Инвестиционные затраты в долл.США/кВт (пиковая мощность)
- Стоимость энергии в долл.США<sub>2005</sub>/кВтч или долл.США<sub>2005</sub>/ЭДж
- Стоимость валют в долл.США<sub>2005</sub> (по рыночному обменному курсу, где это возможно, паритет покупательной способности не используется)
- Применяемая ставка дисконтирования = 3,7 и 10%
- Предположения о цене ископаемого топлива в Перспективной оценке всемирной энергии (ПОВЭ) 2008 г.
- Базовый год = 2005 г. для всех составляющих (население, мощность, производство, затраты). Следует отметить, что более поздние данные могут быть также включены в рассмотрение (например, потребление энергии в 2009 г.)
- Целевые годы: 2020, 2030 и 2050 г.

## А.И.3 Финансовая оценка технологий в течение срока жизни проекта

Приведенные выше показатели обеспечивают основу, на которой можно сравнивать один вид возобновляемого ресурса (или проекта) с другим. Для того, чтобы проекты или ресурсы были сопоставимы, по крайней мере, с точки зрения стоимости, цены которые могут иметь место в различные моменты времени (например, в различные годы) передаются одной величиной, привязанной к конкретному году (2005 г.). В учебниках по оценке инвестиций можно найти общие сведения о концепциях постоянных величин, дисконтировании, вычислении чистой приведенной стоимости и нормированной стоимости, например, (Jelen and Black, 1983).

### А.И.3.1 Постоянные (реальные) величины

Анализ затрат проводится в постоянных или реальных<sup>1</sup> долларах (то есть исключается влияние инфляции), опираясь на конкретный год, базовый 2005-ый год, в долларах США. В конкретных исследованиях, на основе результатов которых готовился настоящий доклад, могут быть использованы рыночные обменные курсы, как вариант по умолчанию, или паритеты покупательной способности, однако при их включении в анализ, они будут четко определены и, по возможности, пересчитаны в долл. США<sub>2005</sub>.

Если различные денежные величины в анализе представлены в реальных долларах, то для обеспечения согласованности необходимо, чтобы ставка дисконтирования также была реальной (без инфляционных составляющих). Такая согласованность часто не обеспечивается; в исследованиях говорится о «наблюдаемой рыночной процентной ставке» или «наблюдаемых ставках дисконтирования», которые учитывают инфляцию или инфляционные ожидания. Реальные/постоянные процентные ставки как таковые не существуют, их получают из тождества по факту:

$$(1 + m) = (1 + i) * (1 + f) \quad (1)$$

где

$m$  = номинальная процентная ставка (%)

$i$  = реальная или постоянная процентная ставка (%)

$f$  = темп инфляции (%)

Базовый год для дисконтирования и базовый год для привязки к постоянным ценам могут быть разными в исследованиях, которые были использованы для написания различных глав; где это возможно, предпринимались попытки гармонизировать данные с тем, чтобы увязать их со ставками дисконтирования, использованными в докладе.

### А.И.3.2 Дисконтирование и чистая приведенная стоимость

Представители частных лиц приписывают меньшее значение тому, что будет происходить в будущем по сравнению с происходящим в настоящее время, в силу «межвременного предпочтения в потреблении» или по причине «отдачи от инвестиций». Дисконтирование уменьшает будущие денежные потоки

<sup>1</sup> Термин экономистов «реальный» может вводить в заблуждение, поскольку то, что они называют реальным, не соответствует наблюдаемым денежным потокам («номинальным», включает инфляцию); слово «реальный» отражает фактическую покупательную способность потоков в постоянных долларах.

на величину меньше единицы. Если применить это правило к ряду чистых денежных потоков в реальных долл. США, то можно определить чистую текущую стоимость (ЧТС) проекта и, таким образом, сравнить его с другими проектами:

$$ЧТС = \sum_{j=0}^n \frac{\text{чистые денежные потоки } (j)}{(1+i)^j} \quad (2)$$

где

$n$  = время жизни проекта  
 $i$  = ставка дисконтирования

Аналитики, подготовившие настоящий доклад, использовали три величины ставки дисконтирования ( $i = 3, 7$  и  $10\%$ ) для стоимостных оценок. Ставки дисконтирования могут соответствовать типичным используемым ставкам, причем более высокие ставки учитывают также и рисковую премию. Ставка дисконтирования является предметом многих дискуссий, и невозможно предложить какой-нибудь один ясный параметр или нормативную величину в качестве правильной рискованной премии. Этот вопрос здесь не рассматривается; в данном случае преследуется цель показать приемлемые инструменты для сравнения проектов, видов возобновляемой энергии и новых с уже существующими компонентами энергетической системы.

### А.И.3.3 Нормированная стоимость

Нормированные стоимости используются для оценки инвестиций в электроэнергетику в тех случаях, когда выработку электроэнергии можно оценить количественно (МВтч выработанной электроэнергии в течение срока жизни инвестиции). Нормированная стоимость представляет собой однозначно определяемую затратную цену, обеспечивающую безубыточность, при которой дисконтированные доходы (цена  $\times$  количество)<sup>2</sup> равны дисконтированным чистым затратам:

$$C_{Lev} = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{\text{Затраты } j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{\text{Количество } j}{(1+i)^j}} \quad (3)$$

где

$C_{Lev}$  = нормированная стоимость  
 $n$  = срок жизни проекта  
 $i$  = ставка дисконтирования

### А.И.3.4 Фактор аннуитета и фактор возврата капитала

Очень распространенной является практика пересчета определенной суммы денег в момент 0 в количество  $n$  постоянных ежегодных выплат на протяжении предстоящих  $n$  лет в будущем:

Пусть  $A$  = ежегодная постоянная величина выплат на протяжении  $n$  лет.

Пусть  $B$  = величина денежных средств, которые необходимо выплатить по проекту в год 0.

Величину  $A$  получают из  $B$ , используя несколько видоизмененное уравнение 2: кредитор хочет вернуть  $B$  по ставке дисконтирования  $i$ . Тогда ЧТС в течение  $n$ , умноженная на денежные поступления  $A$  в будущем, должна быть равна  $B$ :

$$\sum_{j=1}^n \frac{A}{(1+i)^j} = B, \text{ или: } A \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+i)^j} = B \quad (4)$$

Мы можем вынести  $A$  перед знаком суммы, поскольку эта величина является постоянной (не зависит от  $j$ ).

Сумма коэффициентов дисконтирования (конечный геометрический ряд) вычитается как определенное число. При расчете этой величины  $A$  находят путем деления  $B$  на эту величину. Она известна как *коэффициент возвращения капитала (КВК)*, но может также называться фактором аннуитета ' $\delta$ '. Аналогично ЧТС фактор аннуитета  $\delta$  зависит от двух параметров  $i$  и  $n$ :

$$\delta = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

КВК (или ' $\delta$ ') может использоваться для быстрого расчета нормированной стоимости для очень простых проектов, в которых инвестиционные издержки в течение одного конкретного года являются только расходами, а производство остается постоянным на протяжении срока жизни проекта ( $n$ ):

$$C_{Lev} \times Q = B \times \delta, \text{ или: } C_{Lev} = (B \times \delta) / Q \quad (5)$$

или если можно предположить, что затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание (ЭТО) не меняются от года к году:

$$C_{Lev} = \frac{B \times \delta + ЭТО}{Q} \quad (6)$$

где

$C_{Lev}$  = нормированная стоимость  
 $B$  = инвестиционные издержки  
 $Q$  = производство  
 $ЭТО$  = годовые затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание  
 $n$  = срок жизни проекта  
 $i$  = ставка дисконтирования

## А.И.4 Учет первичной энергии

В данном разделе представлен метод учета первичной энергии, который используется на протяжении всего доклада. В различных анализах по энергетике используются различные методы учета, что приводит к различным количественным результатам в отчетности как в отношении оценок текущего уровня потребления первичной энергии, так и потребления энергии по сценариям, рассматривающим будущие энергетические переходы. Существуют различные определения, методологии и показатели. При использовании систем учета энергии в литературе часто не указывают, какая именно система в данном случае используется (Lightfoot, 2007; Martinot et al., 2007). В общем виде различия в учете первичной энергии согласно различным статистическим источникам описаны в обзоре (Macknick, 2009), а последствия применения различных систем учета для анализа на основе долгосрочных сценариев освещаются в Nakicenovic et al., (1998).

Существуют, главным образом, три альтернативных метода, используемых для представления в отчетности данных о первичной энергии. Если учет сжигаемых источников энергии, включая все ископаемые виды энергии и

<sup>2</sup> Эту величину также называют нормированной ценой. Следует отметить, что в этом случае МВтч будут дисконтированными.

биомассу, является однозначным и одинаковым в различных методологиях, то в отношении того, каким образом рассчитывать первичную энергию, полученную от источников энергии, не требующих сжигания, то есть ядерную энергию и все возобновляемые источники энергии кроме биомассы, применяются различные принятые допущения.

К упомянутым выше методам относятся:

- *метод содержания физической энергии*, принятый, например, Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Международным энергетическим агентством (МЭА) и Евростатом (ОЭСР/МЭА/Евростат 2005),
- *метод замещения*, который применяется в несколько измененном варианте компанией Бритиш Петролеум (2009) и Энергетической информационной администрацией США (онлайн глоссарий ЭИА), публикующими в отдельности статистику по энергетике в мире, и
- *метод прямого эквивалента*, который используется Статистическим отделом ООН (2010) и в многочисленных докладах МГЭИК, посвященных долгосрочным сценариям энергетических ресурсов и выбросов (Nakicenovic and Swart, 2000; Morita et al., 2001; Fisher et al., 2007).

Для источников энергии, не требующих сжигания, *метод содержания физической энергии* основан на том принципе, что форма первичной энергии должна быть первой формой энергии, используемой на последующих этапах производственного процесса, для которой возможны различные применения в энергетике (ОЭСР/МЭА/Евростат 2005). Таким образом, выбор сводится к следующим формам *первичной энергии*:

- тепло в случае ядерной, геотермальной и солнечной тепловой энергии, и
- электричество в случае гидроэнергии, ветровой энергии/энергии приливов/волн/океанов и солнечной энергии, преобразованной в фотоэлектрических элементах (ФЭ).

При использовании этого метода эквивалент первичной энергии для гидроэнергетики и солнечной энергетики с использованием ФЭ, например, предполагает 100% эффективность преобразования в «первичную электроэнергию», таким образом, валовая входная энергия для источника равного 3,6 МДж первичной энергии = 1кВтч электрической энергии. Ядерная энергия вычисляется из валовой выработки электроэнергии в предположении 33% эффективности теплового преобразования<sup>3</sup>, то есть 1 кВтч =  $(3,6 \div 0,33) = 10,9$  МДж. Для геотермальной энергии, в отсутствии информации для конкретной страны, эквивалент первичной энергии рассчитывается исходя из 10% эффективности преобразования для геотермальной электрической энергии (1 кВтч =  $(3,6 \div 0,1) = 36$  МДж) и 50% для геотермальной тепловой энергии.

*Метод замещения* используется для представления данных о первичной энергии от источников энергии, не требующих сжигания, как если бы они были замещены энергией, полученной в процессе сжигания. Следует, однако, отметить, что в различных вариантах метода замещения используют несколько различные коэффициенты преобразования. Например, в Бритиш Петролеум (BP) для электроэнергии, вырабатываемой атомной и гидроэнергетикой, используют эффективность преобразования 38%, в то время как Всемирный энергетический совет использует величину 38,6% для ядерных и возобновляемых источников энергии, не требующих сжигания (ВЭС, 1993), а МЭА пользуется совсем другими величинами. Наиболее полный обзор по этому вопросу был подготовлен Masknick (2009). Для полезного тепла, полученного от источников энергии, не требующих сжигания, используют другие величины эффективности преобразования.

По *методу прямого эквивалента* рассчитывают единицу вторичной энергии, получаемой от источников энергии, не требующих сжигания, как единицу первичной энергии, то есть 1 кВтч электроэнергии или тепла составляет 1 кВтч = 3,6 МДж первичной энергии. Именно этот метод, в основном, используют в литературе, описывающей долгосрочные сценарии, включая многочисленные отчеты МГЭИК (МГЭИК, 1995, Nakicenovic and Swart, 2000; Morita et al., 2001; Fisher et al., 2007), поскольку он рассматривает основополагающие переходы энергетических систем, которые в значительной степени зависят от использования низкоуглеродных источников энергии, не требующих сжигания.

В настоящем докладе использованы данные МЭА, однако, данные по предложению энергии представлены с использованием *метода прямого эквивалента*. Основная разница между этим методом и *методом содержания физической энергии* будет проявляться в количестве первичной энергии, указанной для производства электроэнергии на основе геотермального тепла, концентрирования солнечной тепловой энергии, температурных градиентов океана или ядерной энергии. В таблице А II.1 сравниваются количества глобальной первичной энергии по источникам и процентному содержанию при использовании *метода содержания физической энергии*, *метода прямого эквивалента* и варианта *метода замещения* для 2008 года на основе данных МЭА (МЭА 2010а). В текущих статистических данных по энергетике основные различия в абсолютных единицах проявляются тогда, когда сравнивают атомную и гидроэнергетику. Поскольку и та, и другая дали сопоставимое количество электроэнергии в глобальном масштабе в 2008 г., согласно обоим методам, *прямого эквивалента* и *замещения*, их доля в обеспечении общего конечного потребления оказывается сходной, вместе с тем, по *методу содержания физической энергии* ядерная энергия оказывается в три раза больше первичной энергии, заключенной в гидроэнергии.

Изложенные выше альтернативные методы делают упор на различных аспектах предложения первичной энергии. Поэтому в зависимости от области применения один метод может быть более подходящим, чем другой. Вместе с тем, ни один из них не является лучше других во всех отношениях. Кроме того, важно понимать, что общее предложение первичной энергии не характеризует энергетическую систему полностью, а всего лишь является одним из многих показателей. Энергетические балансы, которые публикует МЭА (2010а), включают в себя гораздо более широкий набор показателей, что позволяет проследить перемещение энергии от ресурса до конечного использования энергии. Например, привлечение помимо общего потребления первичной энергии других показателей, таких как общее конечное потребление энергии и производство вторичной энергии (например, электроэнергии, тепла) с использованием различных источников, помогает увязать процессы преобразования с окончательным использованием энергии. См. рисунок 1.16 и соответствующее резюме, где кратко изложено обсуждение данного подхода.

Для целей настоящего доклада был выбран *метод прямого эквивалента*, что обусловлено следующими причинами:

- В нем основное внимание уделяется вопросам вторичной энергии применительно к источникам энергии, не требующим сжигания, что является основной темой анализа в главах, посвященных технологиям (главы со 2 по 7).
- Ко всем источникам энергии, не требующим сжигания, применяется одинаковый подход, предусматривающий использование количества вторичной энергии, которую они производят. Это позволяет сравнивать все источники возобновляемой и ядерной энергии, не дающие выбросов CO<sub>2</sub>, на общем основании. Первичная энергия ископаемых видов топлива и биомассы совмещает вторичную энергию и потери тепловой энергии в ходе процесса преобразования. Когда ископаемые виды

<sup>3</sup> Поскольку количество тепла, произведенного в атомных реакторах, не всегда известно, то МЭА оценивает эквивалент первичной энергии из выработки электроэнергии, предполагая эффективность 33%, что является средним показателем для атомных электростанций в Европе (МЭА, 2010b)



Таблица А.И.1 | Сравнение мирового предложения первичной энергии в 2008 г. при использовании различных методов учета энергии (данные МЭА, 2010а).

	Метод содержания физической энергии		Метод прямого эквивалента		Метод замещения <sup>1</sup>	
	ЭДж	%	ЭДж	%	ЭДж	%
<b>Ископаемые виды топлива</b>	418,15	81,41	418,15	85,06	418,15	79,14
<b>Атомная энергия</b>	29,82	5,81	9,85	2,00	25,90	4,90
<b>Возобновляемые источники энергии:</b>	65,61	12,78	63,58	12,93	84,27	15,95
Биоэнергия <sup>2</sup>	50,33	9,80	50,33	10,24	50,33	9,53
Солнечная энергия	0,51	0,10	0,50	0,10	0,66	0,12
Геотермальная энергия	2,44	0,48	0,41	0,08	0,82	0,16
Гидроэнергия	11,55	2,25	11,55	2,35	30,40	5,75
Энергия океана	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Энергия ветра	0,79	0,15	0,79	0,16	2,07	0,39
<b>Другие</b>	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
<b>Всего</b>	<b>513,61</b>	<b>100,00</b>	<b>491,61</b>	<b>100,00</b>	<b>528,35</b>	<b>100,00</b>

Примечания:

- Для метода замещения использовали эффективность преобразования 38% для электроэнергии и 85% для тепла от источников, не требующих сжигания. В Бритиш Петролеум (BP) используют величину преобразования 38% для электроэнергии, выработанной из источников гидроэнергии и ядерной энергии. Данных о солнечной, ветровой и геотермальной энергетике Бритиш Петролеум (BP) в своей статистике не предоставляет; в настоящем докладе используется величина 38% для электроэнергии и 85% для тепла.
- Следует отметить, что в отчетах МЭА сообщается о видах биотоплива первого поколения в терминах вторичной энергии (первичная биомасса, использованная для производства биотоплива, будет больше вследствие потерь, связанных с преобразованием, см. разделы 2.3 и 2.4).

топлива или биотоплива заменяются ядерными системами или другими возобновляемыми технологиями, за исключением биомассы, то общая первичная энергия существенно уменьшается (Jacobson, 2009).

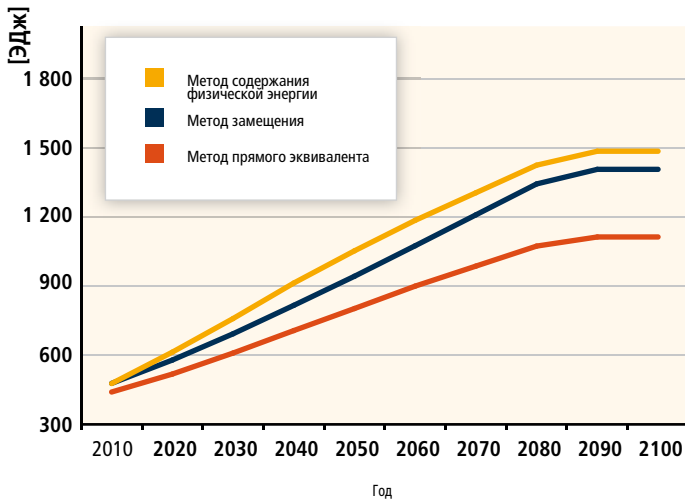
- В литературе, описывающей сценарии для энергоресурсов и выбросов CO<sub>2</sub> и рассматривающей основные переходы энергетической системы, для того, чтобы избежать вредного антропогенного воздействия на климатическую систему на протяжении длительного времени (от 50 до 100 лет) чаще всего используют метод прямого эквивалента (Nakicenovic and Swart, 2000; Fisher et al., 2007).

В таблице А.И.2 показаны различия в учете первичной энергии тремя методами для сценария, который предусматривает стабилизацию на уровне 550 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2 экв</sub> к 2100 г.

Несмотря на то, что различия при применении трех методов для учета нынешнего потребления энергии весьма незначительны, эти различия становятся гораздо заметнее при разработке долгосрочных энергетических сценариев с более низкими выбросами CO<sub>2</sub>, в которых технологии, исключая сжигание, играют более существенную относительную роль (таблица А.И.2). Расхождения в учете различными методами становятся более выраженными со временем (рисунок А.И.1). Наблюдаются значительные различия по отдельным источникам энергии, не требующим сжигания, для 2050 г., и более того, даже доля общего предложения возобновляемой первичной энергии в трех методах варьируется от 24 до 37% (таблица А.И.2). Самое большое расхождение (и относительная разница) по одному и тому же источнику наблюдается для геотермальной энергии, с разницей около 200 ЭДж при использовании метода прямого эквивалента и метода содержания

Таблица А.И.2 | Сравнение общего предложения первичной энергии в мире в 2050 г. при использовании различных методов учета первичной энергии на основе сценария стабилизации на уровне 550 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2 экв</sub> (Loulou et al., 2009)

	Метод содержания физической энергии		Метод прямого эквивалента		Метод замещения	
	ЭДж	%	ЭДж	%	ЭДж	%
<b>Ископаемые виды топлива</b>	581,6	55,2	581,56	72,47	581,6	61,7
<b>Атомная энергия</b>	81,1	7,7	26,76	3,34	70,4	7,8
<b>Возобновляемые источники энергии:</b>	390,1	37,1	194,15	24,19	290,4	30,8
Биоэнергия	120,0	11,4	120,0	15,0	120,0	12,7
Солнечная энергия	23,5	2,2	22,0	2,8	35,3	3,8
Геотермальная энергия	217,3	20,6	22,9	2,9	58,1	6,2
Гидроэнергия	23,8	2,3	23,8	3,0	62,6	6,6
Энергия океана	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Энергия ветра	5,5	0,5	5,5	0,7	14,3	1,5
<b>Всего</b>	<b>1 052,8</b>	<b>100</b>	<b>802,5</b>	<b>100</b>	<b>942,4</b>	<b>100</b>



**Рисунок А.II.1** | Сравнение общего предложения первичной энергии в мире в период с 2010 по 2100 гг. при использовании различных методов учета энергии, исходя из сценария стабилизации на уровне 550 млн<sup>-1</sup> CO<sub>2 экв</sub> (Loulou et al., 2009).

физической энергии, а также остается существенным расхождение между первичной гидроэнергией и атомной энергией. Представленные здесь сценарии являются достаточно репрезентативными и отнюдь не являются экстремальными. Выбранная цель для стабилизации на уровне 550 млн<sup>-1</sup> не является особенно жесткой, как и не является слишком высокой доля источников энергии, не требующих сжигания.

## А.II.5 Оценка жизненного цикла и анализ риска

В данном разделе описаны методы и исходная литература, а также допущения, принятые в анализах сроков окупаемости энергии и энергетических отношений (А.II.5.1), выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла (А.II.5.2), оперативного водопользования (А.II.5.3) и факторов опасности и рисков (А.II.5.4) для энергетических технологий, представленных в главе 9. Результаты анализа, проведенного для выбросов ПГ, связанных с жизненным циклом, рассматриваются также в разделах 2.5, 3.6, 4.5, 5.6, 6.5 и 7.6. Просьба иметь в виду, что основная литература для обзоров, представленных в А.II.5.2 и А.II.5.3, приводится в соответствующих разделах.

### А.II.5.1 Срок окупаемости энергии и энергетический коэффициент

Энергетический коэффициент ЭК (который также называют отношением окупаемости энергии или энергетической прибылью на энергетическое инвестирование, ЭПНЭИ; см. Gagnon, 2008) для системы энергоснабжения с номинальной мощностью  $P$  и коэффициентом нагрузки  $\lambda$

$$ER = \frac{E_{life}}{E} = \frac{P \times 8760 \text{ h y}^{-1} \times \lambda \times T}{E}$$

определяется как отношение выработки электроэнергии  $E_{life}$  установки за весь срок ее службы  $T$  и суммарных (валовых) затрат энергии  $E$  на строительство, эксплуатацию и вывод из эксплуатации. (Gagnon, 2008). При вычислении величины  $E$  условно принимают, что а) не будут учитывать энергию человеческого труда, энергию земли (ископаемые и минеральные ресурсы), энергию солнца и гидростатический потенциал, и б) не будут игнорировать будущие энергетические потребности наряду с существующими потребностями (Perry et al., 1977; Herendeen, 1988). Далее при вычислении общих затрат энергии  $E$  все составляющие должны иметь одинаковое качество

энергии (например, только электрическая или только тепловая энергия, см. «проблему определения стоимости» в Leach (1975), Huettner (1976), Herendeen (1988), и особенно Rotty et al. (1975, стр. 5-9 для случая атомной энергии)). При том, что  $E$  может включать как производные, так и первичные формы энергии (например, электроэнергия и тепловая энергия), эта величина обычно выражается через первичную энергию, а член, соответствующий электроэнергии, преобразуют в эквиваленты первичной энергии, используя в качестве коэффициента пересчета тепловой КПД  $R_{conv} \approx 0.3$  типовой субкритической электростанции, работающей на каменном угле. В настоящем докладе условно принимается следующее.  $E$  иногда представляют в единицах кВтч<sub>e</sub>/МДж<sub>prim</sub>, а иногда в единицах кВтч<sub>e</sub>/кВтч<sub>prim</sub>. Если в первом случае используют наиболее распространенные единицы для любой из форм энергии, то во втором случае читателю легче понять процентное содержание или отношение, связывающее затраченную энергию и выработанную энергию. Помимо всего прочего, некоторые утверждают (см. Voorspools et al., (2000, стр. 326)), что в отсутствие альтернативных технологий электроэнергию придется вырабатывать традиционными способами. Поэтому в настоящем докладе мы используем кВтч<sub>e</sub>/кВтч<sub>prim</sub>.

Применение показателей, характеризующих энергию жизненного цикла, к системе энергоснабжения позволяет определить срок окупаемости энергии. Это время  $t_{PB}$ , которое потребуется системе для снабжения количества энергии, равного его собственным затратам энергии  $E$ . Опять же, эту энергию лучше всего измерять через эквивалент первичной энергии  $\frac{E_{PB}}{R_{conv}}$

выработке электроэнергии  $E_{PB}$  системой на протяжении срока окупаемости. Voorspools et al. (2000, стр. 326) отмечает, что если система должна окупить затраченную первичную энергию таким же количеством электроэнергии, то срок окупаемости энергии будет более чем в три раза длиннее. В математическом выражении приведенное выше условие записывается как

$$E = \frac{E_{PB}}{R_{conv}} = \frac{P \times 8760 \text{ h y}^{-1} \times \lambda \times t_{PB}}{R_{conv}} \quad \text{и приводит к}$$

$$t_{PB} = \frac{E}{\frac{P \times 8760 \text{ h y}^{-1} \times \lambda}{R_{conv}}} = \frac{E}{\frac{E_{out annual}}{R_{conv}}}$$

(что, например, совпадает со стандартным определением VDI 4600, используемым в Германии). Здесь  $\frac{E_{out annual}}{R_{conv}}$  является годовой чистой

выработкой энергии, выраженной в эквивалентах первичной энергии. Можно показать, что энергетическое отношение ЭК (или ЭПНЭИ) и срок окупаемости энергии  $t_{PB}$  могут быть преобразованы друг в друга согласно

$$t_{PB} = \frac{ET}{\frac{E_{out annual}}{R_{conv}} T} = \frac{ET}{\frac{E_{life}}{R_{conv}} T} = \frac{R_{conv}}{ER} T.$$

Следует отметить, что срок окупаемости энергии не зависит от времени жизни  $T$  в силу

$$t_{PB} = \frac{ER_{conv}}{P \times 8760 \text{ h y}^{-1} \times \lambda}.$$

Срок окупаемости энергии был частично пересчитан из энергетических отношений, заимствованных из литературы (Lenzen, 1999, 2008; Lenzen and Munksgaard, 2002; Lenzen et al., 2006; Gagnon, 2008; Kubiszewski et al., 2010) на основе принятых средних значений срока службы, указанных в таблице 9.8 (глава 9). Следует отметить, что окупаемость энергии определяется в глоссарии (приложение I) и используется в некоторых главах, посвященных технологиям, в том же смысле, что и в этом разделе.

### А.И.5.2 Обзор оценок жизненного цикла технологий производства электроэнергии

Национальная лаборатория возобновляемой энергии (НЛВИЭ) провела всесторонний обзор опубликованных оценок жизненного цикла (ОЖЦ) технологий выработки электроэнергии. Из 2 165 отобранных ссылок 296 прошли описанную ниже проверку на качество и релевантность и были внесены в базу данных. В настоящем докладе эта база данных используется как основа для оценки выбросов парниковых газов (ПГ) на протяжении жизненного цикла технологий выработки электроэнергии. Опираясь на оценки, собранные в базе данных, были построены графики для рассчитанных выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла в каждой главе, посвященной технологиям (главы 2-7, а также в главах 1 и 9, в которых выбросы ПГ на протяжении жизненного цикла технологий ВИЭ сравниваются с выбросами от технологий на ископаемом топливе и ядерных технологий выработки электроэнергии. В следующих подразделах представлены методы, применяемые в настоящем обзоре (А.И.5.2.1), и приведены все ссылки, упомянутые в окончательных результатах, которые упорядочены по технологиям (А.И.5.2.2).

#### А.И.5.2.1 Методология обзора

В целом обзор проводился в соответствии с руководящими принципами для *систематических обзоров* в том виде, в каком их обычно проводят, например, в медицинских науках (Neely et al., 2010). Методы подготовки обзоров в медицинских науках несколько отличаются от тех, которые используются в физических науках тем, что в них особое внимание обращают на: многократное независимое рассмотрение каждого выбираемого источника с использованием заданных критериев отбора; формирование коллектива рецензентов, состоящего в данном случае из экспертов по ОЖЦ, экспертов по технологиям и экспертов по информационному поиску, которые регулярно встречаются для обеспечения согласованности в применении критериев отбора; и всесторонний поиск опубликованной литературы с тем, чтобы избежать необъективности, например, в плане представления различных видов публикаций (журнал, доклад и т.д.).

Очень важно отметить с самого начала, что в данном обзоре не вносили изменений (за исключением перевода единиц измерения) и не проводили проверки точности оценок выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла, опубликованных в исследованиях, которые удовлетворяли критериям отбора. Далее, не было стремления выявить или отобрать резко выделяющиеся значения, или выносить суждения в отношении обоснованности допущений по входным параметрам. Поскольку оценки используются для построения графиков в том виде, в каком они были опубликованы, то неизбежны существенные методологические несоответствия, что ограничивает сопоставимость оценок, как в рамках одной категории технологий производства энергии, так и между различными категориями технологий. Этот недостаток частично компенсируется полнотой информационного поиска, а также широтой и глубиной представленной литературы. Ранее почти не было попыток провести широкий обзор литературы по ОЖЦ технологий выработки электроэнергии. Существующая же литература делает основной упор на отдельные технологии и не является в той же степени исчерпывающей, каким является настоящий обзор (например, Lenzen and Munksgaard, 2002; Fthenakis and Kim, 2007; Lenzen, 2008; Sovacool, 2008b; Beerten et al., 2009; Kubiszewski et al., 2010).

Процедура проведения обзора включала в себя следующие шаги: подбор литературы, ее отбор и анализ.

#### Подбор литературы

Начиная с мая 2009 г., потенциально подходящую литературу выявляли при помощи различных механизмов, включая поиск в крупных библиографических базах данных (например, Web of Science, WorldCat), с использованием разнообразных алгоритмов поиска и комбинаций ключевых слов, путем просмотра перечня ссылок на соответствующую литературу и специального поиска на веб-сайтах известных научных ресурсов (например, проекта Европейского Союза ExternE и его преемников), а также изучения известных баз данных, содержащих литературу по ОЖЦ (например, библиотека в пакете программного обеспечения SimaPro по ОЖЦ). Всю собранную литературу сначала классифицировали по содержанию (ключевую информацию из каждой отобранной ссылки заносили в базу данных) и вводили в библиографическую базу данных.

Описанные методы сбора литературы относятся ко всем классам технологий выработки электроэнергии, рассмотренным в настоящем докладе, за исключением нефти и гидроэнергии. Данные ОЦЖ по гидроэнергии и нефти появились в базе данных НЛВИЭ позднее, и поэтому в их отношении процесс подбора литературы не был таким всесторонним.

#### Отбор литературы

Собранные ссылки независимо проходили три раунда проверки различными экспертами с целью отбора ссылок, которые отвечают критериям качества и релевантности. В ссылках зачастую были включены различные оценки выбросов ПГ, основанные на альтернативных сценариях. Там, где было уместно, критерии отбора применяли на уровне сценарных оценок, что приводило в некоторых случаях к тому, что только ограниченная часть сценариев, рассмотренных в конкретном источнике, проходила отбор.

Ссылками, прошедшими первую проверку на качество, были отрецензированные журнальные статьи, труды конференций с подробными научными данными, диссертации на получение научной степени доктора наук, и доклады (авторами которых являются правительственные учреждения, академические институты, неправительственные организации, международные институты или корпорации), опубликованные после 1980 г. на английском языке. Были предприняты усилия для получения английских версий публикаций, изданных на других языках, но лишь в нескольких случаях имелись переводы. Первый тур отбора позволял обеспечить, чтобы выбранные ссылки представляли собой ОЖЦ, преследующие цель проведения анализа двух или более фаз жизненного цикла (за исключением ФЭ и ветровой энергии, поскольку как показано в литературе, для них подавляющее большинство выбросов ПГ, связанных с жизненным циклом, происходит на этапе изготовления (Frankl et al., 2005; Jungbluth et al., 2005)).

Все источники, прошедшие первый тур отбора, затем непосредственно подвергались оценке на основе более строгих критериев качества и релевантности, обеспечивающих чтобы:

- Применялся общепринятый атрибутивный метод учета ПГ и ОЖЦ (ОЖЦ с учетом вытекающих последствий, не рассматривали, поскольку их результаты принципиально несопоставимы с результатами, основанными на атрибутивных методах ОЖЦ, см. раздел 9.3.4 с более подробным описанием атрибутивных ОЖЦ и ОЖЦ с учетом вытекающих последствий);
- Были представлены входные данные, характеристики сценариев/технологии, важные предположения и результаты с достаточной детализацией для того, чтобы результаты можно было проследить и им можно было доверять; и
- Была проанализирована технология, представляющая интерес в настоящее время или в будущем.

Для того, чтобы опубликованные результаты были включены в анализ, оценки должны были отвечать последнему набору критериев:

- Для обеспечения точности при переписывании рассматривали только оценки ПГ, написанные цифрами (не в графическом виде).
- Не рассматривали оценки, дублирующие ранее опубликованные работы.
- Результаты должны быть такими, чтобы их можно было легко перевести в функциональные единицы, выбранные для настоящего исследования: грамм CO<sub>2</sub> экв на кВтч электроэнергии.

Таблица А.И.3 показывает количество ссылок на каждом этапе процесса отбора по основным классам технологий выработки электроэнергии, рассмотренным в докладе.

### Анализ оценок

Оценки выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла из исследований, которые прошли оба тура отбора, были затем подвергнуты анализу и представлены в графическом виде. Сначала оценки относили к определенной категории технологии, исходя из основных классов, рассмотренных в настоящем докладе и приведенных в таблице А.И.3. На втором этапе оценки переводили в общие функциональные единицы из расчета грамм CO<sub>2</sub> экв на кВтч выработанной электроэнергии. Этот перевод осуществляли, не прибегая к внешним допущениям; если они были необходимы, то такую оценку не рассматривали. В-третьих, исключали общие оценки выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла, которые учитывали вклады от изменений в землепользовании (ИЗП) или в производстве тепловой энергии (в случаях когенерации). На этом этапе требовалось, чтобы в исследованиях, в которых рассматривались выбросы ПГ, связанные с ИЗП или производством тепла, эти вклады были представлены отдельно, так что оценки в докладе относятся только к выработке электроэнергии. Наконец, вычисляли данные о распределении, которые требуются для представления в виде графиков типа «ящик с усами»: минимальное значение, 25-ый процентиль, 50-ый

процентиль, 75-ый процентиль и максимальное значение. Технологии, для которых комплекты данных состояли менее чем из пяти оценок (например, геотермальные), на графике представляли в виде дискретных точек, а не как нанесенные друг на друга обобщенные данные о распределении.

Таблица А.И.4 содержит итоговые значения, на основе которых построен рисунок 9.8. Рисунки, представленные в главах, посвященных технологиям, основаны на тех же самых комплектах данных, правда с более подробной степенью распределения по технологическим подкатегориям (например, наземная и прибрежная ветровая энергетика).

### А.И.5.2.2 Список литературы

Ниже представлены все ссылки для обзора оценок выбросов парниковых газов на протяжении жизненного цикла в электроэнергетике, которые упомянуты в окончательных результатах настоящего доклада, упорядоченные по технологиям и в алфавитном порядке.

#### Энергетика на основе биомассы (52)

- Beals, D., and D. Hutchinson (1993).** Environmental Impacts of Alternative Electricity Generation Technologies: Final Report (Воздействия на окружающую среду альтернативных технологий выработки электроэнергии: Заключительный доклад). Beals and Associates, Guelph, Ontario, Canada, 151 pp.
- Beeharry, R.P. (2001).** Carbon balance of sugarcane bioenergy systems (Углеродный баланс биоэнергетических систем сахарного тростника). Biomass & Bioenergy, 20(5), pp. 361-370.
- Corti, A., and L. Lombardi (2004).** Biomass integrated gasification combined cycle with reduced CO<sub>2</sub> emissions: Performance analysis and life cycle assessment (LCA) (Комплексный комбинированный цикл газификации биомассы с пониженными выбросами CO<sub>2</sub>: анализ производительности и оценка жизненного цикла (ОЖЦ)). (Energy, 29(12-15), pp. 2109-2124.

**Таблица А.И.3 |** Подсчитанное число ОЖЦ технологий выработки электроэнергии («ссылок») на каждом этапе процесса подбора литературы и ее отбора, и количество сценариев («оценок») выбросов ПГ в течение жизненного цикла, рассмотренных в докладе.

Категория технологии	Рассмотренные ссылки	Ссылки, прошедшие первый тур отбора	Ссылки, прошедшие второй тур отбора	Ссылки, содержащие оценки выбросов ПГ жизненного цикла	Оценки выбросов ПГ жизненного цикла, прошедшие отбор
Биоэнергия	369	162	84	52	226
Уголь	273	192	110	52	181
Концентрированная солнечная энергия	125	45	19	13	42
Геотермальная энергия	46	24	9	6	8
Гидроэнергия	89	45	11	11	28
Природный газ	251	157	77	40	90
Ядерная энергия	249	196	64	32	125
Энергия океана	64	30	6	5	10
Нефть	68	45	19	10	24
Фотовольтаика	400	239	75	26	124
Энергия ветра	231	174	72	49	126
<b>ВСЕГО</b>	<b>2 165</b>	<b>1 309</b>	<b>546</b>	<b>296</b>	<b>984</b>
% от общего количества рассмотренных ссылок		60%	25%	14%	
% прошедших первый тур отбора			42%	23%	
% прошедших второй тур отбора				54%	

Примечание: Отчасти двойного подсчета для суммарных величин было избежать невозможно, поскольку в некоторых ссылках рассматривается более чем одна технология.

**Таблица А.II.4** | Обобщенные результаты обзора литературы по ОЖЦ выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла технологий выработки электроэнергии, представленных на рис. 9.8 (г CO<sub>2</sub>экв/кВтч)

Значение	Био-энергия	Солнечная		Геотермальная энергия	Гидроэнергия	Энергия океана	Энергия ветра	Атомная энергия	Природный газ	Нефть	Уголь
		ФЭ	КСЭ								
минимум	-633	5	7	6	0	2	2	1	290	510	675
25-ый процентиль	360	29	14	20	3	6	8	8	422	722	877
50-ый процентиль	18	46	22	45	4	8	12	16	469	840	1 001
75-ый процентиль	37	80	32	57	7	9	20	45	548	907	1 130
максимум	75	217	89	79	43	23	81	220	930	1170	1 689
УХУ мин.	-1 368								65		98
УХУ макс.	-594								245		396

Примечание: УХУ = улавливание и хранение углерода, ФЭ = фотоэлектрические элементы, КСЭ =концентрирование солнечной энергии.

- Cottrell, A., J. Nunn, A. Urfer, and L. Wibberley (2003).** Systems Assessment of Electricity Generation Using Biomass and Coal in CFBC (Системная оценка выработки электроэнергии с использованием биомассы и угля в системах с циркулирующим кипящим слоем). Cooperative Research Centre for Coal in Sustainable Development, Pullenvale, Qld., Australia, 21 pp.
- Cowie, A.L. (2004).** Greenhouse Gas Balance of Bioenergy Systems Based on Integrated Plantation Forestry in North East New South Wales, Australia: International Energy Agency (IEA) Bioenergy Task 38 on GHG Balances of Biomass and Bioenergy Systems(Баланс парниковых газов в биоэнергетических системах на основе комплексного плантационного лесоводства на северо-западе Нью Сауз Уэльса, Австралия: Международное Энергетическое Агентство (МЭА,) Биоэнергия, Задача 38 по балансам ПГ для биомассы и биоэнергетических систем). IEA, Paris, France. 6 pp. Available at: [www.ieabioenergy-task38.org/projects/task38casestudies/aus-brochure.pdf](http://www.ieabioenergy-task38.org/projects/task38casestudies/aus-brochure.pdf).
- Cuperus, M.A.T. (2003).** Biomass Systems: Final Report. Environmental and Ecological Life Cycle Inventories for Present and Future Power Systems in Europe (ECLIPSE) (Системы биомассы: Заключительный отчет.Экологическая инвентаризация жизненных циклов для действующих и будущих энергетических систем в Европе (ECLIPSE)), N.V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen (KEMA) Nederland B.V., Arnhem, The Netherlands, 83 pp.
- Damen, K., and A.P.C. Faaij (2003).** A Life Cycle Inventory of Existing Biomass Import Chains for "Green" Electricity Production (Инвентаризация жизненного цикла существующих цепочек импорта биомассы для производства «зеленой» электроэнергии). NW&S-E-2003-1, Universiteit Utrecht Copernicus Institute, Department of Science, Technology and Society, Utrecht, The Netherlands, 76 pp.
- Daugherty, E.C. (2001).** Biomass Energy Systems Efficiency: Analyzed Through a Life Cycle Assessment (Эффективность энергетических систем биомассы: анализ на основе оценки жизненного цикла). M.S. Thesis, Lund University, Lund, Sweden, 39 pp.
- Dones, R., C. Bauer, R. Bolliger, B. Burger, T. Heck, A. Roder, M.F. Emenegger, R. Frischknecht, N. Jungbluth, and M. Tuchschnid (2007).** Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and Other UCTE Countries. (Инвентаризация жизненного цикла энергетических систем: результаты для существующих систем Швейцарии и других стран УСТЕ). Ecoinvent Report No. 5, Paul Scherrer Institute, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Villigen, Switzerland, 185 pp. Available at: [www.ecolo.org/documents/documents\\_in\\_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf](http://www.ecolo.org/documents/documents_in_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf).
- Dowaki, K., H. Ishitani, R. Matsuhashi, and N. Sam (2002).** A comprehensive life cycle analysis of a biomass energy system (Всесторонний анализ жизненного цикла энергетической системы на биомассе). Technology, 8(4-6), pp. 193-204.
- Dowaki, K., S. Mori, H. Abe, P.F. Grierson, M.A. Adams, N. Sam, P. Nimiago, J. Gale, and Y. Kaya (2003).** A life cycle analysis of biomass energy system tanking [sic] sustainable forest management into consideration (Анализ жизненного цикла энергетической системы на биомассе с учетом устойчивого управления лесными ресурсами).In: Greenhouse Gas Control Technologies – 6th International Conference, Kyoto, Japan, 1-4 October 2002. Pergamon, Oxford, pp. 1383-1388.
- Dubuisson, X., and I. Sintzoff (1998).** Energy and CO<sub>2</sub> balances in different power generation routes using wood fuel from short rotation coppice (Энергетический баланс и баланс CO<sub>2</sub> при различных схемах выработки энергии с использованием в качестве топлива древесины молодого леса с быстрым оборотом рубки). Biomass & Bioenergy, 15(4-5), pp. 379-390.
- Elsayed, M.A., R. Matthews, and N.D. Mortimer (2003).** Carbon and Energy Balances for a Range of Biofuel Options (Углеродный и энергетический балансы для некоторых возможных видов биотоплива).Resources Research Institute, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK, 341 pp.
- European Commission (1999).** National Implementation. ExternE: Externalities of Energy (Выполнение на национальном уровне. ExternE: Внешнее воздействие энергетики). European Commission, Directorate-General XII, Luxembourg, 20, 534 pp.
- Faij, A., B. Meuleman, W. Turkenburg, A. van Wijk, B. Ausilio, F. Rosillo-Calle, and D. Hall (1998).** Externalities of biomass based electricity production compared with power generation from coal in the Netherlands (Внешнее воздействие производства электроэнергии на основе биомассы по сравнению с выработкой энергии из угля в Нидерландах). Biomass and Bioenergy, 14(2), pp. 125-147.
- Faix, A., J. Schweinle, S. Scholl, G. Becker, and D. Meier (2010).** (GTI-tcbiomass) life-cycle assessment of the BTO-Process (biomass-to-oil) with combined heat and power generation ((GTI-тхбиомасса) Оценка жизненного цикла для процесса преобразования биомассы в масло с комбинированной генерацией тепла и электроэнергии). Environmental Progress and Sustainable Energy, 29(2), pp. 193-202.
- Forsberg, G. (2000).** Biomass energy transport – Analysis of bioenergy transport chains using life cycle inventory method (Перенос энергии биомассы –Анализ цепочек переноса биоэнергии с использованием метода инвентаризации жизненного цикла). Biomass & Bioenergy, 19(1), pp. 17-30.
- Froese, R.E., D.R. Shonnard, C.A. Miller, K.P. Koers, and D.M. Johnson (2010).** An evaluation of greenhouse gas mitigation options for coal-fired power plants in the US Great Lakes states (Оценка сценариев смягчения воздействия парниковых газов для электростанций на угле в районе Великих озер США). Biomass and Bioenergy, 34(3), pp. 251-262.
- Gaunt, J.L., and J. Lehmann (2008).** Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production (Энергетический баланс и выбросы, связанные с секвестрацией биоугля и пиролизным производством биоэнергии). Environmental Science & Technology, 42(11), pp. 4152-4158.
- Gmünder, S.M., R. Zah, S. Bhattacharjee, M. Classen, P. Mukherjee, and R. Widmer (2010).** Life cycle assessment of village electrification based on straight Jatropa oil in Chhattisgarh, India (Оценка жизненного цикла электрификации деревни на основе масла ятрафы в Чхаттисгархе, Индия ) Biomass and Bioenergy, 34(3):347-355
- Hanaoka, T., and S.-Y. Yokoyama (2003).** CO<sub>2</sub> mitigation by biomass-fired power generation in Japan (Смягчение воздействия CO<sub>2</sub> благодаря выработке электроэнергии на основе биомассы в Японии ). International Energy Journal, 4(2), pp. 99-103.

- Hartmann, D., and M. Kaltschmitt (1999).** Electricity generation from solid biomass via co-combustion with coal - Energy and emission balances from a German case study. (Выработка электроэнергии из твердой биомассы путем комбинированного сжигания с углем – Балансы энергии и выбросов на примере Германии). *Biomass & Bioenergy*, 16(6), pp. 397-406.
- Heller, M.C., G.A. Keoleian, M.K. Mann, and T.A. Volk (2004).** Life cycle energy and environmental benefits of generating electricity from willow biomass (Энергетика жизненного цикла и экологические выгоды выработки электроэнергии из биомассы ивы). *Renewable Energy*, 29(7), pp. 1023-1042.
- Herrera, I., C. Lago, Y. Lechon, R. Saez, M. Munarriz, and J. Gil (2008).** Life cycle assessment of two biomass power generation plants (Оценка жизненного цикла двух установок выработки энергии на биомассе). In: 16th European Biomass Conference & Exhibition, Valencia, Spain, 2-6 June 2008, pp. 2606-2613.
- Hong, S.W. (2007).** The Usability of Switchgrass, Rice Straw, and Logging Residue as Feedstocks for Power Generation in East Texas (Использование проса, рисовой соломы и порубочных отходов в качестве исходного сырья для электроэнергетики в Восточном Техасе). M.S. Thesis, Texas A&M University, College Station, TX, USA, 83 pp.
- IEA (2002).** Environmental and Health Impacts of Electricity Generation. A Comparison of the Environmental Impacts of Hydropower with those of Other Generation Technologies. (Воздействие выработки электроэнергии на окружающую среду и здоровье человека. Сравнение воздействия на окружающую среду гидроэнергетики с другими технологиями выработки электроэнергии). International Energy Agency (IEA), Paris, France, 239 pp.
- Jungmeier, G., and J. Spitzer (2001).** Greenhouse gas emissions of bioenergy from agriculture compared to fossil energy for heat and electricity supply (Выбросы парниковых газов, связанных с биоэнергией в сельском хозяйстве по сравнению с энергетикой на ископаемом топливе для теплоснабжения и электроснабжения). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60(1-3), pp. 267-273.
- Jungmeier, G., J. Spitzer, and G. Resch (1998).** Environmental burdens over the entire life cycle of a biomass CHP plant (Экологическое бремя на протяжении всего цикла станции КТЭ на биомассе). *Biomass and Bioenergy* 15(4-5), pp. 311-323.
- Lettns, S., B. Muys, R. Ceulemans, E. Moons, J. Garcia, and P. Coppin (2003).** Energy budget and greenhouse gas balance evaluation of sustainable coppice systems for electricity production (Оценка энергетического баланса и баланса парниковых газов в устойчивых системах молодого леса для производства электроэнергии). *Biomass and Bioenergy*, 24(3), pp. 179-197.
- Ma, X., F. Li, Z. Zhao, C. Wu, and Y. Chen (2003).** Life cycle assessment on biomass gasification combined cycle and coal fired power plant (Оценка жизненного цикла на установке комбинированного цикла газификации на биомассе и станции на угле). In: *Energy and the Environment – Proceedings of the International Conference on Energy and the Environment*, Shanghai, China, 22-24 May, 2003. Shanghai Scientific and Technical Publishers, Shanghai, China, 1, pp. 209-214.
- Malkki, H., and Y. Virtanen (2003).** Selected emissions and efficiencies of energy systems based on logging and sawmill residues (Выборочные выбросы и эффективность энергетических систем на основе лесосечных и лесопильных отходов). *Biomass and Bioenergy*, 24, pp. 321-327.
- Mann, M.K., and P.L. Spath (1997).** Life Cycle Assessment of a Biomass Gasification Combined-Cycle System (Оценка жизненного цикла системы комбинированного цикла газификации на биомассе). NREL/TP-430-23076, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 157 pp.
- Mann, M.K., and P.L. Spath (2001).** A life-cycle assessment of biomass cofiring in a coal-fired power plant (Оценка жизненного цикла совместного сжигания биомассы в электростанции на угле). *Clean Products and Processes*, 3, pp. 81-91.
- Mohan, T. (2005).** An Integrated Approach for Techno-economic and Environmental Analysis of Energy from Biomass and Fossil Fuels (Комплексный подход к технико-экономическому и экологическому анализу энергии от биомассы и ископаемых видов топлива). M.S. Thesis, Texas A&M University, College Station, TX, USA, 200 pp.
- Pehnt, M. (2006).** Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies (Динамическая оценка жизненного цикла (ОЖЦ) технологий возобновляемой энергии). *Renewable Energy*, 31(1), pp. 55-71.
- Rafaschieri, A., M. Rapaccini, and G. Manfrida (1999).** Life cycle assessment of electricity production from poplar energy crops compared with conventional fossil fuels (Оценка жизненного цикла производства электроэнергии из энергетических культур тополя по сравнению с традиционными видами ископаемого топлива). *Energy Conversion and Management* 40(14), pp. 1477-1493.
- Ramjeawon, T. (2008).** Life cycle assessment of electricity generation from bagasse in Mauritius (Оценка жизненного цикла выработки электроэнергии из багассы на Маврикии). *Journal of Cleaner Production*, 16(16), pp. 1727-1734.
- Renouf, M.A. (2002).** Preliminary LCA of Electricity Generation from Sugar-cane Bagasse (Предварительная ОЖЦ выработки электроэнергии из багассы сахарного тростника). Environmental Energy Center, University of Queensland, Queensland, Australia, 10 pp. Available at: [www.docstoc.com/docs/39528266/PRELIMINARY-LCA-OF-ELECTRICITY-GENERATION-FROM-SUGARCANE-BAGASSE](http://www.docstoc.com/docs/39528266/PRELIMINARY-LCA-OF-ELECTRICITY-GENERATION-FROM-SUGARCANE-BAGASSE).
- Robertson, K. (2003).** Greenhouse Gas Benefits of a Combined Heat and Power Bioenergy System in New Zealand (Выгоды с точки зрения парниковых газов от биоэнергетической системы комбинированного производства тепла и электроэнергии в Новой Зеландии). FORCE Consulting, Kirkland, WA, USA, 16 pp. Available at: [www.ieabioenergy-task38.org/projects/task38casestudies/nz\\_fullreport.pdf](http://www.ieabioenergy-task38.org/projects/task38casestudies/nz_fullreport.pdf).
- Saskatchewan Energy Conservation and Development Authority (1994).** Levelized Cost and Full Fuel Cycle Environmental Impacts of Saskatchewan's Electric Supply Options (Нормированная стоимость и последствия для окружающей среды, с учетом полного топливного цикла, сценариев снабжения электроэнергией Саскачевана). SECDA Publication No. T800-94-004, Saskatoon, SK, Canada, 205 pp.
- Schaffner, B., K. Persson, U. Nilsson, and J. Peterson (2002).** Environmental and Health Impacts of Electricity Generation. A Comparison of the Environmental Impacts of Hydropower with Those of Other Generation Technologies (Воздействие выработки электроэнергии на окружающую среду и здоровье человека. Сравнение экологических воздействий гидроэнергетики с другими технологиями выработки энергии). International Energy Agency (IEA), Paris, France, 221 pp. Available at: [www.ieahydro.org/reports/ST3-020613b.pdf](http://www.ieahydro.org/reports/ST3-020613b.pdf).
- Searcy, E., and P. Flynn (2008).** Processing of straw/corn stover: Comparison of life cycle emissions (Переработка кукурузной соломы: Сравнение выбросов на протяжении жизненного цикла). *International Journal of Green Energy*, 5(6), pp. 423-437.
- Setterwall, C., M. Munter, P. Sarkozi, and B. Bodlund (2003).** Bio-fuelled Combined Heat and Power Systems. Environmental and Ecological Life Cycle Inventories for Present and Future Power Systems in Europe (ECLIPSE) (Комбинированные системы производства тепла и энергии на биотопливе. Экологическая инвентаризация жизненного цикла для действующих и будущих энергетических систем в Европе (ECLIPSE)) N.V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen (KEMA) Nederland B.V., Arnhem, The Netherlands.
- Sikkema, R., M. Junginger, W. Pichler, S. Hayes, and A.P.C. Faaij (2010).** The international logistics of wood pellets for heating and power production in Europe: Costs, energy-input and greenhouse gas balances of pellet consumption in Italy, Sweden and the Netherlands (Международная логистика древесных гранул для отопления и производства энергии в Европе: Затраты, затраты энергии и балансы парниковых газов для потребления гранул в Италии, Швеции и Нидерландах). *Biofuels, Bio-products and Biorefining*, 4(2), pp. 132-153.
- Spath, P.L., and M.K. Mann (2004).** Biomass Power and Conventional Fossil Systems with and without CO<sub>2</sub> Sequestration – Comparing the Energy Balance, Greenhouse Gas Emissions and Economics (Энергия биомассы и системы традиционного топлива с секвестрацией и без секвестрации CO<sub>2</sub> - сравнение энергетического баланса, выбросов парникового газа и экономики). NREL/TP-510-32575. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 28 pp.
- Styles, D., and M.B. Jones (2007).** Energy crops in Ireland: Quantifying the potential life-cycle greenhouse gas reductions of energy-crop electricity (Энергетические культуры в Ирландии: количественное определение потенциального сокращения выбросов парниковых газов на протяжении жизненного цикла в электроэнергетике с использованием энергетических культур). *Biomass & Bioenergy*, 31(11-12), pp. 759-772.
- Tiwary, A., and J. Colls (2010).** Mitigating secondary aerosol generation potentials from biofuel use in the energy sector (Смягчение потенциалов образования вторичных аэрозолей от использования биотоплива в энергетическом секторе). *Science of the Total Environment*, 408(3), pp. 607-616.
- Wibberley, L. (2001).** Coal in a Sustainable Society (Уголь в устойчивом обществе). Australian Coal Association Research Program, Brisbane, Queensland, Australia.
- Wibberley, L., J. Nunn, A. Cottrell, M. Searles, A. Urfer, and P. Scaife (2000).** Life Cycle Analysis for Steel and Electricity Production in Australia (Анализ жизненного цикла производства стали и электроэнергии в Австралии). Australian Coal Association Research Program, Brisbane, Queensland, Australia, 36 pp.

- Wicke, B., V. Dornburg, M. Junginger, and A. Faaij (2008). Different palm oil production systems for energy purposes and their greenhouse gas implications (Различные системы производства пальмового масла для энергетических целей и их последствия для парниковых газов). *Biomass and Bioenergy*, 32(12), pp. 1322-1337.
- Yoshioka, T., K. Aruga, T. Nitami, H. Kobayashi, and H. Sakai (2005). Energy and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) balance of logging residues as alternative energy resources: System analysis based on the method of a life cycle inventory (LCI) analysis (Баланс энергии и двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) в лесосечных отходах как альтернативные источники энергии: Системный анализ на основе метода инвентаризации жизненного цикла (ИЖЦ)). *Journal of Forest Research*, 10(2), pp. 125-134.
- Zhang, Y.M., S. Habibi, and H.L. MacLean (2007). Environmental and economic evaluation of bioenergy in Ontario, Canada (Экологическая и экономическая оценка биоэнергетики в Онтарио, Канада). *Journal of the Air and Waste Management Association*, 57(8), pp. 919-933.
- ### Выработка электроэнергии на угле (52)
- Akai, M., N. Nomura, H. Waku, and M. Inoue (1997). Life-cycle analysis of a fossil-fuel power plant with CO<sub>2</sub> recovery and a sequestering system (Анализ жизненного цикла электростанции, работающей на ископаемом топливе, с восстановлением CO<sub>2</sub> и системой секвестрации). *Energy*, 22(2-3), pp. 249-256.
- Bates, J.L. (1995). Full Fuel Cycle Atmospheric Emissions and Global Warming Impacts from UK Electricity Generation (Атмосферные выбросы на протяжении полного топливного цикла и влияние на глобальное потепление электроэнергетики СК). Report Number: ETSU-R-88, Energy Technical Support Unit (ETSU), London, UK, 51 pp. (ISBN 011 515 4027).
- Corrado, A., P. Fiorini, and E. Sciubba (2006). Environmental assessment and extended energy analysis of a "Zero CO<sub>2</sub> Emission", high-efficiency steam power plant (Экологическая оценка и расширенный энергетический анализ «нулевого выброса CO<sub>2</sub>» для высокоэффективной паровой электростанции). *Energy* 31(15), pp. 3186-3198.
- Cottrell, A., J. Nunn, A. Urfer, and L. Wibberley (2003). Systems Assessment of Electricity Generation Using Biomass and Coal in CFBC (Системная оценка генерации электроэнергии с использованием биомассы и угля в системах с циркулирующим кипящим слоем). Cooperative Research Centre for Coal in Sustainable Development, Pullenvale, Qld., Australia, 21 pp.
- Damen, K., and A.P.C. Faaij (2003). A Life Cycle Inventory of Existing Biomass Import Chains for "Green" Electricity Production (Инвентаризация жизненного цикла в существующих цепочках импорта биомассы для производства «зеленой» электроэнергии). NW&S-E-2003-1, Universiteit Utrecht Copernicus Institute, Department of Science, Technology and Society, Utrecht, The Netherlands, 76 pp.
- Dolan, S.L. (2007). Life Cycle Assessment and Energy Synthesis of a Theoretical Offshore Wind Farm for Jacksonville, Florida (Оценка жизненного цикла и синтез энергии на теоретической морской ветряной ферме в Джексонвилле, Флорида). M.S. Thesis, University of Florida, 125 pp.
- Dones, R., U. Ganter, and S. Hirschberg (1999). Environmental inventories for future electricity supply systems for Switzerland (Экологическая инвентаризация будущих систем электроснабжения в Швейцарии). *International Journal of Global Energy Issues*, 12(1-6), pp. 271-282.
- Dones, R., X. Zhou, and C. Tian (2004). Life cycle assessment (LCA) of Chinese energy chains for Shandong electricity scenarios (Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) для китайских энергетических цепочек по сценариям электроэнергетики Шандонга). *International Journal of Global Energy Issues*, 22(2/3/4), pp. 199-224.
- Dones, R., C. Bauer, R. Bolliger, B. Burger, T. Heck, A. Roder, M.F. Emenegger, R. Frischknecht, N. Jungbluth, and M. Tuchschnid (2007). Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and Other UCTE Countries (Инвентаризация жизненного цикла в энергетических системах: результаты для существующих систем Швейцарии и других стран УСТЕ). Ecoinvent Report No. 5, Paul Scherrer Institute, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Villigen, Switzerland, 185 pp. Available at: [www.ecolo.org/documents/documents\\_in\\_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf](http://www.ecolo.org/documents/documents_in_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf).
- Dones, R., C. Bauer, T. Heck, O. Mayer-Spohn, and M. Blesl (2008). Life cycle assessment of future fossil technologies with and without carbon capture and storage (Оценка жизненного цикла будущих технологий на ископаемом топливе с улавливанием и хранением углерода и без них). *Life-Cycle Analysis for New Energy Conversion and Storage Systems*, 1041, pp. 147-158.
- European Commission (1995). Coal & Lignite. ExternE: Externalities of Energy (Уголь и лигнит. ExternE: Внешнее воздействие энергетики). Luxembourg, European Commission, Directorate-General XII. 3, 573 pp.
- European Commission (1999). National Implementation. ExternE: Externalities of Energy. (Выполнение на национальном уровне. ExternE: Внешнее воздействие энергетики). Luxembourg, European Commission, Directorate-General XII. 20, 534 pp.
- Fiaschi, D., and L. Lombardi (2002). Integrated gasifier combined cycle plant with integrated CO<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>S removal: Performance analysis, life cycle assessment and exergetic life cycle assessment (Установка с интегрированным комбинированным циклом газификации с интегрированным удалением CO<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>S. Анализ производительности, оценка жизненного цикла и эксергетическая оценка жизненного цикла). *International Journal of Applied Thermodynamics*, 5(1), pp. 13-24.
- Friedrich, R., and T. Marheineke (1996). Life cycle analysis of electric systems: Methods and results. (Анализ жизненного цикла электрических систем: Методы и результаты). In: IAEA Advisory Group Meeting on Analysis of Net Energy Balance and Full-energy-chain Greenhouse Gas Emissions for Nuclear and Other Energy Systems, Beijing, China, 7 October 1994, International Atomic Energy Agency, pp. 67-75. Available at: [www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/013/28013414.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/013/28013414.pdf).
- Froese, R.E., D.R. Shonnard, C.A. Miller, K.P. Koers, and D.M. Johnson (2010). An evaluation of greenhouse gas mitigation options for coal-fired power plants in the US Great Lakes States (Оценка сценариев смягчения воздействия парниковых газов от электростанций на угле в районе Великих озер США). *Biomass and Bioenergy*, 34(3), pp. 251-262.
- Gorokhov, V., L. Manfredo, M. Ramezan, J. Ratafia-Brown (2000). Life Cycle Assessment of IGCC (Оценка жизненного цикла для комбинированного цикла с внутрицикловой газификацией). Systems Phase II Report, Science Applications International Corporation (SAIC), McLean, VA, USA, 162 pp.
- Hartmann, D., and M. Kaltschmitt (1999). Electricity generation from solid biomass via co-combustion with coal - Energy and emission balances from a German case study (Выработка электроэнергии из твердой биомассы при совместном сжигании с углем – Балансы энергии и выбросов на примере Германии). *Biomass & Bioenergy*, 16(6), pp. 397-406.
- Heller, M.C., G.A. Keoleian, M.K. Mann, and T.A. Volk (2004). Life cycle energy and environmental benefits of generating electricity from willow biomass (Энергия жизненного цикла и экологические выгоды от выработки электроэнергии на основе биомассы ивы). *Renewable Energy*, 29(7), pp. 1023-1042.
- Herrick, C.N., A. Sikri, L. Greene and J. Finnell (1995). Assessment of the Environmental Benefits of Renewables Deployment: A Total Fuel Cycle Analysis of the Greenhouse Gas Impacts of Renewable Generation Technologies in Regional Utility Systems (Оценка экологических выгод от внедрения возобновляемых источников: Анализ, с учетом полного топливного цикла, последствий для парниковых газов технологий выработки электроэнергии на основе возобновляемых источников для региональных коммунальных систем). DynCorp EENSP, Inc, Alexandria, VA, USA.
- Hondo, H. (2005). Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case (Анализ выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла систем выработки электроэнергии на примере Японии). *Energy*, 30(11-12), pp. 2042-2056.
- Jaramillo, P., W.M. Griffin, and H.S. Matthews (2006). Comparative Life Cycle Carbon Emissions of LNG Versus Coal and Gas for Electricity Generation (Сравнение выбросов углерода на протяжении жизненного цикла при выработке электроэнергии с использованием СПГ или угля и газа) по publisher given, 16 pp. Available at: [www.ce.cmu.edu/~gdrgr/readings/2005/10/12/Jaramillo\\_LifeCycleCarbonEmissions-FromLNG.pdf](http://www.ce.cmu.edu/~gdrgr/readings/2005/10/12/Jaramillo_LifeCycleCarbonEmissions-FromLNG.pdf).
- Koornneef, J., T. van Keulen, A. Faaij, and W. Turkenburg (2008). Life cycle assessment of a pulverized coal power plant with post-combustion capture, transport and storage of CO<sub>2</sub>. (Оценка жизненного цикла электростанции, работающей на пылевидном угле, с улавливанием, транспортировкой и хранением CO<sub>2</sub> после сжигания). *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2(4), pp. 448-467.
- Keith, F., P. Norton, and D. Brown (1990). CO<sub>2</sub> Emissions from Coal-fired and Solar Electric Power Plants. (Выбросы CO<sub>2</sub> от электростанций на угле и солнечных электростанций). Solar Energy Research Institute (SERI), Golden, CO, USA, 44 pp.

- Krewitt, W., P. Mayerhofer, R. Friedrich, A. Truckenmüller, T. Heck, A. Gressmann, F. Raptis, F. Kaspar, J. Sachau, K. Rennings, J. Diekmann, and B. Praetorius (1997).** ExternE National Implementation in Germany. (ExternE.Реализация на национальном уровне в Германии). University of Stuttgart, Stuttgart, Germany, 189 pp.
- Lee, K.-M., S.-Y. Lee, and T. Hur (2004).** Life cycle inventory analysis for electricity in Korea (Инвентаризационный анализ жизненного цикла для электроэнергетики Кореи). Energy, 29(1), pp. 87-101.
- Lee, R. (1994).** Estimating externalities of coal fuel cycles. (Оценка внешних воздействий угольных топливных циклов). In: External Costs and Benefits of Fuel Cycles, Vol. 3. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 719 pp.
- Lenzen, M. (2008).** Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review. Energy Conversion and Management (Энергетика жизненного цикла и выбросы парниковых газов в атомной энергетике: Обзор. Преобразование и управление энергией). 49, pp. 2178-2199. Available at: [www.isa.org.usyd.edu.au/publications/documents/ISA\\_Nuclear\\_Report.pdf](http://www.isa.org.usyd.edu.au/publications/documents/ISA_Nuclear_Report.pdf).
- Markewitz, P., A. Schreiber, S. Vögele, and P. Zapp (2009).** Environmental impacts of a German CCS strategy (Экологические последствия стратегии Германии по улавливанию и хранению углерода). Energy Procedia, 1(1), pp. 3763-3770.
- Martin, J.A. (1997).** A total fuel cycle approach to reducing greenhouse gas emissions: Solar generation technologies as greenhouse gas offsets in U.S. utility systems (Подход, с учетом полного топливного цикла, к уменьшению выбросов парниковых газов: технологии выработки электричества из солнечной энергии для компенсации парниковых газов в коммунальных системах США). In: Solar Energy (Selected Proceeding of ISES 1995: Solar World Congress. Part IV), 59(4-6), pp. 195-203.
- May, J.R. and D.J. Brennan (2003).** Life cycle assessment of Australian fossil energy options (Оценка жизненного цикла для сценариев использования ископаемой энергии в Австралии). Process Safety and Environmental Protection: Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part B, 81(5), pp. 317-330.
- Meier, P.J., P.P.H. Wilson, G.L. Kulcinski, and P.L. Denholm (2005).** US electric industry response to carbon constraint: A life-cycle assessment of supply side alternatives (Реагирование электроэнергетической промышленности США на угольные ограничения: Оценка жизненного цикла для альтернативных вариантов снабжения). Energy Policy, 33(9), pp. 1099-1108.
- Meridian Corporation (1989).** Energy System Emissions and Material Requirements (Выбросы энергетических систем и материальные затраты). Meridian Corporation, Alexandria, VA, USA, 34 pp.
- Odeh, N.A. and T.T. Cockerill (2008).** Life cycle analysis of UK coal fired power plants (Анализ жизненного цикла электростанций, работающих на угле, в Соединенном Королевстве). Energy Conversion and Management, 49(2), pp. 212-220.
- Odeh, N.A. and T.T. Cockerill (2008).** Life cycle GHG assessment of fossil fuel power plants with carbon capture and storage (Оценка ПГ на протяжении жизненного цикла электростанций на ископаемом топливе с улавливанием и хранением углерода). Energy Policy, 36(1), pp. 367-380.
- Pacca, S.A. (2003).** Global Warming Effect Applied to Electricity Generation Technologies (Эффект глобального потепления применительно к технологиям выработки электроэнергии). PhD Thesis, University of California, Berkeley, CA, USA, 191 pp.
- Peiu, N. (2007).** Life cycle inventory study of the electrical energy production in Romania (Инвентаризационное исследование жизненного цикла производства электроэнергии в Румынии). International Journal of Life Cycle Assessment, 12(4), pp. 225-229.
- Ruether, J.A., M. Ramezan, and P.C. Balash (2004).** Greenhouse gas emissions from coal gasification power generation systems (Выбросы парниковых газов от систем выработки электроэнергии с газификацией угля). Journal of Infrastructure Systems, 10(3), pp. 111-119.
- San Martin, R.L. (1989).** Environmental Emissions from Energy Technology Systems: The Total Fuel Cycle (Выбросы в окружающую среду от систем, использующих энергетические технологии: Полный топливный цикл). U.S. Department of Energy, Washington, DC, USA, 21 pp.
- Saskatchewan Energy Conservation and Development Authority (1994).** Levelized Cost and Full Fuel Cycle Environmental Impacts of Saskatchewan's Electric Supply Options (Нормированная стоимость и последствия для окружающей среды, с учетом полного топливного цикла, сценариев предложения электроэнергии в Саскачеване). SECCA Publication No. T800-94-004, Saskatoon, SK, Canada, 205 pp.
- Schreiber, A., P. Zapp, and W. Kuckshinrichs (2009).** Environmental assessment of German electricity generation from coal-fired power plants with amine-based carbon capture. (Экологическая оценка выработки электроэнергии в Германии электростанциями на угле и улавливание углерода с помощью аминов). International Journal of Life Cycle Assessment, 14(6), pp. 547-559.
- SENES Consultants Limited (2005).** Methods to Assess the Impacts on the Natural Environment of Generation Options. (Методы оценки воздействия на природную среду альтернативных вариантов выработки электроэнергии). Prepared by SENES Consultants for the Ontario Power Authority, Richmond Hill, ON, Canada, 166 pp.
- Shukla, P.R. and D. Mahapatra (2007).** Full Fuel Cycle for India. (Полный топливный цикл в Индии). In: CASES: Cost Assessment of Sustainable Energy Systems. Document No. 7.1, Indian Institute of Management Ahmedabad (IIMA), Vestrapur, Ahmedabad, India, 10 pp.
- Spath, P.L., and M.K. Mann (2004).** Biomass Power and Conventional Fossil Systems with and without CO<sub>2</sub> Sequestration – Comparing the Energy Balance, Greenhouse Gas Emissions and Economics. (Энергия биомассы и традиционные системы ископаемого топлива с секвестрацией CO<sub>2</sub> и без нее – Сравнение энергетического баланса, выбросов парниковых газов и экономики) NREL/TP-510-32575. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 28 pp.
- Spath, P.L., M.K. Mann, and D.R. Kerr (1999).** Life Cycle Assessment of Coal Fired Power Production (Оценка жизненного цикла производства электроэнергии на основе угля). National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 172 pp.
- Styles, D., and M.B. Jones (2007).** Energy crops in Ireland: Quantifying the potential life-cycle greenhouse gas reductions of energy-crop electricity. (Энергетические культуры в Ирландии: количественное определение потенциального сокращения выбросов парниковых газов на протяжении жизненного цикла в электроэнергетике с использованием энергетических культур). Biomass & Bioenergy, 31(11-12), pp. 759-772.
- Uchiyama, Y. (1996).** Validity of FENCH-GHG study: Methodologies and databases. comparison of energy sources in terms of their full-energy-chain emission factors of greenhouse gases (Обоснование проекта FENCH по ПГ: Методологии и базы данных. Сравнение источников энергии в точки зрения коэффициентов выбросов парниковых газов в полной энергетической цепочке). In: IAEA Advisory Group Meeting on Analysis of Net Energy Balance and Full-energy-chain Greenhouse Gas Emissions for Nuclear and Other Energy Systems, Beijing, China, 4-7 Oct 1994, International Atomic Energy Agency (IAEA), pp. 85-94. Available at: [www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/013/28013414.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/013/28013414.pdf).
- White, S.W. (1998).** Net Energy Payback and CO<sub>2</sub> Emissions from Helium-3 Fusion and Wind Electrical Power Plants (Чистая энергетическая окупаемость и выбросы CO<sub>2</sub> от электростанций с синтезом гелия-3 и ветростанций). PhD Thesis, University of Wisconsin, Madison, WI, USA, 166 pp.
- Wibberley, L. (2001).** Coal in a Sustainable Society (Уголь в устойчивом обществе). Australian Coal Association Research Program, Brisbane, Queensland, Australia.
- Wibberley, L., J. Nunn, A. Cottrell, M. Searles, A. Urfer, and P. Scaife (2000).** Life Cycle Analysis for Steel and Electricity Production in Australia (Анализ жизненного цикла для производства стали и электроэнергии в Австралии). Australian Coal Association Research Program, Brisbane, Queensland, Australia, 36 pp.
- Zerlia, T. (2003).** Greenhouse gases in the life cycle of fossil fuels: Critical points in the assessment of pre-combustion emissions and repercussions on the complete life cycle (Парниковые газы в жизненном цикле ископаемых топлив: Ключевые аспекты оценки выбросов до сжигания топлива и их влияние на весь жизненный цикл) La Rivista dei Combustibili, 57(6), pp. 281-293.
- Zhang, Y.M., S. Habibi, and H.L. MacLean (2007).** Environmental and economic evaluation of bioenergy in Ontario, Canada. (Экологическая и экономическая оценка биоэнергетики в Онтарио, Канада). Journal of the Air and Waste Management Association, 57(8), pp. 919-933.
- Zhang, Y.M., J. McKechnie, D. Cormier, R. Lyng, W. Mabee, A. Ogino, and H.L. MacLean (2010).** Life cycle emissions and cost of producing electricity from coal, natural gas, and wood pellets in Ontario, Canada. (Выбросы на протяжении жизненного цикла и стоимость производства электроэнергии из угля, природного газа и древесных гранул в Онтарио, Канада). Environmental Science & Technology, 44(1), pp. 538-544.



## Концентрированная солнечная энергия (13)

- Burkhardt, J., G. Heath, and C. Turchi (2010).** Life cycle assessment of a model parabolic trough concentrating solar power plant with thermal energy storage (Оценка жизненного цикла типового параболического коллектора с хранением тепловой энергии). In: ASME 4th International Conference on Energy Sustainability, American Society of Mechanical Engineers (ASME), Phoenix, AZ, USA, 17-22 May 2010.
- Cavallaro, F., and L. Ciraolo (2006).** Life Cycle Assessment (LCA) of Paraboloidal Solar Thermal Power Generation System (Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) солнечной установки выработки тепловой энергии с параболической тарелкой) In: 1st International Symposium on Environment Identities and Mediterranean Area, ISEIM, IEEE, Corte-Ajaccio, France, 10-13 July 2006, pp. 260-265.
- German Aerospace Center (DLR) (2006).** Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power. Final Report. (Транс-средиземноморское взаимодействие в области концентрирования солнечной энергии, Заключительный доклад). Institute of Technical Thermodynamics, and Section Systems Analysis and Technology Assessment, German Aerospace Center (DLR), Stuttgart, Germany, 190 pp.
- Jacobson, M.Z. (2009).** Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security (Обзор подходов к решению вопросов глобального потепления, загрязнения воздуха и энергетической безопасности). *Energy & Environmental Science*, 2, pp. 148-173.
- Kreith, F., P. Norton, and D. Brown (1990).** CO<sub>2</sub> Emissions from Coal-fired and Solar Electric Power Plants (Выбросы CO<sub>2</sub> от электростанций на угле и солнечных электростанций). SERI/TP-260-3772, Solar Energy Research Institute (SERI), Golden, CO, USA, 44 pp.
- Lenzen, M. (1999).** Greenhouse gas analysis of solar-thermal electricity generation (Анализ парниковых газов для солнечной тепловой электроэнергетики). *Solar Energy*, 65(6), pp. 353-368.
- Ordóñez, I., N. Jiménez, and M.A. Silva (2009).** Life cycle environmental impacts of electricity production by dish/Stirling systems in Spain (Экологические последствия на протяжении жизненного цикла производства электроэнергии при помощи тарелок / систем Стирлинга в Испании). In: SolarPACES 2009, Berlin, Germany, 15-18 September 2009, 8 pp.
- Pehnt, M. (2006).** Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies (Динамическая оценка жизненного цикла (ОЖЦ) технологий на основе возобновляемых источников энергии). *Renewable Energy*, 31(1), pp. 55-71.
- Piemonte, V., M.D. Falco, P. Tarquini, and A. Giaconia (2010).** Life cycle assessment of a high temperature molten salt concentrated solar power plant (Оценка жизненного цикла высокотемпературной установки концентрирования солнечной энергии с расплавом солей). In: 20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE20, Pierucci, S., and G.B. Ferraris (eds.), Elsevier, Naples, Italy, 6-9 June 2010, 6 pp.
- Vant-Hull, L. (1992).** Solar thermal electricity: An environmentally benign and viable alternative (Солнечная тепловая электроэнергия: Экологически безвредная и жизнеспособная альтернатива). *Perspectives in Energy*, 2, pp. 157-166.
- Viebahn, P., S. Kronshage, and F. Trieb (2008).** Final Report on Technical Data, Costs, and Life Cycle Inventories of Solar Thermal Power Plants (Заключительный доклад о технических данных, затратах и инвентаризации солнечных тепловых электростанций). Project no: 502687. New Energy Externalities Developments for Sustainability (NEEDS), Rome, Italy, 95 pp. Available at: [www.needs-project.org/docs/results/RS1a/RS1a%20D12.2%20Final%20report%20concentrating%20solar%20thermal%20power%20plants.pdf](http://www.needs-project.org/docs/results/RS1a/RS1a%20D12.2%20Final%20report%20concentrating%20solar%20thermal%20power%20plants.pdf).
- Weinrebe, G., M. Bohnke, and F. Trieb (1998).** Life cycle assessment of an 80 MW SEGS plant and a 30 MW PHEBUS power tower (Оценка жизненного цикла установки 80 MW SEGS и энергетической установки башенного типа 30 MW PHEBUS). In: International Solar Energy Conference. *Solar Engineering*. ASME, Albuquerque, NM, USA, 14-17 June 1998, pp. 417-424.
- Wibberley, L. (2001).** Coal in a Sustainable Society (Уголь в устойчивом обществе). Australian Coal Association Research Program, Brisbane, Queensland, Australia.

## Геотермальная энергетика (6)

- Frick, S., M. Kaltschmitt, and G. Schroder (2010).** Life cycle assessment of geothermal binary power plants using enhanced low-temperature reservoirs (Оценка жизненного цикла геотермальных бинарных электростанций с использованием усовершенствованных низкотемпературных резервуаров). *Energy*, 35(5), pp. 2281-2294.
- Hondo, H. (2005).** Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case (Анализ выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла систем выработки электроэнергии на примере Японии) *Energy*, 30(11-12), pp. 2042-2056.
- Karlsdottir, M.R., O.P. Palsson, and H. Palsson (2010).** Factors for Primary Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emission of Geothermal Power Production (Факторы эффективности первичной энергии и выбросы CO<sub>2</sub> в геотермальной электроэнергетике). In: World Geothermal Congress 2010, International Geothermal Association, Bali, Indonesia, 25-29 April 2010, 7 pp.
- Rogge, S., and M. Kaltschmitt (2003).** Electricity and heat production from geothermal energy – An ecologic comparison (Производство электроэнергии и тепла на основе геотермальной энергии - Экологическое сравнение). *Erdoel Erdgas Kohle/EKEP*, 119(1), pp. 35-40.
- Rule, B.M., Z.J. Worth, and C.A. Boyle (2009).** Comparison of life cycle carbon dioxide emissions and embodied energy in four renewable electricity generation technologies in New Zealand (Сравнение выбросов двуокси углерода на протяжении жизненного цикла и затраченной энергии в четырех электроэнергетических технологиях на основе возобновляемых источников). *Environmental Science & Technology*, 43(16), pp. 6406-6413.
- Uchiyama, Y. (1997).** Environmental life cycle analysis of geothermal power generating technology (Экологический анализ жизненного цикла для геотермальной электроэнергетической технологии); Chinetu hatsuden gijutsu no kankyo life cycle bunseki. *Denki Gakkaishi (Journal of the Institute of Electrical Engineers in Japan)*, 117(11), pp. 752-755.

## Гидроэнергетика (11)

- Barnhouse, L.W., G.F. Cada, M.-D. Cheng, C.E. Easterly, R.L. Kroodsmas, R. Lee, D.S. Shriner, V.R. Tolbert, and R.S. Turner (1994).** Estimating Externalities of the Hydro Fuel Cycles (Оценка внешних воздействий гидротопливных циклов) Report 6. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 205 pp.
- Denholm, P., and G.L. Kulcinski (2004).** Life cycle energy requirements and greenhouse gas emissions from large scale energy storage systems (Энергетические затраты в ходе жизненного цикла и выбросы парниковых газов от крупномасштабных систем хранения энергии). *Energy Conversion and Management*, 45(13-14), pp. 2153-2172.
- Dones, R., T. Heck, C. Bauer, S. Hirschberg, P. Bickel, P. Preiss, L.I. Panis, and I. De Vlioger (2005).** Externalities of Energy: Extension of Accounting Framework and Policy Applications: New Energy Technologies. (Внешнее воздействие энергетики: расширение системы учета и политические области применения: новые энергетические технологии). ENG1-CT-2002-00609, Paul Scherrer Institute (PSI), Villigen, Switzerland, 76 pp.
- Dones, R., C. Bauer, R. Bolliger, B. Burger, T. Heck, A. Roder, M.F. Emenegger, R. Frischknecht, N. Jungbluth, and M. Tuchschnid (2007).** Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and Other UCTE Countries. (Инвентаризация жизненного цикла для энергетических систем: результаты для существующих систем Швейцарии и других стран UCTE). Ecoinvent Report No. 5, Paul Scherrer Institute, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Villigen, Switzerland, 185 pp. Available at: [www.ecolo.org/documents/documents\\_in\\_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf](http://www.ecolo.org/documents/documents_in_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf).
- Horvath, A. (2005).** Decision-making in Electricity Generation Based on Global Warming Potential and Life-cycle Assessment for Climate Change (Принятие решений в электроэнергетике с учетом потенциального глобального потепления и оценок жизненного цикла для изменения климата). University of California Energy Institute, Berkeley, CA, USA, 16 pp. Available at: [repositories.cdlib.org/ucei/devtech/EDT-006](http://repositories.cdlib.org/ucei/devtech/EDT-006).
- IEA (1998).** Benign Energy? The Environmental Implications of Renewables (Безвредная энергия? Экологические последствия возобновляемых видов энергии). International Energy Agency, Paris, France, 128 pp.

- Pacca, S. (2007).** Impacts from decommissioning of hydroelectric dams: A life cycle perspective (Последствия вывода из эксплуатации гидроэлектростанций с точки зрения жизненного цикла) *Climatic Change*, 84(3-4), pp. 281-294.
- Rhodes, S., J. Wazlaw, C. Chaffee, F. Kommonen, S. Apfelbaum, and L. Brown (2000).** A Study of the Lake Chelan Hydroelectric Project Based on Life-cycle Stressor-effects Assessment. Final Report (Изучение гидроэлектроэнергетического проекта на озере Челан на основе оценки стресс-эффектов, связанных с жизненным циклом). Scientific Certification Systems, Oakland, CA, USA, 193 pp.
- Ribeiro, F.d.M., and G.A. da Silva (2009).** Life-cycle inventory for hydroelectric generation: a Brazilian case study (Инвентаризация жизненного цикла гидроэлектроэнергетики на примере Бразилии). *Journal of Cleaner Production*, 18(1), pp. 44-54.
- Vattenfall (2008).** Vattenfall AB Generation Nordic Certified Environmental Product Declaration EPD® of Electricity from Vattenfall's Nordic Hydropower (Сертифицированная экологическая декларация производителя электроэнергии для гидростанции Ваттенфалл Нордик) . Report No. S-P-00088, Vattenfall, Stockholm, Sweden, 50 pp.
- Zhang, Q., B. Karney, H.L. MacLean, and J. Feng (2007).** Life-Cycle Inventory of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions for Two Hydropower Projects in China (Инвентаризация жизненного цикла энергопотребления и выбросов парниковых газов для двух гидроэнергетических проектов в Китае). *Journal of Infrastructure Systems*, 13(4), pp. 271-279.
- Электрoэнергетика на основе природного газа (40)**
- Barnhouse, L.W., G.F. Cada, M.-D. Cheng, C.E. Easterly, R.L. Kroodsmas, R. Lee, D.S. Shriner, V.R. Tolbert, and R.S. Turner (1994).** Estimating Externalities of the Hydro Fuel Cycles (Оценка внешних воздействий гидротопливного цикла) Report 6. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 205 pp.
- Denholm, P., and G.L. Kulcinski (2004).** Life cycle energy requirements and greenhouse gas emissions from large scale energy storage systems (Энергетические затраты в ходе жизненного цикла и выбросы парниковых газов от крупномасштабных систем хранения энергии). *Energy Conversion and Management*, 45(13-14), pp. 2153-2172.
- Dones, R., T. Heck, C. Bauer, S. Hirschberg, P. Bickel, P. Preiss, L.I. Panis, and I. De Vlieger (2005).** Externalities of Energy: Extension of Accounting Framework and Policy Applications: New Energy Technologies. (Внешнее воздействие энергетики: расширение системы учета и политические области применения: новые энергетические технологии). ENG1-CT-2002-00609, Paul Scherrer Institute (PSI), Villigen, Switzerland, 76 pp.
- Dones, R., C. Bauer, R. Bolliger, B. Burger, T. Heck, A. Roder, M.F. Emenegger, R. Frischknecht, N. Jungbluth, and M. Tuchschnid (2007).** Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and Other UCTE Countries. (Инвентаризация жизненного цикла для энергетических систем: результаты для существующих систем Швейцарии и других стран UCTE). Ecoinvent Report No. 5, Paul Scherrer Institute, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Villigen, Switzerland, 185 pp. Available at: [www.ecolo.org/documents/documents\\_in\\_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf](http://www.ecolo.org/documents/documents_in_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf).
- Horvath, A. (2005).** Decision-making in Electricity Generation Based on Global Warming Potential and Life-cycle Assessment for Climate Change. (Принятие решений в электроэнергетике исходя из потенциального глобального потепления и оценок жизненного цикла для изменения климата) University of California Energy Institute, Berkeley, CA, USA, 16 pp. Available at: [repositories.cdlib.org/ucei/devtech/EDT-006](http://repositories.cdlib.org/ucei/devtech/EDT-006).
- IEA (1998).** Benign Energy? The Environmental Implications of Renewables. (Безвредная энергия? Экологические последствия возобновляемых видов энергии). International Energy Agency, Paris, France, 128 pp.
- Pacca, S. (2007).** Impacts from decommissioning of hydroelectric dams: A life cycle perspective (Последствия вывода из эксплуатации гидроэлектростанций с точки зрения жизненного цикла) *Climatic Change*, 84(3-4), pp. 281-294.
- Rhodes, S., J. Wazlaw, C. Chaffee, F. Kommonen, S. Apfelbaum, and L. Brown (2000).** A Study of the Lake Chelan Hydroelectric Project Based on Life-cycle Stressor-effects Assessment. Final Report (Изучение гидроэлектроэнергетического проекта на озере Челан на основе оценки стресс-эффектов, связанных с жизненным циклом) . Scientific Certification Systems, Oakland, CA, USA, 193 pp.
- Ribeiro, F.d.M., and G.A. da Silva (2009).** Life-cycle inventory for hydroelectric generation: a Brazilian case study. (Инвентаризация жизненного цикла гидроэлектроэнергетики на примере Бразилии). *Journal of Cleaner Production*, 18(1), pp. 44-54.
- Vattenfall (2008).** Vattenfall AB Generation Nordic Certified Environmental Product Declaration EPD® of Electricity from Vattenfall's Nordic Hydropower. (Сертифицированная экологическая декларация производителя электроэнергии для гидростанции Ваттенфалл Нордик) . Report No. S-P-00088, Vattenfall, Stockholm, Sweden, 50 pp.
- Zhang, Q., B. Karney, H.L. MacLean, and J. Feng (2007).** Life-Cycle Inventory of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions for Two Hydropower Projects in China (Инвентаризация жизненного цикла энергопотребления и выбросов парниковых газов для двух гидроэнергетических проектов в Китае). *Journal of Infrastructure Systems*, 13(4), pp. 271-279.
- Атомная энергетика (32)**
- AEA Technologies (2005).** Environmental Product Declaration of Electricity from Torness Nuclear Power Station (Экологическая декларация производителя электричества для атомной электростанции Торнесс). British Energy, London, UK, 52 pp.
- AEA Technologies (2006).** Carbon Footprint of the Nuclear Fuel Cycle. (Углеродный след ядерного топливного цикла). British Energy, London, UK, 26 pp.
- Andseta, S., M.J. Thompson, J.P. Jarrell, and D.R. Pendergast (1998).** Candu reactors and greenhouse gas emissions (Реакторы Канду и выбросы парниковых газов). In: Canadian Nuclear Society 19th Annual Conference. D.B. Buss and D.A. Jenkins (eds.), Canadian Nuclear Association, Toronto, Ontario, Canada, 18-21 October 1998.
- AXPO Nuclear Energy (2008).** Beznau Nuclear Power Plant. (Атомная электростанция Безнау) Axpo AG, Baden, Germany, 21 pp.
- Badea, A.A., I. Voda, and C.F. Dinca (2010).** Comparative analysis of coal, natural gas and nuclear fuel life cycles by chains of electrical energy production (Сравнительный анализ жизненных циклов угля, природного газа и ядерного топлива по цепочкам электроэнергетического производства). UPB Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering, 72(2), pp. 221-238.
- Beerten, J., E. Laes, G. Meskens, and W. D'haeseleer (2009).** Greenhouse gas emissions in the nuclear life cycle: A balanced appraisal (Выбросы парниковых газов в ядерном топливном цикле: сбалансированная оценка). *Energy Policy*, 37(12), pp. 5056-5058.
- Dones, R., S. Hirschberg, and I. Knoepfel (1996).** Greenhouse gas emission inventory based on full energy chain analysis. (Инвентаризация выбросов парниковых газов на основе анализа полной энергетической цепочки) In: IAEA Advisory Group Meeting on Analysis of Net Energy Balance and Full-energy-chain Greenhouse Gas Emissions for Nuclear and Other Energy Systems. Beijing, China, 4-7 October 1994, pp. 95-114. Available at: [www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/013/28013414.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/013/28013414.pdf).
- Dones, R., X. Zhou, and C. Tian (2004).** Life cycle assessment (LCA) of Chinese energy chains for Shandong electricity scenarios. (Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) китайской энергетической цепочки для сценариев электроэнергии Шандонга) *International Journal of Global Energy Issues*, 22(2/3/4), pp. 199-224.
- Dones, R., T. Heck, C. Bauer, S. Hirschberg, P. Bickel, P. Preiss, L.I. Panis, and I. De Vlieger (2005).** Externalities of Energy: Extension of Accounting Framework and Policy Applications: New Energy Technologie (Внешнее воздействие энергетики: Расширение системы учета и политические применения: Новые энергетические технологии) . ENG1-CT-2002-00609, Paul Scherrer Institute (PSI), Villigen, Switzerland, 76 pp.
- Dones, R., C. Bauer, R. Bolliger, B. Burger, T. Heck, A. Roder, M.F. Emenegger, R. Frischknecht, N. Jungbluth, and M. Tuchschnid (2007).** Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and Other UCTE Countries. (Инвентаризация жизненного цикла энергетических систем: Результаты для существующих систем Швейцарии и других стран UCTE) Ecoinvent Report No. 5, Paul Scherrer Institute, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Villigen, Switzerland, 185 pp. Available at: [www.ecolo.org/documents/documents\\_in\\_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf](http://www.ecolo.org/documents/documents_in_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf).
- Dones, R., C. Bauer, and T. Heck (2007).** LCA of Current Coal, Gas and Nuclear Electricity Systems and Electricity Mix in the USA (ОЖЦ существующих электроэнергетических

- систем на угле, газе и ядерной энергии и структура электроэнергетики в США). Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland, 4 pp.
- Frischknecht, R. (1998).** Life Cycle Inventory Analysis for Decision-Making: Scope-Dependent Inventory System Models and Context-Specific Joint Product Allocation (Инвентаризационный анализ жизненного цикла для принятия решений: зависящие от масштаба инвентаризационные системные модели и распределение совместной продукции с учетом конкретных условий). Dissertation, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich, Switzerland, 256 pp.
- Fthenakis, V.M., and H.C. Kim (2007).** Greenhouse-gas emissions from solar electric and nuclear power: A life-cycle study (Выбросы парниковых газов от солнечной, электроэнергетики и атомной энергетики: Изучение жизненного цикла) *Energy Policy*, 35(4), pp. 2549-2557.
- Hondo, H. (2005).** Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case (Анализ выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла систем выработки электроэнергии на примере Японии) *Energy*, 30(11-12), pp. 2042-2056.
- Kivisto, A., 1995:** Energy payback period and carbon dioxide emissions in different power generation methods in Finland. (Срок окупаемости энергии и выбросы двуокиси углерода в различных методологиях электроэнергетики Финляндии) In: IAEA International Conference. International Association for Energy Economics, Washington, D.C., 5-8 July 1995, pp. 191-198.
- Krewitt, W., P. Mayerhofer, R. Friedrich, A. Truckenmüller, T. Heck, A. Gressmann, F. Raptis, F. Kaspar, J. Sachau, K. Rennings, J. Diekmann, and B. Praetorius (1997).** ExternE National Implementation in Germany (Реализация на национальном уровне ExternE в Германии). University of Stuttgart, Stuttgart, Germany, 189 pp.
- Lecoite, C., D. Lecarpentier, V. Maupu, D. Le Boulch, and R. Richard (2007).** Final Report on Technical Data, Costs and Life Cycle Inventories of Nuclear Power Plants (Заключительный доклад о технических данных, затратах и инвентаризации жизненного цикла для атомных электростанций). D14.2 – RS 1a, New Energy Externalities Developments for Sustainability (NEEDS), Rome, Italy, 62 pp. Available at: [www.needs-project.org/RS1a/RS1a%20D14.2%20Final%20report%20on%20nuclear.pdf](http://www.needs-project.org/RS1a/RS1a%20D14.2%20Final%20report%20on%20nuclear.pdf).
- Lenzen, M., C. Dey, C. Hardy, and M. Bilek (2006).** Life-cycle Energy Balance and Greenhouse Gas Emissions of Nuclear Energy in Australia (Энергетический баланс жизненного цикла и выбросы парниковых газов в атомной энергетике Австралии). ISA, University of Sydney, Sydney, Australia, 180 pp.
- Meridian Corporation (1989).** Energy System Emissions and Material Requirements (Выбросы энергетических систем и материальные затраты). Meridian Corporation, Alexandria, VA, USA, 34 pp.
- Rashad, S.M., and F.H. Hammad (2000).** Nuclear power and the environment: Comparative assessment of environmental and health impacts of electricity-generating systems (Атомная энергетика и окружающая среда: сравнительная оценка воздействия электрогенерирующих систем на окружающую среду и здоровье человека). *Applied Energy*, 65(1-4), pp. 211-229.
- San Martin, R.L. (1989).** Environmental Emissions from Energy Technology Systems: The Total Fuel Cycle (Выбросы в окружающую среду от систем, используемых в энергетических технологиях). U.S. Department of Energy, Washington, DC, USA, 21 pp.
- Saskatchewan Energy Conservation and Development Authority (1994).** Levelized Cost and Full Fuel Cycle Environmental Impacts of Saskatchewan's Electric Supply Options (Нормированная стоимость и последствия для окружающей среды, с учетом полного топливного цикла, сценариев предложения электроэнергии в Саскачеване). SECD Publication No. T800-94-004, Saskatoon, SK, Canada, 205 pp.
- Tokimatsu, K., T. Asami, Y. Kaya, T. Kosugi, and E. Williams (2006).** Evaluation of life-cycle CO<sub>2</sub> emissions from the Japanese electric power sector in the 21st century under various nuclear scenarios (Оценка выбросов CO<sub>2</sub> на протяжении жизненного цикла в японском электроэнергетическом секторе в 21-м веке согласно различным сценариям развития атомной отрасли). *Energy Policy*, 34(7), pp. 833-852.
- Uchiyama, Y. (1996).** Validity of FENCH-GHG study: Methodologies and databases. comparison of energy sources in terms of their full-energy-chain emission factors of greenhouse gases. (Обоснование проекта FENCH по ПФ: Методологии и базы данных. Сравнение источников энергии в точки зрения коэффициентов выбросов парниковых газов в полной энергетической цепочке). In: IAEA Advisory Group Meeting on Analysis of Net Energy Balance and Full-energy-chain Greenhouse Gas Emissions for Nuclear and Other Energy Systems, Beijing, China, 4-7 Oct 1994, International Atomic Energy Agency (IAEA), pp. 85-94. Available at: [www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/013/28013414.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/013/28013414.pdf).
- Uchiyama, Y. (1996).** Life cycle analysis of electricity generation and supply systems: Net energy analysis and greenhouse gas emissions (Анализ жизненного цикла электроэнергетики и системы электроснабжения: общий энергетический анализ и выбросы парниковых газов). In: *Electricity, Health and the Environment: Comparative Assessment in Support of Decision Making*, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria, 16-19 October 1995, pp. 279-291.
- Vattenfall (2007).** Summary of Vattenfall AB Generation Nordic Certified Environmental Product Declaration, EPD® of Electricity from Ringhals Nuclear Power Plan. (Сертифицированная экологическая декларация производителя электроэнергии для атомной электростанции Рингхалс). S-P-00026 2007-11-01, Vattenfall, Stockholm, Sweden, 4 pp.
- Vattenfall (2007).** Vattenfall AB Generation Nordic Certified Environmental Product Declaration, EPD, of Electricity from Forsmark Nuclear Power Plant (Сертифицированная экологическая декларация производителя электроэнергии для атомной электростанции Форсмарк). Report No. S-P-00088, Vattenfall, Stockholm, Sweden, 59 pp.
- Voorspoels, K.R., E.A. Brouwers, and W.D. D'Haeseleer (2000).** Energy content and indirect greenhouse gas emissions embedded in 'emission-free' power plants: Results for the low countries (Энергетическая потребность и косвенные выбросы парниковых газов, присущие электростанциям "без выбросов"). *Applied Energy*, 67(3), pp. 307-330.
- White, S.W., and G.L. Kulcinski (1999).** 'Birth to Death' Analysis of the Energy Payback Ratio and CO<sub>2</sub> Gas Emission Rates from Coal, Fission, Wind, and DT Fusion Power Plants (Анализ по принципу «от рождения до смерти» коэффициентов окупаемости энергии и интенсивности газовых выбросов CO<sub>2</sub> от электростанций на угле, ядерных электростанций, ветроэлектростанций, и электростанций термоядерного синтеза с D-T топливом). University of Wisconsin, Madison, WI, USA, 17 pp.
- Wibberley, L. (2001).** Coal in a Sustainable Society (Уголь в устойчивом обществе.) Australian Coal Association Research Program, Brisbane, Queensland, Australia.
- Yasukawa, S., Y. Tadokoro, and T. Kajiyama (1992).** Life cycle CO<sub>2</sub> emission from nuclear power reactor and fuel cycle system. (Выбросы CO<sub>2</sub> жизненного цикла системы ядерного энергетического реактора и топливного цикла) In: *Expert Workshop on Life-cycle Analysis of Energy Systems, Methods and Experience*. Paris, France, 21-22 May 1992, pp. 151-160.
- Yasukawa, S., Y. Tadokoro, O. Sato, and M. Yamaguchi (1996).** Integration of indirect CO<sub>2</sub> emissions from the full energy chain. (Интеграция косвенных выбросов CO<sub>2</sub> от полной энергетической цепочки). In: *IAEA Advisory Group Meeting on Analysis of Net Energy Balance and Full-energy-chain Greenhouse Gas Emissions for Nuclear and Other Energy Systems*. Beijing, China, pp. 139-150. Available at: [www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/013/28013414.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/013/28013414.pdf).

## Энергия океана (5)

- Parker, R.P.M., G.P. Harrison, and J.P. Chick (2008).** Energy and carbon audit of an offshore wave energy converter (Энергетическая и углеродная проверка преобразователя энергии волн морского базирования). *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 221(8), pp. 1119-1130.
- Rule, B.M., Z.J. Worth, and C.A. Boyle (2009).** Comparison of life cycle carbon dioxide emissions and embodied energy in four renewable electricity generation technologies in New Zealand (Сравнение выбросов двуокиси углерода и затраченной энергии для четырех электрогенерирующих технологий в Новой Зеландии). *Environmental Science & Technology*, 43(16), pp. 6406-6413.
- Sorensen, H.C., and S. Naef (2008).** Report on Technical Specification of Reference Technologies (Wave and Tidal Power Plant (Доклад о технических характеристиках референтных технологий (Ветровая и приливная электростанция)). New Energy Externalities Developments for Sustainability (NEEDS), Rome, Italy and SPOK Consult, Copenhagen, Denmark, 59 pp.
- Wibberley, L. (2001).** Coal in a Sustainable Society (Уголь в устойчивом обществе.) Australian Coal Association Research Program, Brisbane, Queensland, Australia.
- Woolcombe-Adams, C., M. Watson, and T. Shaw (2009).** Severn Barrage tidal power project: Implications for carbon emissions (Проект приливной электроэнергетики Северн Барраж: последствия с точки зрения углеродных выбросов). *Water and Environment Journal*, 23(1), pp. 63-68.

## Выработка электроэнергии на основе нефти (10)

- Bates, J.L. (1995).** Full Fuel Cycle Atmospheric Emissions and Global Warming Impacts from UK Electricity Generation (Атмосферные выбросы на протяжении полного топливного цикла и воздействие выработки электроэнергии в СК на глобальное потепление). ETSU, London, UK, 51 pp.
- Berry, J.E., M.R. Holland, P.R. Watkiss, R. Boyd, and W. Stephenson (1998).** Power Generation and the Environment: a UK Perspective (Электроэнергетика и окружающая среда: взгляд из СК). AEA Technology, Oxfordshire, UK, 275 pp.
- Dones, R., S. Hirschberg, and I. Knoepfel (1996).** Greenhouse gas emission inventory based on full energy chain analysis (Инвентаризация выбросов парниковых газов на основе анализа полной энергетической цепочки). In: IAEA Advisory Group Meeting on Analysis of Net Energy Balance and Full-energy-chain Greenhouse Gas Emissions for Nuclear and Other Energy Systems. Beijing, China, 4-7 October 1994, pp. 95-114. Available at: [www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/013/28013414.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/013/28013414.pdf).
- Dones, R., U. Ganter, and S. Hirschberg (1999).** Environmental inventories for future electricity supply systems for Switzerland. (Экологическая инвентаризация будущих систем снабжения электроэнергией в Швейцарии). International Journal of Global Energy Issues, 12(1-6), pp. 271-282.
- Dones, R., T. Heck, C. Bauer, S. Hirschberg, P. Bickel, P. Preiss, L.I. Panis, and I. De Vlioger (2005).** Externalities of Energy: Extension of Accounting Framework and Policy Applications: New Energy Technologies (Внешнее воздействие энергетики: расширение системы учета и политические области применения: новые энергетические технологии). ENG1-CT-2002-00609, Paul Scherrer Institute (PSI), Villigen, Switzerland, 76 pp.
- Dones, R., C. Bauer, R. Bolliger, B. Burger, T. Heck, A. Roder, M.F. Emenegger, R. Frischknecht, N. Jungbluth, and M. Tuchschnid (2007).** Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and Other UCTE Countries. (Инвентаризация жизненного цикла для энергетических систем: результаты для существующих систем Швейцарии и других стран UCTE). Ecoinvent Report No. 5, Paul Scherrer Institute, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Villigen, Switzerland, 185 pp. Available at: [www.ecolo.org/documents/documents\\_in\\_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf](http://www.ecolo.org/documents/documents_in_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf).
- European Commission, 1995:** Oil & Gas. ExternE: Externalities of Energy (Нефть и газ. ExternE: Внешнее воздействие энергетики). European Commission, Directorate-General XII, Luxembourg, 4, 470 pp.
- Gagnon, L., C. Belanger, and Y. Uchiyama (2002).** Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001 (Оценка жизненного цикла для сценариев развития электроэнергетики. Состояние исследований на 2001 год). Energy Policy, 30, pp. 1267-1279.
- Hondo, H. (2005).** Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case (Анализ выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла систем выработки электроэнергии на примере Японии). Energy, 30(11-12), pp. 2042-2056.
- Kannan, R., C.P. Tso, R. Osman, and H.K. Ho (2004).** LCA-LCCA of oil fired steam turbine power plant in Singapore. (Оценка жизненного цикла и стоимостной анализ жизненного цикла паротурбинной установки в Сингапуре). Energy Conversion and Management, 45, pp. 3091-3107.
- Alsema, E.A. (2000).** Energy pay-back time and CO<sub>2</sub> emissions of PV systems (Срок окупаемости энергии и выбросы CO<sub>2</sub> от систем ФЭ). Progress in Photovoltaics, 8(1), pp. 17-25.
- Alsema, E.A., and M.J. de Wild-Scholten (2006).** Environmental Impacts of Crystalline Silicon Photovoltaic Module Production (Воздействие на окружающую среду производства фотоэлектрических модулей на основе кристаллического кремния). In: 13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, Leuven, Belgium, 31 May - 2 Jun, 2006. Available at: [www.mech.kuleuven.be/lce2006/Registration\\_papers.htm](http://www.mech.kuleuven.be/lce2006/Registration_papers.htm).
- Dones, R., T. Heck, and S. Hirschberg (2004).** Greenhouse gas emissions from energy systems, comparison and overview (Выбросы парниковых газов от энергетических систем, сравнение и обзор). Encyclopedia of Energy, 3, pp. 77-95.
- Frankl, P., E. Menichetti, M. Raugi, S. Lombardelli, and G. Prensushi (2005).** Final Report on Technical Data, Costs and Life Cycle Inventories of PV Applications (Заключительный доклад о технических данных, затратах и инвентаризации жизненного цикла для применений ФЭ). Ambiente Italia, Milan, Italy, 81 pp.
- Fthenakis, V.M., and E. Alsema (2006).** Photovoltaics energy payback times, greenhouse gas emissions and external costs: 2004 - early 2005 status (Сроки окупаемости энергии в фотоэлектрических элементах, выбросы парниковых газов и внешние затраты по состоянию на 2004 – начало 2005 г.). Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 14(3), pp. 275-280.
- Fthenakis, V., and H.C. Kim (2006).** Energy use and greenhouse gas emissions in the life cycle of CdTe photovoltaics ( Энергопотребление и выбросы парниковых газов на протяжении жизненного цикла в CdTe фотоэлектрических элементах). In: Life-Cycle Analysis Tools for “Green” Materials and Process Selection, Materials Research Society Symposium 2006. S. Papasavva and V.M.P.O. Fthenakis (eds.), Materials Research Society, Boston, MA, 28-30 November 2005, 895, pp. 83-88.
- Fthenakis, V.M., and H.C. Kim (2007).** Greenhouse-gas emissions from solar electric and nuclear power: A life-cycle study. (Выбросы парниковых газов от солнечной, электроэнергетики и атомной энергетики: Изучение жизненного цикла) Energy Policy, 35(4), pp. 2549-2557.
- Garcia-Valverde, R., C. Miguel, R. Martinez-Bejar, and A. Urbina (2009).** Life cycle assessment study of a 4.2 kW(p) stand-alone photovoltaic system (Исследование по оценке автономной установки фотовольтаики мощностью 4.2 кВт(р)). Solar Energy, 83(9), pp. 1434-1445.
- Graebig, M., S. Bringezu, and R. Fenner (2010).** Comparative analysis of environmental impacts of maize-biogas and photovoltaics on a land use basis (Сравнительный анализ воздействия на окружающую среду биогаза маиса и фотовольтаики с учетом землепользования). Solar Energy, 84(7), pp. 1255-1263.
- Greijer, H., L. Karlson, S.E. Lindquist, and A. Hagfeldt (2001).** Environmental aspects of electricity generation from a nanocrystalline dye sensitized solar cell system (Экологические аспекты генерации электроэнергии при помощи системы нанокристаллических сенсibilизированных солнечных элементов). Renewable Energy, 23(1), pp. 27-39.
- Hayami, H., M. Nakamura, and K. Yoshioka (2005).** The life cycle CO<sub>2</sub> emission performance of the DOE/NASA solar power satellite system: a comparison of alternative power generation systems in Japan (Показатели выбросов CO<sub>2</sub> солнечной энергетической спутниковой системы DOE/NASA). IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, 35(3), pp. 391-400.
- Hondo, H. (2005).** Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case (Анализ выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла от систем выработки электроэнергии на примере Японии). Energy, 30(11-12), pp. 2042-2056.
- Ito, M., K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, H. Sugihara, and K. Kurokawa (2003).** An analysis of variation of very large-scale PV (VLS-PV) systems in the world deserts (Анализ различных систем ФЭ очень большого масштаба (VLS-PV) в пустынях мира). In: 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC). WCPEC, Osaka, Japan, 11-18 May 2003, C, pp. 2809-2814.
- Kannan, R., K.C. Leong, R. Osman, H.K. Ho, and C.P. Tso (2006).** Life cycle assessment study of solar PV systems: An example of a 2.7 kWp distributed solar PV System in Singapore (Оценка жизненного цикла солнечных систем ФЭ на примере распределенной 2.7 кВтр системы ФЭ в Сингапуре). Solar Energy, 80(5), pp. 555-563.
- Lenzen, M., C. Dey, C. Hardy, and M. Bilek (2006).** Life-cycle Energy Balance and Greenhouse Gas Emissions of Nuclear Energy in Australia (Энергетический баланс жизненного цикла и выбросы парниковых газов в атомной энергетике Австралии). ISA, University of Sydney, Sydney, Australia, 180 pp.
- Muneer, T., S. Younes, P. Clarke, and J. Kubie (2006).** Napier University’s School of Engineering Life Cycle Assessment of a Medium Sized PV Facility in Edinburgh. Euro-Sun (Школа университета Напьер по инженерной оценке жизненного цикла установки ФЭ среднего размера в Эдинбурге. ЕвроСан).E506-T10-0171, The Solar Energy Society, Glasgow, 157 pp.
- Pacca, S.A. (2003).** Global Warming Effect Applied to Electricity Generation Technologies (Эффект глобального потепления применительно к технологиям выработки электроэнергии). PhD Thesis, University of California, Berkeley, CA, USA, 191 pp.
- Pehnt, M. (2006).** Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies. (Динамическая оценка жизненного цикла (ОЖЦ) технологий на основе возобновляемых источников энергии). Renewable Energy, 31(1), pp. 55-71.
- Pehnt, M., A. Bubbenzer, and A. Rauber (2002).** Life cycle assessment of photovoltaic systems—Trying to fight deep-seated prejudices (Оценка жизненного цикла систем

- фотовольтаики— Попытка совладать с глубокими предрассудками). In: *Photovoltaics Guidebook for Decision Makers*. A. Bubenzer and J. Luther (eds.), Springer, Berlin, Germany, pp. 179-213.
- Reich-Weiser, C. (2010).** Decision-Making to Reduce Manufacturing Greenhouse Gas Emissions (Принятие решений в целях уменьшения выбросов парниковых газов на этапе изготовления). PhD Thesis, University of California, Berkeley, CA, USA, 101 pp.
- Reich-Weiser, C., T. Fletcher, D.A. Dornfeld, and S. Horne (2008).** Development of the Supply Chain Optimization and Planning for the Environment (SCOPE) tool - Applied to solar energy (Разработка инструмента оптимизации цепочки предложения и планирование природоохранных мероприятий (SCOPE) – Применительно к солнечной энергетике). In: 2008 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment. IEEE, San Francisco, CA, 19-21 May 2008, 6 pp.
- Sengul, H. (2009).** Life Cycle Analysis of Quantum Dot Semiconductor Materials (Анализ жизненного цикла кванто-точечных полупроводниковых материалов). PhD Thesis, University of Illinois, Chicago, IL, USA, 255 pp.
- Stoppato, A. (2008).** Life cycle assessment of photovoltaic electricity generation (Оценка жизненного цикла выработки электроэнергии на основе фотовольтаики). *Energy*, 33(2), pp. 224-232.
- Tripanagnostopoulos, Y., M. Souliotis, R. Battisti, and A. Corrado (2006).** Performance, cost and life-cycle assessment study of hybrid PVT/AIR solar systems (Исследование по оценке производительности, затрат и жизненного цикла гибридных PVT/AIR солнечных систем). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 14(1), pp. 65-76.
- Uchiyama, Y. (1997).** Life cycle analysis of photovoltaic cell and wind power plants (Анализ жизненного цикла фотоэлектрических элементов и ветряных электростанций). In: IAEA Advisory Group Meeting on the Assessment of Greenhouse Gas Emissions from the Full Energy Chain of Solar and Wind Power, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 21-24 October 1996, pp. 111-122.
- Voorspools, K.R., E.A. Brouwers, and W.D. D'Haeseleer (2000).** Energy content and indirect greenhouse gas emissions embedded in 'emission-free' power plants: Results for the low countries (Энергетическая потребность и косвенные выбросы парниковых газов, присущие электростанциям "без выбросов". Результаты для Бельгии). *Applied Energy*, 67(3), pp. 307-330.
- ### Ветровая энергетика (49)
- Ardente, F., M. Beccali, M. Cellura, and V. Lo Brano (2008).** Energy performances and life cycle assessment of an Italian wind farm (Энергетическая производительность и оценка жизненного цикла итальянской ветряной фермы). *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 12(1), pp. 200-217.
- Berry, J.E., M.R. Holland, P.R. Watkiss, R. Boyd, and W. Stephenson (1998).** Power Generation and the Environment: a UK Perspective. (Электроэнергетика и окружающая среда: взгляд из СК). AEA Technology, Oxfordshire, UK, 275 pp.
- Chataignere, A., and D. Le Boulch (2003).** Wind Turbine (WT) Systems: Final Report (Системы ветряных турбин (BT): Заключительный доклад). Energy de France (EDF R&D), Paris, France, 110 pp.
- Crawford, R.H. (2009).** Life cycle energy and greenhouse emissions analysis of wind turbines and the effect of size on energy yield (Анализ энергии и выбросов парниковых газов на протяжении жизненного цикла ветряных турбин и влияние их размера на энергетический выход). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), pp. 2653-2660.
- Dolan, S.L. (2007).** Life Cycle Assessment and Energy Synthesis of a Theoretical Offshore Wind Farm for Jacksonville, Florida (Оценка жизненного цикла и синтеза энергии на теоретической морской ветряной ферме в Джексонвилле, Флорида). M.S. Thesis, University of Florida, 125 pp. Available at: [http://etd.fcla.edu/UF/JFE0021032/dolan\\_s.pdf](http://etd.fcla.edu/UF/JFE0021032/dolan_s.pdf).
- Dones, R., T. Heck, C. Bauer, S. Hirschberg, P. Bickel, P. Preiss, L.I. Panis, and I. De Vlieger (2005).** Externalities of Energy: Extension of Accounting Framework and Policy Applications: New Energy Technologies (Внешнее воздействие энергетике: Расширение системы учета и политические применения: Новые энергетические технологии). ENG1-CT-2002-00609, Paul Scherrer Institute (PSI), Villigen, Switzerland, 76 pp.
- Dones, R., C. Bauer, R. Bolliger, B. Burger, T. Heck, A. Roder, M.F. Emenegger, R. Frischknecht, N. Jungbluth, and M. Tuchschnid (2007).** Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and Other UCTE Countries (Инвентаризация жизненного цикла для энергетических систем: результаты для существующих систем Швейцарии и других стран UCTE). *Ecoinvent Report No. 5*, Paul Scherrer Institute, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Villigen, Switzerland, 185 pp. Available at: [www.ecolo.org/documents/documents\\_in\\_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf](http://www.ecolo.org/documents/documents_in_english/Life-cycle-analysis-PSI-05.pdf).
- DONG Energy (2008).** Life Cycle Approaches to Assess Emerging Energy Technologies: Final Report on Offshore Wind Technology (Подходы к оценке вновь возникающих энергетических технологий с точки зрения жизненного цикла: Заключительный отчет по морской ветровой технологии). DONG Energy, Fredericia, Denmark, 60 pp.
- Enel SpA (2004).** Certified Environmental Product Declaration of Electricity from Enel's Wind Plant in Sclafani Bagni (Palermo, Italy) (Сертифицированная экологическая декларация производителя электроэнергии ветровой установки Енел в Склафани Баньи (Палермо, Италия). Enel SpA, Rome, Italy, 25 pp.
- European Commission (1995).** Wind & Hydro. ExternE: Externalities of Energy (Ветровая энергетика и гидроэнергетика. ExternE Внешнее воздействие энергетике) European Commission, Directorate-General XII, Luxembourg, 6, 295 pp.
- Frischknecht, R. (1998).** Life Cycle Inventory Analysis for Decision-Making: Scope-Dependent Inventory System Models and Context-Specific Joint Product Allocation (Инвентаризационный анализ жизненного цикла для принятия решений: зависящие от масштаба инвентаризационные системные модели и распределение совместной продукции с учетом конкретных условий). Dissertation, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich, Switzerland, 256 pp.
- Hartmann, D. (1997).** FENCH-analysis of electricity generation greenhouse gas emissions from solar and wind power in Germany (Анализ выбросов парниковых газов от солнечной и ветровой энергетике в электрогенерирующей отрасли) In: IAEA Advisory Group Meeting on Assessment of Greenhouse Gas Emissions from the Full Energy Chain of Solar and Wind Power. IAEA, Vienna, Austria, 21-24 October 1996, pp. 77-87.
- Hondo, H. (2005).** Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case (Анализ выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла систем выработки электроэнергии на примере Японии). *Energy*, 30(11-12), pp. 2042-2056.
- Jacobson, M.Z. (2009).** Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security (Обзор подходов к решению вопросов глобального потепления, загрязнения воздуха и энергетической безопасности). *Energy & Environmental Science*, 2, pp. 148-173.
- Jungbluth, N., C. Bauer, R. Dones, and R. Frischknecht (2005).** Life cycle assessment for emerging technologies: Case studies for photovoltaic and wind power. (Оценка жизненного цикла для новых технологий: Специальные исследования по фотовольтаике и ветровой энергетике) *International Journal of Life Cycle Assessment*, 10(1), pp. 24-34.
- Khan, F.I., K. Hawboldt, and M.T. Iqbal (2005).** Life cycle analysis of wind-fuel cell integrated system (Анализ жизненного цикла интегрированной системы ветро-топливных элементов). *Renewable Energy*, 30(2), pp. 157-177.
- Krewitt, W., P. Mayerhofer, R. Friedrich, A. Truckenmüller, T. Heck, A. Gressmann, F. Raptis, F. Kaspar, J. Sachau, K. Rennings, J. Diekmann, and B. Praetorius (1997).** ExternE National Implementation in Germany (ExternE. Реализация на национальном уровне в Германии). University of Stuttgart, Stuttgart, Germany, 189 pp.
- Kuemmel, B., and B. Sørensen (1997).** Life-cycle Analysis of the Total Danish Energy System (Анализ жизненного цикла всей энергетической системы Дании). IMFUFA, Roskilde Universitetscenter, Roskilde, Denmark, 219 pp.
- Lee, Y.-M., and Y.-E. Tzeng (2008).** Development and life-cycle inventory analysis of wind energy in Taiwan (Разработка и анализ кадастров жизненного цикла ветровой энергетике на Тайване). *Journal of Energy Engineering*, 134(2), pp. 53-57.
- Lenzen, M., and U. Wachsman (2004).** Wind turbines in Brazil and Germany: An example of geographical variability in life-cycle assessment (Ветровые турбины в Бразилии и Германии: географическая изменчивость в оценках жизненного цикла). *Applied Energy*, 77(2), pp. 119-130.
- Liberman, E.J. (2003).** A Life Cycle Assessment and Economic Analysis of Wind Turbines Using Monte Carlo Simulation (Оценка жизненного цикла и экономический анализ ветровых турбин с использованием моделирования по методу Монте Карло). M.S. Thesis, Air Force Institute of Technology, Wright-Patterson Air Force Base, OH, USA, 162 pp.
- Martinez, E., F. Sanz, S. Pellegrini, E. Jiménez, and J. Blanco (2009).** Life-cycle assessment of a 2-MW rated power wind turbine: CML method. (Оценка жизненного цикла ветровой турбины с мощностью 2-MW: метод CML для оценки воздействия) *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(1), pp. 52-63.

- McCulloch, M., M. Reynolds, and M. Laurie (2000).** Life-Cycle Value Assessment of a Wind Turbine (Стоимостная оценка жизненного цикла ветровой турбины). The Pembina Institute, Drayton Valley, Alberta, Canada, 14 pp.
- Nadal, G. (1995).** Life cycle direct and indirect pollution associated with PV and wind energy systems (Прямое и косвенное загрязнение на протяжении жизненного цикла систем ФЭ и ветровой энергии). In: ISES 1995: Solar World Congress. Foundation Bariloche, Harare, Zimbabwe, 11-15 September 1995, pp. 39
- Pacca, S.A. (2003).** Global Warming Effect Applied to Electricity Generation Technologies (Эффект глобального потепления применительно к технологиям выработки электроэнергии). PhD Thesis, University of California, Berkeley, CA, USA, 191 pp.
- Pacca, S.A., and A. Horvath (2002).** Greenhouse gas emissions from building and operating electric power plants in the upper Colorado River Basin (Выбросы парниковых газов от строительства и действующих электростанций в верховье бассейна реки Колорадо). *Environmental Science & Technology*, 36(14), pp. 3194-3200.
- Pehnt, M. (2006).** Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies (Динамическая оценка жизненного цикла (ОЖЦ) технологий на основе возобновляемых источников энергии). *Renewable Energy*, 31(1), pp. 55-71.
- Pehnt, M., M. Oeser, and D.J. Swider (2008).** Consequential environmental system analysis of expected offshore wind electricity production in Germany (Последовательный экологический системный анализ производства электроэнергии с использованием ветроэнергетических установок морского базирования в Германии). *Energy*, 33(5), pp. 747-759.
- Proops, J.L.R., P.W. Gay, S. Speck, and T. Schröder, 1996:** The lifetime pollution implications of various types of electricity generation. An input-output analysis. (Последствия загрязнения на протяжении жизненного цикла от различных типов ветроэнергетики. Анализ затрат и выпуска) *Energy Policy*, 24(3), pp. 229-237.
- Rule, B.M., Z.J. Worth, and C.A. Boyle (2009).** Comparison of life cycle carbon dioxide emissions and embodied energy in four renewable electricity generation technologies in New Zealand (Сравнение выбросов двуоксида углерода и затраченной энергии для четырех электрогенерирующих технологий в Новой Зеландии). *Environmental Science & Technology*, 43(16), pp. 6406-6413.
- Rydh, J., M. Jonsson, and P. Lindahl (2004).** Replacement of Old Wind Turbines Assessed from Energy, Environmental and Economic Perspectives (Замена старых ветровых турбин и их оценка с энергетической, экологической и экономической точек зрения). University of Kalmar, Department of Technology, Kalmar, Sweden, 33 pp.
- Saskatchewan Energy Conservation and Development Authority (1994).** Levelized Cost and Full Fuel Cycle Environmental Impacts of Saskatchewan's Electric Supply Options (Нормированная стоимость и последствия для окружающей среды, с учетом полного топливного цикла, сценариев предложения электроэнергии в Саскачеване). SECA Publication No. T800-94-004, Saskatoon, SK, Canada, 205 pp.
- Schleisner, L. (2000).** Life cycle assessment of a wind farm and related externalities (Оценка жизненного цикла ветряной фермы и связанное с ней внешнее воздействие). *Renewable Energy*, 20(3), pp. 279-288.
- Spitzley, D.V., and G.A. Keoleian (2005).** Life Cycle Environmental and Economic Assessment of Willow Biomass Electricity: A Comparison with Other Renewable and Non-renewable Source. (Экологическая и экономическая оценка жизненного цикла выработки электроэнергии на основе биомассы ивы: Сравнение с другими возобновляемыми и не- возобновляемыми источниками) Report No. CSS04-05R, University of Michigan, Center for Sustainable Systems, Ann Arbor, MI, USA, 69 pp.
- Tremeac, B., and F. Meunier (2009).** Life cycle analysis of 4.5 MW and 250 W wind turbines (Анализ жизненного цикла ветровых турбин мощностью 4.5 МВт и 250 Вт). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), pp. 2104-2110.
- Uchiyama, Y. (1997).** Life cycle analysis of photovoltaic cell and wind power plants (Анализ жизненного цикла фотоэлектрических элементов и ветровых электростанций). In: IAEA Advisory Group Meeting on the Assessment of Greenhouse Gas Emissions from the Full Energy Chain of Solar and Wind Power, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 21-24 October 1996, pp. 111-122.
- van de Vate, J.F. (1996).** Comparison of the greenhouse gas emissions from the full energy chains of solar and wind power generation (Сравнение выбросов парниковых газов для полных энергетических цепочек и ветроэнергетики). In: IAEA Advisory Group Meeting organized by the IAEA Headquarters. IAEA, Vienna, Austria, 21-24 October 1996, pp. 13
- Vattenfall AB (2003).** Certified Environmental Product Declaration of Electricity from Vattenfall AB's Swedish Windpower Plant (Сертифицированная экологическая декларация производителя электроэнергии для шведской ветроэнергетической установки Ваттенфалл АБ) Vattenfall, Stockholm, Sweden, 31 pp.
- Vattenfall AB (2010).** Vattenfall Wind Power Certified Environmental Product Declaration EPD of Electricity from Vattenfall's Wind Farms (Сертифицированная экологическая декларация производителя электроэнергии для ветровых ферм Ваттенфалл АБ) Vattenfall Wind Power, Stockholm, Sweden, 51 pp.
- Vestas Wind Systems A/S (2006).** Life Cycle Assessment of Electricity Produced from Onshore Sited Wind Power Plants Based on Vestas V82-1.65 MW turbines (Оценка жизненного цикла электроэнергии, произведенной наземными ветровыми энергетическими установками на основе турбин Вестас V82-1.65 МВт) Vestas, Randers, Denmark, 77 pp.
- Vestas Wind Systems A/S (2006).** Life Cycle Assessment of Offshore and Onshore Sited Wind Power Plants Based on Vestas V90-3.0 MW Turbines. (Оценка жизненного цикла морских и наземных ветровых энергетических установок на основе турбин Вестас V90-3.0 МВт) Randers, Denmark, 60 pp.
- Voorspoels, K.R., E.A. Brouwers, and W.D. D'Haeseleer (2000).** Energy content and indirect greenhouse gas emissions embedded in 'emission-free' power plants: Results for the low countries (Энергетическая потребность и косвенные выбросы парниковых газов, присущие электростанциям "без выбросов" в Бельгии). *Applied Energy*, 67(3), pp. 307-330.
- Waters, T.M., R. Forrest, and D.C. McConnell (1997).** Life-cycle assessment of wind energy: A case study based on Baix Ebre Windfarm, Spain. (Оценка жизненного цикла ветроэнергетики: специальное исследование для ветровой фермы Баш Эбре) In: *Wind Energy Conversion 1997: Proceedings of the Nineteenth BWEA Wind Energy Conference*, R. Hunter (ed.), Mechanical Engineering Publications Limited, Heriot-Watt University, Edinburgh, UK, 16-18 July 1997, pp. 231-238.
- Weinzettel, J., M. Reenaas, C. Solli, and E.G. Hertwich (2009).** Life cycle assessment of a floating offshore wind turbine (Оценка жизненного цикла ветровой турбины морского базирования) *Renewable Energy*, 34(3), pp. 742-747.
- White, S. (2006).** Net energy payback and CO<sub>2</sub> emissions from three Midwestern wind farms: An update. (Чистая окупаемость энергии и выбросы CO<sub>2</sub> от трех ветровых ферм на среднем западе: последние сведения) *Natural Resources Research*, 15(4), pp. 271-281.
- White, S.W., and G.L. Kulcinski (1998).** Net Energy Payback and CO<sub>2</sub> Emissions from Wind-Generated Electricity in the Midwest (Чистая окупаемость энергии и выбросы CO<sub>2</sub> от ветроэнергетического производства на среднем западе) UWFD-1092, University of Wisconsin, Madison, WI, USA, 72 pp.
- White, S.W., and G.L. Kulcinski (1999).** 'Birth to Death' Analysis of the Energy Payback Ratio and CO<sub>2</sub> Gas Emission Rates from Coal, Fission, Wind, and DT Fusion Power Plants. (Анализ по принципу «от рождения до смерти» коэффициентов окупаемости энергии и интенсивности газовых выбросов CO<sub>2</sub> от электростанций на угле, ядерных электростанций, ветроэлектростанций, и электростанций термоядерного синтеза с D-T топливом). University of Wisconsin, Madison, WI, USA, 17 pp.
- Wibberley, L. (2001).** Coal in a Sustainable Society (Уголь в устойчивом обществе) Australian Coal Association Research Program, Brisbane, Queensland, Australia.
- World Energy Council (2004).** Comparison of Energy Systems Using Life Cycle Assessment (Сравнение энергетических систем с использованием оценки жизненного цикла) World Energy Council, London, UK, 67 pp.

### A.II.5.3 Обзор оперативного водопользования технологий выработки электроэнергии

В настоящем обзоре описаны методы всестороннего обзора опубликованных оценок интенсивности оперативного водозабора и водопотребления для технологий выработки электроэнергии. Результаты рассмотрены в разделе 9.3.4.4 и представлены на рисунке 9.14.

#### A.II.5.3.1 Методология обзора

Был проведен обзор литературы по водопотреблению и водозабору на протяжении жизненного цикла технологий выработки электроэнергии, однако вследствие недостаточности качественных данных широкого охвата обзор был сконцентрирован исключительно на оперативном водопользовании.

Представленная здесь литература по жизненному циклу представляет собой работы, прошедшие процесс отбора, который проводился для их включения в обзор в рамках настоящего доклада по выбросам ПГ, связанным с жизненным циклом технологий выработки электроэнергии (см. А II.5.2). Водопользование на первых этапах технологической цепочки для энергетических культур, используемых для производства биотоплива, не является предметом рассмотрения в данном разделе.

В обзор не вносили изменений (за исключением пересчета единиц измерения) и не проверяли точность оценок водопользования, опубликованных в исследованиях, которые удовлетворяют критериям отбора. Более того, поскольку оценки использованы в том виде, в каком они были ранее опубликованы, неизбежна существенная методологическая несогласованность, что ограничивает возможности сопоставления. Ранее предпринимались попытки провести обзор публикаций, посвященных оперативному водопользованию в технологиях выработки электроэнергии, хотя все они имели ограничения по полноте охвата либо с точки зрения рассмотренных технологий, либо с точки зрения исходной литературы. ( Gleick, 1993; Inhaber, 2004; NETL, 2007a,b; WRA, 2008; Fthenakis and Kim, 2010). Ввиду этого настоящий обзор, дающий представление о материале, использованном в докладе, является единственным в своем роде.

### Подбор литературы

Выявление подходящей литературы начали с основной библиотеки ссылок, имевшейся в распоряжении исследователей, и последующего поиска по крупным библиографическим базам данных с использованием ряда поисковых алгоритмов и комбинаций ключевых слов, после чего просматривали списки литературы в каждом из выбранных источников. Всю собранную литературу заносили в базу библиографическую данных. Описанные методы подбора литературы относятся ко всем классам технологий выработки электроэнергии, которые были рассмотрены в обзоре в рамках настоящего доклада.

### Отбор литературы

Собранная литература независимо подвергалась проверке различными экспертами с целью отбора ссылок, которые отвечают критериям качества и релевантности. Исследования по тематике оперативного водопользования должны были быть на английском языке, рассматривать вопросы оперативного водопользования на предприятиях, расположенных в Северной Америке, содержать достаточно информации для расчета показателя интенсивности водопользования (в кубических метрах на мегаватт-час электроэнергии), содержать оценки водопотребления, которые не дублируют другие ранее опубликованные данные, и быть представлены в одном из следующих форматов: журнальная статья, труды конференции или доклад (авторами которого являются государственные учреждения, неправительственные организации, международные институты или корпорации). Оценки интенсивности среднего водопотребления на национальном уровне для конкретных технологий, оценки существующего оперативного водопользования на предприятиях и оценки, полученные в лабораторных экспериментах, были рассмотрены на равноценной основе. Учитывая скудность имеющихся оценок водопотребления для технологий выработки электроэнергии и то, что оценки, которые были опубликованы ранее, уже используются в политическом контексте, другого отбора литературы по качеству или полноте изложенного материала не проводили.

### Анализ оценок

Оценки относили к различным категориям по топливным технологиям и системам охлаждения. Для удобства анализа проводили некоторое обобщение по типу топливной технологии и типу системы охлаждения. Установки концентрирования солнечной энергии включают в себя как параболические системы, так и энергетические системы башенного типа. К ядерным технологиям

относят реакторы с водой под давлением и реакторы с кипящей водой. Угольные технологии представлены субкритическими и сверхкритическими технологиями. Для технологий охлаждения с рециркуляцией не делается различия между системами башенного типа с естественной вентиляцией и механической вентиляцией. Аналогично, все системы с бассейновым охлаждением рассматривали одинаковым образом. Оценки переводили в общепринятые единицы измерения: кубические метры на МВтч электроэнергии. Перевод проводили, не прибегая к внешним допущениям, а если они требовались, то такую оценку не использовали в анализе.

### A.II.5.3.2 Список литературы

- CEC (2008).** 2007 Environmental Performance Report of California's Electrical Generation System. (Отчет об экологической эффективности электроэнергетической системы Калифорнии) California Energy Commission (CEC) Final Staff Report, CA, USA.
- Cohen, G., D.W. Kearney, C. Drive, D. Mar, and G.J. Kolb (1999).** Final Report on the Operation and Maintenance Improvement Program for Concentrating Solar Plants. (Заключительный доклад по программе улучшения эксплуатации и технического обслуживания установок концентрирования солнечной энергии). Sandia National Laboratories Technical Report-SAND99-1290, doi:10.2172/8378, Albuquerque, NM, USA.
- Dziegielewski, B., and T. Bik (2006).** Water Use Benchmarks for Thermolectric Power Generation (Стандарты водопользования для тепловых электростанций). Research Report of the Department of Geography and Environmental Resources, Southern Illinois University, Carbondale, IL, USA.
- EPRI (2002).** Water and sustainability (Volume 2): an assessment of water demand, supply, and quality in the U.S.-the next half century (Вода и устойчивость (том 2): оценка спроса на воду, ее предложения и качества воды в США в ближайшие полвека) Technical Report 1006785, Electric Power Research Institute (EPRI). Palo Alto, CA, USA.
- EPRI and US DOE (1997).** Renewable Energy Technology Characterizations (Характеристика технологий возобновляемой энергии) EPRI Topical Report-109496, Electric Power Research Institute (EPRI) and U.S. Department of Energy (US DOE), Palo Alto, CA and Washington, DC, USA.
- Feeley, T.J., L. Green, J.T. Murphy, J. Hoffmann, and B.A. Carney (2005).** Department of Energy / Office of Fossil Energy's Power Plant Water Management R & D Program (Министерство энергетики / Бюро научно-исследовательской программы по водохозяйственным мероприятиям на электростанциях, работающих на ископаемом топливе) National Energy Technology Laboratory, Pittsburgh, PA, USA, 18 pp. Available at: [www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/pubs/IEP\\_Power\\_Plant\\_Water\\_R%26D\\_Final\\_1.pdf](http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/pubs/IEP_Power_Plant_Water_R%26D_Final_1.pdf).
- Feeley, T.J., T.J. Skone, G.J. Stiegel, A. McNemar, M. Nemeth, B. Schimmoller, J.T. Murphy, and L. Manfredo (2008).** Water: A critical resource in the thermolectric power industry (Вода: важнейший ресурс в тепло-электроэнергетике). Energy, 33, pp. 1-11.
- Fthenakis, V., and H.C. Kim (2010).** Life-cycle uses of water in U.S. electricity generation (Использование воды на протяжении жизненного цикла в электроэнергетике США). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, pp. 2039-2048.
- Gleick, P. (1992).** Environmental consequences of hydroelectric development: The role of facility size and type (Экологические последствия развития гидро-электроэнергетики: значение масштаба и типа предприятия). Energy, 17(8), pp. 735-747.
- Gleick, P. (1993).** Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources (Водный кризис: руководство по пресноводным ресурсам мира). Oxford University Press, New York, NY, USA.
- Hoffmann, J., S. Forbes, and T. Feeley (2004).** Estimating Freshwater Needs to Meet 2025 Electricity Generating Capacity Forecasts (Оценка потребностей в пресной воде для реализации прогнозов развития электрогенерирующих мощностей к 2025 г.). National Energy Technology Laboratory Pittsburgh, PA, USA, 12 pp. Available at: [www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/pubs/Estimating%20Freshwater%20Needs%20to%202025.pdf](http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/pubs/Estimating%20Freshwater%20Needs%20to%202025.pdf).
- Inhaber, H. (2004).** Water use in renewable and conventional electricity production (Водопользование в возобновляемом и традиционном производстве электроэнергии) Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 26, pp. 309-322, doi:10.1080/00908310490266698.

- Kelly, B. (2006).** Nexant Parabolic Trough Solar Power Plant Systems Analysis-Task 2 : Comparison of Wet and Dry Rankine Cycle Heat Rejection. (Анализ систем установки с параболическим солнечным коллектором – Задача 2: Сравнение отвода тепла с влажным и сухим циклом Ренкина). Subcontractor Report-NREL/SR-550-40163, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, USA. Available at: [www.nrel.gov/csp/troughnet/pdfs/40163.pdf](http://www.nrel.gov/csp/troughnet/pdfs/40163.pdf).
- Leitner, A. (2002).** Fuel from the Sky: Solar Power's Potential for Western Energy Supply (Топливо с небес: потенциальные возможности поставок энергии с запада) Subcontractor Report-NREL/SR 550-32160, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, USA. Available at: [www.nrel.gov/csp/pdfs/32160.pdf](http://www.nrel.gov/csp/pdfs/32160.pdf).
- Mann, M., and P. Spath (1997).** Life Cycle Assessment of a Biomass Gasification Combined-Cycle System (Оценка жизненного цикла систем комбинированного цикла с газификацией биомассы). Technical Report-TP-430-23076, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, USA. Available at: [www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/23076.pdf](http://www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/23076.pdf).
- Meridian (1989).** Energy System Emissions and Material Requirements. (Выбросы энергетических систем и материальные затраты). Meridian Corporation Report to U.S. Department of Energy (DOE), Washington, DC, USA.
- NETL (2007).** Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants-Volume 1: Bituminous Coal and Natural Gas to Electricity Final Report. (Заключительный доклад-Стоимость и исходные характеристики энергетических установок на ископаемом топливе: том I: от битумного угля и природного газа к электроэнергии) DOE/NETL-2007/1281, National Energy Technology Laboratory (NETL), Pittsburgh, PA, USA. Available at [www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/BitBase\\_FinRep\\_2007.pdf](http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/BitBase_FinRep_2007.pdf).
- NETL (2007).** Power Plant Water Usage and Loss Study. 2007 Update (Водопользование и потери воды на электростанции, обновленная версия 2007) National Energy Technology Laboratory (NETL), Pittsburgh, PA, USA. Available at: [www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/pubs/pdf/WaterReport\\_Revised%20May2007.pdf](http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/pubs/pdf/WaterReport_Revised%20May2007.pdf).
- NETL (2009).** Estimating Freshwater Needs to Meet Future Thermolectric Generation Requirements ( Оценка спроса на пресную воду для удовлетворения потребностей тепло-электроэнергетики в будущем) . DOE/NETL-400/2009/1339, National Energy Technology Laboratory (NETL), Pittsburgh, PA, USA. Available at: [www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/2009%20Water%20Needs%20Analysis%20-%20Final%20%289-30-2009%29.pdf](http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/2009%20Water%20Needs%20Analysis%20-%20Final%20%289-30-2009%29.pdf).
- NETL (2009).** Existing Plants, Emissions and Capture – Setting Water-Energy R&D Program Goals. (Существующие установки. Выбросы и улавливание – определение целей научно-исследовательской программы по водохозяйственным мероприятиям в энергетике) DOE/NETL-2009/1372, National Energy Technology Laboratory (NETL), Pittsburgh, PA, USA. Available at: [www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/water/pdfs/EPEC%20water-energy%20R%26D%20goal%20update%20v.1%20may09.pdf](http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/water/pdfs/EPEC%20water-energy%20R%26D%20goal%20update%20v.1%20may09.pdf).
- Sargent&Lundy (2003).** Assessment of Parabolic Trough and Power Tower Solar Technology Cost and Performance Forecasts (Оценка стоимости параболических солнечных коллекторов и коллекторов башенного типа и прогноз их производительности) NREL/SR-550-34440, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, USA. Available at: [www.nrel.gov/docs/fy04osti/34440.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34440.pdf).
- Stoddard, L., J. Abiecunas, and R.O. Connell (2006).** Economic, Energy, and Environmental Benefits of Concentrating Solar Power in California (Экономические, энергетические и экологические выгоды концентрирования солнечной энергии в Калифорнии) NREL/SR-550-39291, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, USA. Available at: [www.nrel.gov/docs/fy06osti/39291.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39291.pdf).
- Torcellini, P., N. Long, and R. Judkoff (2003).** Consumptive Water Use for U.S. Power Production (Безвозвратное водопотребление в производстве электроэнергии в США). Technical Report-TP-550-33905, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, USA. Available at: [www.nrel.gov/docs/fy04osti/33905.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33905.pdf).
- Turchi, C., M. Wagner, and C. Kutscher (2010).** Water Use in Parabolic Trough Power Plants: Summary Results from WorleyParsons' Analyses (Водопотребление в установках с параболическим солнечным коллектором: Итоги анализов, проведенных ВорлиПарсонс). NREL/TP-5500-49468, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, USA. Available at: [www.nrel.gov/docs/fy11osti/49468.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy11osti/49468.pdf).
- US DOE (2009).** Concentrating Solar Power Commercial Application Study: Reducing Water Consumption of Concentrating Solar Power Electricity Generation (Исследование коммерческого применения концентрированной солнечной энергии: снижение водопотребления в электроэнергетике, использующей концентрирование солнечной энергии). Report to Congress. U.S. Department of Energy (DOE), Washington, DC, USA.
- Viebahn, P., S. Kronshage, F. Trieb, and Y. Lechon (2008).** Final Report on Technical Data, Costs, and Life Cycle Inventories of Solar Thermal Power Plants. (Заключительный доклад по техническим данным, затратам и инвентаризации жизненного цикла солнечных тепло-электроэнергетических установок) Project 502687, New Energy Externalities Developments for Sustainability (NEEDS), Brussels, Belgium, 95 pp. Available at: [www.needs-project.org/RS1a/RS1a%20D12.2%20Final%20report%20concentrating%20solar%20thermal%20power%20plants.pdf](http://www.needs-project.org/RS1a/RS1a%20D12.2%20Final%20report%20concentrating%20solar%20thermal%20power%20plants.pdf).
- WorleyParsons (2009).** Analysis of Wet and Dry Condensing 125 MW Parabolic Trough Power Plants (Анализ установок с параболическим солнечным коллектором мощностью 125 MW с влажной и сухой конденсацией). WorleyParsons Report No. NREL-2-ME-REP-0002-R0, WorleyParsons Group, North Sydney, Australia.
- WorleyParsons (2009).** Beacon Solar Energy Project Dry Cooling Evaluation (Оценка сухого охлаждения в рамках проекта компании Бикон Солар) WorleyParsons Report No. FPLS-0-LI-450-0001, WorleyParsons Group, North Sydney, Australia.
- WorleyParsons (2010).** Material Input for Life Cycle Assessment Task 5 Subtask 2: O&M Schedules ( Материальные затраты для оценки жизненного цикла, Задача 5 Подзадача : Календарный план по эксплуатации и техобслуживанию). WorleyParsons Report No. NREL-0-LS-019-0005, WorleyParsons Group, North Sydney, Australia.
- WorleyParsons (2010).** Parabolic Trough Reference Plant for Cost Modeling with the Solar Advisor Model (Референтная установка с параболическим солнечным коллектором для моделирования затрат с использованием модели Солар Адвайзер). WorleyParsons Report, WorleyParsons Group, North Sydney, Australia.
- WRA (2008).** A Sustainable Path: Meeting Nevada's Water and Energy Demands. (Устойчивый путь: удовлетворение потребностей Невады в воде и энергии). Western Resource Advocates (WRA), Boulder, CO, USA, 43 pp. Available at: [www.westernresourceadvocates.org/water/NVenergy-waterreport.pdf](http://www.westernresourceadvocates.org/water/NVenergy-waterreport.pdf).
- Yang, X., and B. Dziegielewski (2007).** Water use by thermoelectric power plants in the United States (Водопотребление на теплоэлектростанциях США). Journal of the American Water Resources Association, 43, pp. 160-169.

#### A.II.5.4 Анализ риска

В настоящем разделе изложены методы, применяемые для оценки факторов опасности и рисков энергетических технологий, изложенных в разделе 9.3.4.7, а также представлены ссылки и основные допущения (таблица А.II.5).

Существует большое количество различных определений термина «риск» в зависимости от области применения и объекта исследований (Haimes, 2009). В инженерных и естественных науках риск часто определяют количественно: риск (R) = вероятность (p) x последствие (C). Это определение не учитывает субъективные факторы восприятия риска и его предотвращения, что, в частности, может повлиять на процесс принятия решений, то есть заинтересованным сторонам может потребоваться сравнивать и выбирать между количественными и качественными факторами риска (Gregory and Lichtenstein, 1994; Stirling, 1999). Оценка и анализ риска еще более осложняется, если определенные риски существенно превышают повседневные уровни; в этом случае их регулирование представляет собой вызов для общества (WBGU, 2000). Например, Renn et al. (2001) подразделяет риски на три категории, или области, а именно 1) нормальная область, которой можно управлять в ходе обычной оперативной деятельности и на основе существующих законов и нормативной базы, 2) промежуточная область, и 3) недопустимая область (разрешительная область). Kristensen et al. (2006) предложил модифицированную схему классификации с целью улучшения характеристики рисков. В последнее время стали уделять больше внимание другим аспектам, таким как защита важнейшей инфраструктуры, сложные взаимосвязанные системы, а также тому, «что мы не знаем, что мы не знаем» (Samson et al., 2009; Aven and Zio, 2011; Elahi, 2011).



Оценка «факторов опасности и рисков» для различных энергетических технологий, описанных в разделе 9.3.4.7, строится на принципах сравнительной оценки рисков в том виде, в каком они внедрены институтом Пола Шерера (ИПШ) в 90-х<sup>4</sup>, с использованием в качестве основы базы данных по тяжелым авариям, связанным с энергетикой (ENSAD) (Hirschberg et al., 1998, 2003a; Burgherr et al., 2004, 2008; Burgherr and Hirschberg, 2005). Очень важно рассматривать полные энергетические цепочки, поскольку авария может случиться на любом этапе цепочки от разведки, добычи, переработки и хранения до транспортировки на большие расстояния, регионального и местного распределения, выработки энергии и/или тепла, обработки отходов и их уничтожения. Правда, не все из перечисленных этапов относятся к каждой энергетической цепочке. Для энергетических цепочек с ископаемым топливом (уголь, нефть, природный газ) и гидроэнергетики накоплен большой опыт за период с 1970 по 2008 гг., который нашел отражение в ENSAD. В случае с атомной энергетикой проводят вероятностный анализ безопасности (ВАБ), который касается гипотетических аварий (Hirschberg et al., 2004a). В отличие от этого, рассмотрение технологий для возобновляемой энергии, за исключением гидроэлектроэнергии, основано на имеющихся статистических данных об авариях, литературных обзорах и экспертных мнениях, что обусловлено ограниченным или недостаточным опытом в прошлом. Следует отметить, что проведенные анализы имеют ограниченную сферу охвата и не предусматривают вероятностного моделирования гипотетических аварий. Это, в частности, может относиться к результатам для солнечных ФЭ.

В литературе не существует единого определения термина «тяжелая авария». В рамках базы данных ENSAD, разработанной в ИПШ, авария считается тяжелой, если она характеризуется одним или несколькими из следующих последствий:

- по крайней мере, 5 смертных случаев, или
- по крайней мере, 10 человек, получивших травмы, или
- по крайней мере, 200 эвакуированных, или
- широкий запрет на потребление продуктов питания, или
- выброс углеводородов, превышающий 10 000 метрических тонн, или
- вынужденная очистка земель или воды на территории площадью, по крайней мере, 25 км<sup>2</sup>, или
- экономический ущерб, по крайней мере, 5 миллионов долл. США<sub>2000</sub><sup>\*</sup>.

Для крупных централизованных энергетических технологий результаты представлены по трем основным группам стран, а именно: страны-члены ОЭСР и страны, не состоящие в ОЭСР, а также 27 стран ЕС. Такое разграничение целесообразно проводить по причине существенных различий в ведении хозяйства, нормативно-правовых базах и общей культуре безопасности в высокоразвитых странах (например, ОЭСР и ЕС 27) и менее развитых странах, не состоящих в ОЭСР (Burgherr and Hirschberg, 2008). В случае Китая данные для угольной промышленности были проанализированы только для 1994-1999 гг., для которых имелись данные об отдельных авариях из Ежегодника китайской угольной промышленности (ЕКУП), где сообщалось, что за предыдущие годы далеко не все аварии нашли отражение в отчетах (Hirschberg et al., 2003a,b). За период с 2000 по 2009 гг. имелись данные из ЕКУП лишь о суммарном годовом количестве смертных случаев в угольной промышленности, и поэтому их не стали объединять с

данными за предыдущий период. Для технологий возобновляемой энергии, за исключением гидроэнергетики, оценки можно считать репрезентативными для развитых стран (например, ОЭСР и ЕС 27).

Сравнения различных энергетических цепочек были основаны на данных, нормированных на единицу произведенной электроэнергии. Для энергетических цепочек на основе ископаемых видов топлива тепловую энергию переводили в эквивалент электрической мощности при помощи общего коэффициента эффективности 0.35. Для ядерной энергетики, гидроэнергетики и новых технологий возобновляемых источников энергии нормирование не вызывает затруднений, поскольку выработанная продукция представляет собой электроэнергию. В качестве единиц измерения выбрали Гигаватт-год электроэнергии (ГВт<sub>э</sub>год), поскольку отдельные крупные станции имеют мощность около 1 ГВт электроэнергии (ГВт<sub>э</sub>). Поэтому ГВт<sub>э</sub>год представляется естественной единицей измерения для передачи нормированных показателей, которые получают в рамках оценок технологий.

## A.II.6 Региональные определения и группы стран

В СДВИЭ МГЭИК используются следующие определения для регионов и группы стран, в основном, исходя из формулировок Перспективной оценки всемирной энергии 2009 г. (МЭА, 2009). Названия групп и определения могут отличаться друг от друга в опубликованной литературе, и в некоторых случаях могут быть расхождения между СДВИЭ и представленным ниже стандартным перечнем. Альтернативные названия групп стран, используемых в СДВИЭ, указаны в скобках.

### Африка:

Алжир, Ангола, Бенин, Ботсвана, Буркина-Фасо, Бурунди, Камерун, Кабо-Верде, Центрально-Африканская Республика, Чад, Коморские острова, Конго, Демократическая Республика Конго, Кот д'Ивуар, Джибути, Египет, Экваториальная Гвинея, Эритрея, Эфиопия, Габон, Гамбия, Гана, Гвинея, Гвинея-Биссау, Кения, Лесото, Либерия, Ливия, Мадагаскар, Малави, Мали, Мавритания, Маврикий, Марокко, Мозамбик, Намибия, Нигер, Нигерия, Реюньон, Руанда, Сан-Томе и Принсипи, Сенегал, Сейшельские о-ва, Сьерра-Леоне, Сомали, Южная Африка, Судан, Свазиленд, Объединенная Республика Танзания, Того, Тунис, Уганда, Замбия и Зимбабве.

### Страны, включенные в Приложение I к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата

Австралия, Австрия, Беларусь, Бельгия, Болгария, Канада, Хорватия, Чешская Республика, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Исландия, Ирландия, Италия, Япония, Латвия, Лихтенштейн, Литва, Люксембург, Монако, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Польша, Португалия, Румыния, Российская Федерация, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Турция, Украина, Соединенное Королевство и Соединенные Штаты Америки.

### Восточная Европа/Евразия (иногда также называют «странами с переходной экономикой»)

Албания, Армения, Азербайджан, Беларусь, Босния и Герцеговина, Болгария, Хорватия, Эстония, Грузия, Казахстан, Киргизстан, Латвия, Литва, бывшая югославская республика Македония, Республика Молдова, Румыния, Российская Федерация, Сербия, Словения, Таджикистан, Туркменистан, Украина, и Узбекистан. Из статистических соображений к этому региону также относят Кипр, Гибралтар и Мальту.

<sup>4</sup> В недавнем исследовании Felder (2009) проведено сравнение базы данных ENSAD с другими подборками данных по авариям в энергетике (Sovacoal, 2008a). Несмотря на многочисленные и порой существенные различия между двумя комплексами данных, было получено несколько интересных результатов, касающихся методологических и политических аспектов. Вместе с тем, это исследование было основано на первом официальном выпуске ENSAD (Hirschberg et al., 1998) и, следовательно, не учитывало его последующие обновления и расширения. В другом исследовании Colli et al. (2009) применялся несколько другой подход, основанный на достаточно широком наборе так называемых показателей для характеристики риска, хотя реальная проверка с наглядными примерами была основана на данных ENSAD.

Уголь
<ul style="list-style-type: none"> <li>База данных ENSAD в ИПШ; тяжелые аварии (<math>\geq 5</math> смертных случаев) 1</li> <li>ОЭСР: 1970-2008 гг.; 86 аварий; 2 239 смертных случаев. ЕС 27: 1970-2008 гг.; 45 аварий; 989 смертных случаев. Страны-не-члены ОЭСР без Китая: 1970-2008 гг.; 163 аварий; 5 808 смертных случаев (Burgherr et al., 2011).</li> <li>Предыдущие исследования: Hirschberg et al. (1998); Burgherr et al. (2004, 2008).</li> <li>Китай (1994-1999 гг.): 818 аварий; 11302 смертных случаев (Hirschberg et al., 2003a; Burgherr and Hirschberg, 2007).</li> <li>Китай (2000-2009 гг.): для сравнения число смертных несчастных случаев за период с 2000 по 2009 гг. рассчитывали на основе данных, предоставленных Государственным управлением Китая по охране труда (SATW). Годовые значения, предоставленные SATW, соответствуют общему числу смертных несчастных случаев (то есть тяжелые и легкие аварии). Поэтому при расчете числа смертных случаев предполагалось, что смертные случаи в результате тяжелых аварий составляют 30% общего числа смертных случаев, как сообщается в Программе по энергетическим технологиям Китая (Hirschberg et al., 2003a; Burgherr and Hirschberg, 2007). Число смертных случаев в Китае (2000-2009 гг.) = 3.14 смертных случаев/ГВт<sub>э</sub>год.</li> </ul>
Нефть
<ul style="list-style-type: none"> <li>База данных ENSAD в ИПШ; тяжелые аварии (<math>\geq 5</math> смертных случаев) .1</li> <li>ОЭСР: 1970-2008 гг.; 179 аварий; 3 383 смертных случаев. ЕС 27: 1970-2008 гг.; 64 аварии; 1 236 смертных случаев. Страны-не-члены ОЭСР: 1970-2008 гг.; 351 аварий; 19 376 смертных случаев (Burgherr et al., 2011).</li> <li>Предыдущие исследования: Hirschberg et al. (1998); Burgherr et al. (2004, 2008).</li> </ul>
Природный газ
<ul style="list-style-type: none"> <li>База данных ENSAD в ИПШ; тяжелые аварии (<math>\geq 5</math> смертных случаев) .1</li> <li>ОЭСР: 1970-2008 гг.; 109 аварий; 1 257 смертных случаев. ЕС 27: 1970-2008 гг.; 37 аварий; 366 смертных случаев. Страны-не-члены ОЭСР: 1970-2008 гг.; 77 аварий; 1 549 смертных случаев (Burgherr et al., 2011).</li> <li>Предыдущие исследования: Hirschberg et al. (1998); Burgherr et al. (2004, 2008); Burgherr and Hirschberg (2005).</li> </ul>
Атомная энергетика
<ul style="list-style-type: none"> <li>Поколение II (Пок. II) –реактор с водой под давлением, Швейцария; упрощенный вероятностный анализ безопасности (ВАБ) (Roth et al., 2009).</li> <li>Поколение III (Пок. III) – европейский реактор с водой под давлением (EPR) 2030, Швейцария; упрощенный вероятностный анализ безопасности (ВАБ) (Roth et al., 2009).</li> <li>Имеющиеся результаты по упомянутому выше EPR указывают на значительно меньшее количество смертных случаев (ранняя смертность (PC): 3,83E-07 смертных случаев/ГВт<sub>э</sub>год; латентная смертность (LC): 1,03E-05 смертных случаев /ГВт<sub>э</sub>год, общая смертность (OC): 1,07E-05 смертных случаев / ГВт<sub>э</sub>год ) благодаря ряду усовершенствованных конструктивных особенностей, в частности, активных и пассивных систем управления тяжелыми авариями (SAM). Вместе с тем, максимальные последствия гипотетических аварий могут возрасти (около 48 800 смертных случаев) вследствие большего размера электростанции (1 600 МВт) и связанного с этим большего запаса радиоактивности.</li> <li>В случае тяжелых аварий в цепочке атомной энергетики немедленная или ранняя (острая) смертность является менее важной и отражает смертные случаи, которые наблюдаются в ближайший период после облучения, в то время как скрытая (хроническая) смертность, обусловленная онкологическими заболеваниями, в общей смертности преобладает (Hirschberg et al., 1998). Поэтому приведенные выше оценки для реакторов поколений II и III включают раннюю и латентную смертность.</li> <li>Три Майл Айленд 2, TMI-2: Авария TMI-2 произошла в результате отказа оборудования в сочетании с ошибкой оператора. Благодаря небольшому объему выброшенной радиоактивности, по оценкам, коллективная эффективная доза для населения составила 40 человек-зиверт (Зв). Индивидуальные дозы для населения были исключительно низкими: &lt;1 МЗв. На основе коллективной дозы путем расчетов получили один дополнительный смертный случай, вызванный онкологическим заболеванием. Тем не менее, были эвакуированы 144 000 человек из района вокруг электростанции. Более подробную информацию можно найти в Hirschberg et al. (1998).</li> <li>Чернобыль : 31 немедленных смертных случаев; на основе ВАБ получена оценка от 9 000 до 33 000 скрытых смертных случаев (Hirschberg et al., 1998).</li> <li>Проведенные PSI оценки скрытой смертности для Чернобыля составляют приблизительно от 9 000 на Украине, России и Беларуси до 33 000 смертей по всему Северному полушарию в ближайшие 70 лет (Hirschberg et al., 1998). Согласно последним исследованиям различных организаций ООН до 4 000 человек могут умереть вследствие облучения радиацией на наиболее загрязненных территориях (Чернобыльский Форум, 2005). Эта оценка существенно ниже верхнего предела диапазона, полученного ИПШ, который, правда, не ограничен только наиболее загрязненными территориями.</li> </ul>
Гидроэнергетика
<ul style="list-style-type: none"> <li>База данных ENSAD в ИПШ; тяжелые аварии (<math>\geq 5</math> смертных случаев).1</li> <li>ОЭСР: 1970-2008; 1 авария; 14 смертных случаев (разрушение плотины Тетон , США, 1976). ЕС 27: 1970-2008; 1 авария; 116 смертных случаев (разрушение плотины Бельцы, Румыния, 1991) (Burgherr et al., 2011).</li> <li>На основе теоретической модели максимальные последствия от полного разрушения крупной швейцарской плотины лежат в диапазоне от 7 125 до 11 050 смертных случаев без предварительного предупреждения за 2 часа (Burgherr and Hirschberg, 2005, и ссылки в этой работе).</li> <li>Страны-не-члены ОЭСР: 1970-2008 гг.; 12 аварий; 30 007 смертных случаев. Страны-не-члены ОЭСР без Банциао/Шимантан 1970-2008 гг.; 11 аварий; 4 007 смертных случаев; самая крупная авария в Китае (разрушение плотины Банциао/Шимантан, Китай, 1975) не включена (Burgherr et al., 2011).</li> <li>Предыдущие исследования: Hirschberg et al. (1998); Burgherr et al. (2004, 2008).</li> </ul>
Фотоэлектрические элементы (ФЭ)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Современные оценки учитывают только кремниевые (Si) технологии, взвешенные по их доле на рынке в 2008 г., то есть 86% для c-Si и 5.1% - a-Si/u-Si.</li> <li>В анализе рассматриваются риски, связанные с отдельными вредными веществами (хлор, соляная кислота, силан и трихлорсилан), имеющими отношение к жизненному циклу силиконовых ФЭ.</li> <li>Собранные данные по авариям относятся к США (для них имеется достаточно информации) и охватывают период с 2000 по 2008 гг., что обеспечивает репрезентативность оценок в отношении современных производственных технологий.</li> <li>Исходные базы данных: Система оповещения аварийного реагирования; План управления рисками; Служба сбора данных об инцидентах, представляющими серьезную опасность; Система регистрации крупных аварий; Анализ, изучение и информация об авариях; Обновленная информация по технике безопасности и гигиене труда.</li> <li>Поскольку данные об авариях были получены не только из сектора ФЭ, была оценена фактическая доля смертности, связанной с ФЭ по количеству упомянутого веществ в секторе ФЭ, как доля в общем производстве США , а также по данным базы данных центра Экоинвент.</li> <li>Совокупная смертность по упомянутым четырем веществам нормировалась на единицу произведенной энергии с использованием общего коэффициента нагрузки 10% (Burgherr et al., 2008).</li> <li>Предполагается, что 1 из 100 аварий является тяжелой.3</li> <li>Текущая оценка смертности: Burgherr et al. (2011).</li> <li>Максимальные последствия представляют собой экспертную оценку из-за ограниченного предшествующего опыта (Burgherr et al., 2008).</li> <li>Предыдущие исследования: Hirschberg et al. (2004b); Burgherr et al. (2008); Roth et al. (2009).</li> <li>Другие исследования: Ungers et al. (1982); Fthenakis et al. (2006); Fthenakis and Kim (2010).</li> </ul>

**Ветроэнергетика наземная:**

- Источники данных: база данных о смертности в ветровой энергетике (Gipe, 2010) и Сборник по авариям ветровых турбин (Caithness Windfarm Information Forum, 2010).
- Аварии с человеческими жертвами в Германии за период 1975-2010 гг.; 10 аварий; 10 смертных случаев.
- 3 автомобильные аварии, в которых водители отвлекли внимание от вождения из-за ветряной электростанции, были исключены из анализа.
- Предполагается, что 1 из 100 аварий является тяжелой.
- Текущая оценка смертности: Burgherr et al. (2011).
- Максимальные последствия представляют собой экспертную оценку из-за ограниченного предшествующего опыта (Roth et al., 2009).
- Предыдущее исследование: Hirschberg et al. (2004b).

**Ветроэнергетика прибрежная:**

- Источники данных: см. наземную ветроэнергетику выше.
- До настоящего времени произошли 2 аварии с человеческими жертвами во время строительства в СК (2009 и 2010 гг.) с 2 смертными случаями, и 2 аварии с человеческими жертвами во время научных исследований в США (2008) с 2 смертными случаями.
- Для настоящей оценки использовались только аварии в СК, предполагая что общий коэффициент нагрузки равен 0,43 (Roth et al., 2009) для текущей установленной мощности 1 340 МВт (Renewable UK, 2010).
- Предполагается, что 1 из 100 аварий является тяжелой.
- Текущая оценка смертности: Burgherr et al. (2011).
- Максимальные последствия: см. наземную ветроэнергетику выше.

**Биомасса: Биогаз в смешанной выработке тепла и электроэнергии**

- База данных ENSAD в ИПШ; тяжелые аварии ( $\geq 5$  смертных случаев). Из-за ограниченного предшествующего опыта для биогаза в совместной выработке тепла и электроэнергии смертность аппроксимировали при помощи данных об авариях, связанных с использованием природного газа, полученных от локальных реализационных цепочек.
- ОЭСР: 1970-2008 гг.; 24 аварии; 260 смертных случаев (Burgherr et al., 2011).
- Максимальные последствия представляют собой экспертную оценку из-за ограниченного предшествующего опыта (Burgherr et al., 2011).
- Предыдущие исследования: Roth et al. (2009).

**Усовершенствованная геотермальная система (УГС)**

- Для расчетов смертности рассматривали только аварии во время бурения скважин. Из-за ограниченного предыдущего опыта в качестве грубой аппроксимации брали аварии, связанные с разведкой нефти, поскольку при этом используется сходное буровое оборудование.
- База данных ENSAD в ИПШ; тяжелые аварии ( $\geq 5$  смертных случаев).
- ОЭСР: 1970-2008 гг.; разведка нефти, 7 аварий; 63 смертных случаев (Burgherr, et al. 2011).
- Для максимальных последствий считали, что индуцированные сейсмические явления являются наиболее тяжелыми. Из-за ограниченного предшествующего опыта в качестве аппроксимации брали верхнюю границу смертности из оценки риска сейсмичности в проекте УГС в Базеле (Швейцария) (Dannwolf and Ulmer, 2009).
- Предыдущие исследования: Roth et al. (2009).

**Примечания:**

1. Смертность приводится к единице произведенной энергии в соответствующей стране в целом. Максимальные последствия соответствуют аварии с наибольшим числом смертных случаев за период наблюдения.
2. Данные SATW для периода с 2000 по 2005 гг. были опубликованы в Информационном сообщении Китая по вопросам труда № 60 (2006-01-06), с которым можно ознакомиться на веб-сайте: [www.china-labour.org.hk/en/node/19312](http://www.china-labour.org.hk/en/node/19312) (доступны с декабря 2010). Данные SATW для периода с 2006 по 2009 гг. были опубликованы агентством Рейтер и доступны по адресу: [www.reuters.com/article/idUSPEK206148](http://www.reuters.com/article/idUSPEK206148) (2006), [uk.reuters.com/article/idUKPEK32921920080112](http://uk.reuters.com/article/idUKPEK32921920080112) (2007), [uk.reuters.com/article/idUKTOE61D00V20100214](http://uk.reuters.com/article/idUKTOE61D00V20100214) (2008 и 2009), (все доступны с декабря 2010). 3. Например, показатель для природного газа в Германии составляет приблизительно 1 из 10 (Burgherr and Hirschberg, 2005), а для угля в Китае около 1 из 3 (Hirschberg et al., 2003b).

**Европейский Союз**

Австрия, Бельгия, Болгария, Кипр, Чешская Республика, Дания, Эстония, Финляндия, Франция Германия, Греция, Венгрия, Ирландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Польша, Португалия, Румыния, Словакия, Словения, Испания, Швеция и Соединенное Королевство.

**Группа 8**

Канада, Франция, Германия, Италия, Япония, Российская Федерация, Соединенное Королевство и Соединенные Штаты Америки.

**Латинская Америка**

Антигуа и Барбуда, Аруба, Аргентина, Багамские о-ва, Барбадос, Белиз, Бермудские острова, Боливия, Бразилия, Британские Виргинские острова, Каймановы острова, Чили, Колумбия, Коста-Рика, Куба, Доминика, Доминиканская Республика, Эквадор, Сальвадор, Фолклендские о-ва, Французская Гайана, Гренада, Гваделупа, Гватемала, Гайана, Гаити, Гондурас, Ямайка, Мартиника, Монтсеррат, Нидерландские Антильские острова, Никарагуа, Панама, Парагвай, Перу, Сент-Китс и Невис, Сент-Люсия, Сент-Пьер и Микелон, Сен-Винсент-Гренадины, Суринам, Тринидад и Тобаго, острова Кайкос и Тёркс, Уругвай и Венесуэла.

**Ближний Восток:**

Бахрейн, Исламская Республика Иран, Ирак, Израиль, Иордания, Кувейт, Ливан, Оман, Катар, Саудовская Аравия, Сирия, Объединенные Арабские Эмираты, Йемен. Сюда также относят нейтральную зону между Саудовской Аравией и Ираком.

**Страны, не входящие в ОЭСР (иногда также называют «развивающиеся страны Азии»)**

Афганистан, Бангладеш, Бутан, Бруней-Даруссалам, Камбоджа, Китай, китайский остров Тайпей, острова Кука, Восточный Тимор, Фиджи, Французская Полинезия, Индия, Индонезия, Кирибати, Корейская Народно-Демократическая Республика, Лаос, Макау, Малайзия, Мальдивские о-ва, Монголия, Мьянма, Непал, Новая Каледония, Пакистан, Папуа-Новая Гвинея, Филиппины, Самоа, Сингапур, Соломоновы о-ва, Шри-Ланка, Таиланд, Тонга, Вьетнам и Вануату.

**Северная Африка**

Алжир, Египет, Ливийская Арабская Джамахирия, Марокко и Тунис.

**ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития**  
 ОЭСР-Европа, ОЭСР-Северная Америка и ОЭСР-Тихоокеанский регион приведены ниже. Страны, присоединившиеся к ОЭСР в 2010 г. (Китай, Эстония, Израиль и Словения) пока не включены в статистические данные, использованные в настоящем докладе.

**ОЭСР - Европа**

Австрия, Бельгия, Чешская Республика, Дания, Финляндия, Франция, Германия Греция, Венгрия, Исландия Ирландия, Италия, Люксембург, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Словакия, Испания, Швеция, Швейцария, Турция и Соединенное Королевство.

**ОЭСР -Северная Америка**

Канада, Мексика и Соединенные Штаты Америки.

**ОЭСР -Тихоокеанский регион**

Австралия, Япония, Корея и Новая Зеландия.

**ОПЕК (Организация стран-экспортеров нефти )**

Алжир, Ангола, Эквадор, Исламская Республика Иран, Ирак, Кувейт, Ливия, Нигерия, Катар Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты и Венесуэла.

**Страны Африки, расположенные к югу от Сахары**

Африканские региональные группы, исключая северо-африканские региональные группы и Южную Африку.

## A.II.7 Общие коэффициенты перевода в единицы энергии

В таблице A.II.6 представлены коэффициенты перевода в различные единицы энергии.

Таблица A.II.6 | Коэффициенты перевода в единицы энергии (МЭА, 2010b).

В:	ТДж	Гкал	МТНЭ	МБТЕ	ГВтч
Из:	Умножить на:				
ТДж	1	238,8	$2,388 \times 10^{-5}$	947,8	0,2778
Гкал	$4,1868 \times 10^{-3}$	1	$10^{-7}$	3,968	$1,163 \times 10^{-3}$
МТНЭ	$4,1868 \times 10^4$	$10^7$	1	$3,968 \times 10^7$	11,630
МБТЕ	$1,0551 \times 10^{-3}$	0,252	$2,52 \times 10^{-8}$	1	$2,931 \times 10^{-4}$
ГВт	3,6	860	$8,6 \times 10^{-5}$	3,412	1

Примечания: МБТЕ: миллион британских тепловых единиц; ГВтч: гигаваатт-час; Гкал: гигакалории; ТДж: тераджоули; МТНЭ: миллион тонн нефтяного эквивалента.

## Список литературы

- Aven, T., and E. Zio (2011).** Some considerations on the treatment of uncertainties in risk assessment for practical decision making (Некоторые соображения по поводу рассмотрения неопределенностей в оценках риска для принятия практических решений). *Reliability Engineering and System Safety*, 96, pp. 64-74.
- Beerten, J., E. Laes, G. Meskens, and W. D'haeseleer (2009).** Greenhouse gas emissions in the nuclear life cycle: A balanced appraisal (Выбросы парниковых газов в ядерном жизненном цикле. Сбалансированная оценка). *Energy Policy*, 37(12), pp. 5056-5058.
- BP (2009).** BP Statistical Review of World Energy (Статистический обзор Бритиш Петролеум по мировой энергетике). BP, London, UK.
- Burgherr, P., and S. Hirschberg (2005).** Comparative assessment of natural gas accident risks (Сравнительная оценка рисков аварий, связанных с природным газом). PSI Report No. 05-01, Paul Scherrer Institut, Villigen, Switzerland.
- Burgherr, P., and S. Hirschberg (2007).** Assessment of severe accident risks in the Chinese coal chain (Оценка рисков тяжелых аварий в угольной цепочке Китая). *International Journal of Risk Assessment and Management*, 7(8), pp. 1157-1175.
- Burgherr, P., and S. Hirschberg (2008).** A comparative analysis of accident risks in fossil, hydro and nuclear energy chains (Сравнительный анализ рисков аварий в цепочках использования ископаемой, гидро- и ядерной энергии). *Human and Ecological Risk Assessment*, 14(5), pp. 947 - 973.
- Burgherr, P., S. Hirschberg, and E. Cazzoli (2008).** Final report on quantification of risk indicators for sustainability assessment of future electricity supply options (Заключительный доклад по количественному определению показателей риска для оценки устойчивости будущих вариантов предложения электроэнергии). NEEDS Deliverable no D7.1 - Research Stream 2b. NEEDS project. New Energy Externalities Developments for Sustainability, Brussels, Belgium.
- Burgherr, P., S. Hirschberg, A. Hunt, and R.A. Ortiz (2004).** Severe accidents in the energy sector. Final Report to the European Commission of the EU 5th Framework Programme "New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies" (NewExt). (Тяжелые аварии в энергетическом секторе. Заключительный доклад 5-ой Рамочной программы Европейской Комиссии «Новые элементы для оценки внешних затрат энергетических технологий»). DG Research, Technological Development and Demonstration (RTD), Brussels, Belgium.
- Burgherr, P., P. Eckle, S. Hirschberg, and E. Cazzoli (2011).** Final Report on Severe Accident Risks including Key Indicators (Заключительный доклад по рискам тяжелых аварий, включая ключевые показатели). SECURE Deliverable No. D5.7.2a. Security of Energy Considering its Uncertainty, Risk and Economic implications (SECURE), Brussels, Belgium. Available at: [gabe.web.psi.ch/pdfs/secure/SECURE%20-%20Deliverable\\_D5-7-2%20-%20Severe%20Accident%20Risks.pdf](http://gabe.web.psi.ch/pdfs/secure/SECURE%20-%20Deliverable_D5-7-2%20-%20Severe%20Accident%20Risks.pdf).
- Caithness Windfarm Information Forum (2010).** Summary of Wind Turbine Accident data to 30th September 2010. (Сводные данные об авариях, связанных с ветровыми турбинами, по состоянию на 30 сентября 2010 г.) Caithness Windfarm Information Forum, UK. Available at: [www.caithnesswindfarms.co.uk/fullaccidents.pdf](http://www.caithnesswindfarms.co.uk/fullaccidents.pdf).
- Chernobyl Forum (2005).** Chernobyl's legacy: health, environmental and socio-economic impacts and recommendations to the governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine. The Chernobyl Forum: 2003–2005. (Наследие Чернобыля: последствия для здоровья человека, окружающей среды и социально-экономические последствия для правительств Беларуси, Российской Федерации и Украины. Чернобыльский форум: 2003-2005). Second revised version. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria.
- Colli, A., D. Serbanescu, and B.J.M. Ale (2009).** Indicators to compare risk expressions, grouping, and relative ranking of risk for energy systems: Application with some accidental events from fossil fuels (Показатели для сравнения выражений риска, классификация и относительное ранжирование риска энергетических систем). *Safety Science*, 47(5), pp. 591-607.
- Dannwolf, U.S., and F. Ulmer (2009).** AP6000 Report - Technology risk comparison of the geothermal DHM project in Basel, Switzerland - Risk appraisal including social aspects (Отчет AP6000 – Сравнение технологического риска геотермального проекта DHM в Базеле, Швейцария- Оценка риска, включая социальные аспекты). SERIANEX Group - Trinational Seismic Risk Analysis Expert Group, Risk-Com, Pforzheim, Germany.
- Elahi, S. (2011).** Here be dragons...exploring the 'unknown unknowns' (Да будут стрекозы... изучая вещи, о которых «мы не знаем, что мы их не знаем»). *Futures*, 43(2), pp. 196-201.
- Felder, F.A. (2009).** A critical assessment of energy accident studies (Критическая оценка исследований аварий в энергетике). *Energy Policy*, 37(12), pp. 5744-5751.
- Fisher, B.S., N. Nakicenovic, K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.-C. Hourcade, K. Jiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matysek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, and R. Warren (2007).** Issues related to mitigation in the long term context (Вопросы, связанные со смягчением воздействия в долгосрочной перспективе). In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007*. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, and L.A. Meyer (eds.), Cambridge University Press, pp. 169-250.
- Frankl, P., E. Menichetti and M. Raugei (2005).** Final Report on Technical Data, Costs and Life Cycle Inventories of PV Applications (Заключительный доклад о технических данных, затратах и инвентаризации жизненного цикла применений ФЭ). NEEDS: New Energy Externalities Developments for Sustainability. Ambiente Italia, Milan, Italy, 81 pp.
- Fthenakis, V.M., and H.C. Kim (2007).** Greenhouse-gas emissions from solar electric and nuclear power: A life-cycle study (Выбросы парниковых газов от солнечной, электро- и ядерной энергетике). *Energy Policy*, 35(4), pp. 2549-2557.
- Fthenakis, V.M., and H.C. Kim (2010).** Life-cycle uses of water in U.S. electricity generation (Использование воды на протяжении жизненного цикла в электроэнергетике США). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), pp. 2039-2048.
- Fthenakis, V.M., H.C. Kim, A. Colli, and C. Kirchsteiger (2006).** Evaluation of risks in the life cycle of photovoltaics in a comparative context (Оценка рисков для жизненного цикла фотовольтаики в рамках сравнения). In: 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, Dresden, Germany, 4-8 September 2006.
- Gagnon, L. (2008).** Civilisation and energy payback (Цивилизация и окупаемость энергии). *Energy Policy*, 36, pp. 3317-3322.
- Gipe, P. (2010).** Wind Energy Deaths Database - Summary of Deaths in Wind Energy (База данных о смертности в ветроэнергетике - сводные данные о смертности в ветроэнергетике). No publisher specified. Available at: [www.wind-works.org/articles/BreathLife.html](http://www.wind-works.org/articles/BreathLife.html).
- Gleick, P. (1993).** Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources (Водный кризис: руководство по пресноводным ресурсам мира). Oxford University Press, New York, NY, USA.
- Gregory, R., and S. Lichtenstein (1994).** A hint of risk: tradeoffs between quantitative and qualitative risk factors (Намек на риск: увязывая количественные и качественные факторы риска). *Risk Analysis*, 14(2), pp. 199-206.
- Haimes, Y.Y. (2009).** On the complex definition of risk: A systems-based approach (О сложном определении риска: системный подход). *Risk Analysis*, 29(12), pp. 1647-1654.
- Herendeen, R.A. (1988).** Net energy considerations (Соображения по поводу полезной энергии). In: *Economic Analysis of Solar Thermal Energy Systems*. R.E. West and F. Kreith (eds.), The MIT Press, Cambridge, MA, USA, pp. 255-273.
- Hirschberg, S., G. Spiekerman, and R. Dones (1998).** Severe Accidents in the Energy Sector - First Edition (Тяжелые аварии в энергетическом секторе - первое издание). PSI Report No. 98-16. Paul Scherrer Institut, Villigen PSI, Switzerland.
- Hirschberg, S., P. Burgherr, G. Spiekerman, and R. Dones (2004a).** Severe accidents in the energy sector: Comparative perspective (Тяжелые аварии в энергетическом секторе: сравнительный подход). *Journal of Hazardous Materials*, 111(1-3), pp. 57-65.

- Hirschberg, S., P. Burgherr, G. Spiekerman, E. Cazzoli, J. Vitazek, and L. Cheng (2003a).** Assessment of severe accident risks (Оценка риска тяжелых аварий). In: Integrated Assessment of Sustainable Energy Systems in China. The China Energy Technology Program - A framework for decision support in the electric sector of Shandong province. Alliance for Global Sustainability Series Vol. 4. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, The Netherlands, pp. 587-660.
- Hirschberg, S., P. Burgherr, G. Spiekerman, E. Cazzoli, J. Vitazek, and L. Cheng (2003b).** Comparative Assessment of Severe Accidents in the Chinese Energy Sector (Сравнительная оценка тяжелых аварий в китайском энергетическом секторе). PSI Report No. 03-04. Paul Scherrer Institut, Villigen PSI, Switzerland.
- Hirschberg, S., R. Dones, T. Heck, P. Burgherr, W. Schenler, and C. Bauer (2004b).** Sustainability of Electricity Supply Technologies under German Conditions: A Comparative Evaluation (Устойчивость технологий электроэнергетического снабжения в условиях Германии: сравнительная оценка). PSI-Report No. 04-15. Paul Scherrer Institut, Villigen, Switzerland.
- Huettnet, D.A. (1976).** Net energy analysis: an economic assessment (Анализ полезной энергии: экономическая оценка). *Science*, 192(4235), pp. 101-104.
- IEA (2009).** World Energy Outlook 2009 (Прогноз мировой энергетики 2009). International Energy Agency, Paris, France, pp.670-673
- IEA (2010a).** Energy Balances of Non-OECD Countries; 2010 Edition (Энергетические балансы стран, не состоящих в ОЭСР: издание 2010 г.). International Energy Agency, Paris, France.
- IEA (2010b).** Key World Energy Statistics (Ключевая мировая энергетическая статистика). International Energy Agency, Paris France.
- IEA/OECD/Eurostat (2005).** Energy Statistics Manual (Наставление по энергетической статистике). Organisation for Economic Co-operation and Development and International Energy Agency, Paris, France.
- Inhaber, H. (2004).** Water use in renewable and conventional electricity production (Водопользование в возобновляемой и традиционной электроэнергетике). *Energy Sources*, 26(3), pp. 309-322.
- IPCC (1996).** Climate Change 1995: Impacts, Adaptation, and Mitigation of Climate Change - Scientific-Technical Analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (МГЭИК (1996 г.) Изменение климата, 1995 г.: Воздействия, адаптация и смягчение последствий изменения климата. – Технические анализы. – Вклад рабочей группы II в подготовку Второго доклада по оценке МГЭИК). R.T. Watson, M.C. Zinyowera, and R.H. Moss (eds.), Cambridge University Press, 879 pp.
- IPCC (2000).** Special Report on Emissions Scenarios (Специальный доклад по сценариям выбросов). (Сценарии выбросов – специальный доклад МГЭИК, 2000 г.) N. Nakicenovic and R. Swart (eds.), Cambridge University Press, 570 pp.
- Jacobson, M.Z. (2009).** Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security (Обзор подходов к решению вопросов глобального потепления, загрязнения воздуха и энергетической безопасности). *Energy and Environmental Science*, 2(2), pp. 148-173.
- Jelen, F.C., and J.H. Black (1983).** Cost and Optimization Engineering (Стоимость и оптимизационный инжиниринг). McGraw-Hill, New York, NY, USA, 538 pp.
- Jungbluth, N., C. Bauer, R. Dones and R. Frischknecht (2005).** Life cycle assessment for emerging technologies: Case studies for photovoltaic and wind power (Оценка риска для новых технологий: примеры для фотовольтаики и ветровой энергетики). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 10(1), pp. 24-34.
- Kristensen, V., T. Aven, and D. Ford (2006).** A new perspective on Renn and Klinke's approach to risk evaluation and management (Новый взгляд на подход Ренна и Клинке к оценке и управлению рисками). *Reliability Engineering and System Safety*, 91, pp. 421-432.
- Kubiszewski, I., C.J. Cleveland, and P.K. Endres (2010).** Meta-analysis of net energy return for wind power systems (Мета-анализ отдачи полезной энергии для систем ветроэнергетики). *Renewable Energy*, 35(1), pp. 218-225.
- Leach, G. (1975).** Net energy analysis - is it any use? (Анализ полезной энергии – есть ли от него польза?) *Energy Policy*, 3(4), pp. 332-344.
- Lenzen, M. (1999).** Greenhouse gas analysis of solar-thermal electricity generation (Анализ парниковых газов в солнечной тепловой электроэнергетике). *Solar Energy*, 65(6), pp. 353-368.
- Lenzen, M. (2008).** Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review (Энергия жизненного цикла и выбросы парниковых газов в атомной энергетике: Обзор). *Energy Conversion and Management*, 49(8), pp. 2178-2199.
- Lenzen, M., and J. Munksgaard (2002).** Energy and CO<sub>2</sub> analyses of wind turbines – review and applications (Анализ энергии и CO<sub>2</sub> для ветровых турбин - обзор и применения). *Renewable Energy*, 26(3), pp. 339-362.
- Lenzen, M., C. Dey, C. Hardy, and M. Bilek (2006).** Life-Cycle Energy Balance and Greenhouse Gas Emissions of Nuclear Energy in Australia. (Баланс энергии жизненного цикла и выбросы парниковых газов в атомной энергетике Австралии), Report to the Prime Minister's Uranium Mining, Processing and Nuclear Energy Review (UMPNER) ISA, University of Sydney, Sydney, Australia. Available at: [http://www.isa.org.usyd.edu.au/publications/documents/ISA\\_Nuclear\\_Report.pdf](http://www.isa.org.usyd.edu.au/publications/documents/ISA_Nuclear_Report.pdf).
- Lightfoot, H.D. (2007).** Understand the three different scales for measuring primary energy and avoid errors (Понимать три разных масштаба измерения первичной энергии и избежать ошибок). *Energy*, 32(8), pp. 1478-1483.
- Loulou, R., M. Labriet, and A. Kanudia (2009).** Deterministic and stochastic analysis of alternative climate targets under differentiated cooperation regimes (Детерминистический и стохастический анализ альтернативных установленных показателей по климату рамках дифференцированных кооперативных режимов). *Energy Economics*, 31(Supplement 2), pp. S131-S143.
- Macknick, J. (2009).** Energy and Carbon Dioxide Emission Data Uncertainties (Энергетика и неопределенности в данных о выбросах двуокси углерода). International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) Interim Report, IR-09-032, IIASA, Laxenburg, Austria.
- Martinot, E., C. Dienst, L. Weiliang, and C. Qimin (2007).** Renewable energy futures: Targets, scenarios, and pathways (Будущее возобновляемой энергетики: цели, сценарии и направления). *Annual Review of Environment and Resources*, 32(1), pp. 205-239.
- Morita, T., J. Robinson, A. Adegbulugbe, J. Alcamo, D. Herbert, E. Lebre la Rovere, N. Nakicenovic, H. Pitcher, P. Raskin, K. Riahi, A. Sankovski, V. Solkolov, B.d. Vries, and D. Zhou (2001).** Greenhouse gas emission mitigation scenarios and implications (Сценарии смягчения воздействия выбросов парниковых газов и их последствия). In: Climate Change 2001: Mitigation; Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the IPCC. Metz, B., Davidson, O., Swart, R., and Pan, J. (eds.), Cambridge University Press, pp. 115-166.
- Nakicenovic, N., A. Grubler, and A. McDonald (eds.) (1998).** Global Energy Perspectives (Перспективы глобальной энергетики). Cambridge University Press.
- Neely, J.G., A.E. Magit, J.T. Rich, C.C.J. Voelker, E.W. Wang, R.C. Paniello, B. Nussenbaum, and J.P. Bradley (2010).** A practical guide to understanding systematic reviews and meta-analyses (Практическое руководство для понимания систематических обзоров и мета-анализов). *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 142, pp. 6-14.
- NETL (2007a).** Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants-Volume 1: Bituminous Coal and Natural Gas to Electricity Final Report. (Заключительный доклад - Стоимость и исходные характеристики энергетических установок на ископаемом топливе: том I: От битумного угля и природного газа к электроэнергии) DOE/NETL-2007/1281, National Energy Technology Laboratory, Pittsburgh, PA, USA.
- NETL (2007b).** Power Plant Water Usage and Loss Study. 2007 Update (Водопользование и потери воды на электростанции, редакция 2007), National Energy Technology Laboratory, Pittsburgh, PA, USA. Available at: [www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/pubs/pdf/WaterReport\\_Revised%20May2007.pdf](http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/pubs/pdf/WaterReport_Revised%20May2007.pdf)
- Perry, A.M., W.D. Devine, and D.B. Reister (1977).** The Energy Cost of Energy - Guidelines for Net Energy Analysis of Energy Supply Systems (Энергетическая стоимость энергии – руководящие указания для проведения анализа полезной энергии в системах энергоснабжения). ORAU/IEA(R)-77-14, Institute for Energy Analysis, Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, TN, USA, 106 pp.

- Renewable UK (2010).** Offshore Windfarms Operational (Действующие наземные ветряные фермы) Renewable UK. Available at: [www.renewable-manifesto.com/ukwed/offshore.asp](http://www.renewable-manifesto.com/ukwed/offshore.asp).
- Renn, O., A. Klinke, G. Busch, F. Beese, and G. Lammel (2001).** A new tool for characterizing and managing risks (Новый инструмент для характеристики и управления рисками). In: *Global Biogeochemical Cycles in the Climate System*. E.D. Schulze, M. Heimann, S. Harrison, E. Holland, J. Lloyd, I. Prentice, and D. Schimel (eds.), Academic Press, San Diego, CA, USA, pp. 303-316.
- Roth, S., S. Hirschberg, C. Bauer, P. Burgherr, R. Dones, T. Heck, and W. Schenler (2009).** Sustainability of electricity supply technology portfolio (Устойчивость портфеля технологий снабжения электроэнергией). *Annals of Nuclear Energy*, 36, pp. 409–416.
- Rotty, R.M., A.M. Perry, and D.B. Reister (1975).** Net Energy from Nuclear Power (Полезная энергия от ядерной энергии). IEA Report, Institute for Energy Analysis, Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, TN, USA.
- Samson, S., J. Reneke, and M.M. Wiecek (2009).** A review of different perspectives on uncertainty and risk and an alternative modeling paradigm (Обзор различных подходов к неопределенности и риску и альтернативным парадигмам моделирования). *Reliability Engineering and System Safety*, 94, pp. 558-567.
- Sovacool, B.K. (2008a).** The cost of failure: a preliminary assessment of major energy accidents, 1907–2007 (Цена неисправности: предварительная оценка крупных аварий в энергетике). *Energy Policy*, 36, pp. 1802-1820.
- Sovacool, B.K. (2008b).** Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey (Определение стоимости выбросов парниковых газов от ядерной энергетики. Критический обзор) *Energy Policy*, 36(8), pp. 2950-2963.
- Stirling, A. (1999).** Risk at a turning point? (Риск на переломном этапе?) *Journal of Environmental Medicine*, 1, pp. 119-126.
- UN Statistics (2010).** Energy Balances and Electricity Profiles – Concepts and definitions (Энергетические балансы и характеристика электроэнергетики). UN Statistics, New York, NY, USA. Available at: [unstats.un.org/unsd/energy/balance/concepts.htm](http://unstats.un.org/unsd/energy/balance/concepts.htm).
- Ungers, L.J., P.D. Moskowitz, T.W. Owens, A.D. Harmon, and T.M. Briggs (1982).** Methodology for an occupational risk assessment: an evaluation of four processes for the fabrication of photovoltaic cells (Методология оценки профессионального риска: оценка четырех процессов производства фотоэлектрических элементов). *American Industrial Hygiene Association Journal*, 43(2), pp. 73-79.
- Voorspoels, K.R., E.A. Brouwers, and W.D. D'haeseleer (2000).** Energy content and indirect greenhouse gas emissions embedded in 'emission-free' plants: results from the Low Countries. countries (Энергетическая потребность и косвенные выбросы парниковых газов, присущие электростанциям "без выбросов" в Бельгии). *Applied Energy*, 67, pp. 307-330.
- WBGU (2000).** World in Transition: Strategies for Managing Global Environmental Risks. Flagship Report 1998 (Мир на переходном этапе: Стратегии управления глобальными экологическими рисками. Ведущий доклад 1998 г) German Advisory Council on Global Change (WBGU). Springer, Berlin, Germany.
- WEC (1993).** Energy for Tomorrow's World. WEC Commission global report. (Энергетика в мире завтра). Глобальный доклад Комиссии МЭС World Energy Council, London, UK.
- WRA (2008).** A Sustainable Path: Meeting Nevada's Water and Energy Demands (Устойчивый путь развития: удовлетворение потребностей Невады в воде и энергии). Western Resource Advocates (WRA), Boulder, CO, USA, 43 pp. Available at: [www.westernresourceadvocates.org/water/NVenergy-waterreport.pdf](http://www.westernresourceadvocates.org/water/NVenergy-waterreport.pdf).



# Современные стоимостные и эксплуатационные параметры возобновляемых источников энергии

## **Ведущие авторы:**

Томас Брюкнер (Германия), Хелена Чум (США/Бразилия), Арнульф Йегер-Валдау (Италия/Германия), Онунд Киллингвейт (Норвегия), Луис Гутьеррез-Негрин (Мексика), Джон Нибоэр (Канада), Уолтер Мьюзиал (США), Авиель Вербругген (Бельгия), Райан Вайзер (США)

## **Авторы, готовящие материалы:**

Даниэл Арвизу (США), Ричад Бейн (США), Жан-Мишель Деверней (Франция), Дон Гвиннер (США), Жерардо Хириарт (Мексика), Джон Хакерби (Новая Зеландия), Арун Кумар (Индия), Хосе Морейра (Бразилия), Стефен Шлёмер (Германия)

## **Цитируя данное приложение, источник следует указывать следующим образом:**

Т. Брюкнер, Х. Чум, А. Йегер-Валдау, О. Киллингвейт, Л. Гутьеррез-Негрин, Дж. Нибоэр, У. Мьюзиал, А. Вербругген, Р. Вайзер, 2011 г.: приложение III: Таблица затрат. Специальный доклад МГЭИК о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий на изменение климата [О. Эденхофер, Р. Пичс-Мадруга, Ю.Сокона, К. Сейбот, П. Матшосс, С.Каднер, Т. Цвикель, П. Эйкемейер, Г. Хансен, С. Шлёмер, К. фон Штехов (редакторы)], Кембридж юниверсити пресс, Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США.



## Приложение III Современные стоимостные и эксплуатационные параметры возобновляемых источников энергии

Приложение III предназначено стать «живым документом», который будет обновляться в свете новой информации для использования в качестве вклада в Пятый доклад об оценке МГЭИК (ДО5). Ученым, заинтересованным в оказании содействия этому процессу, предлагается связаться с группой технической поддержки (ГТП) РГ III МГЭИК (используя адрес: srren\_cost@ipcc-wg3.de) для получения дальнейшей информации, касающейся процесса представления.<sup>1</sup> Замечания и внесение новых данных будут рассматриваться для включения в том 3 ДО5 МГЭИК в соответствии с процедурами системы рецензирования МГЭИК.

В настоящем приложении содержится последняя информация о стоимостных и эксплуатационных параметрах коммерчески доступных в настоящее время технологий выработки возобновляемой энергии (таблица А.III.1), теплоснабжения (таблица А.III.2) и процессах производства биологического топлива (таблица А.III.3). В обобщенном виде излагается информация, которая определяет нормированную стоимость энергии или энергоносителей, обеспечиваемых соответствующими технологиями.

Диапазоны входных данных основаны на оценках различных исследований авторами соответствующих глав, посвященных вопросам технологий (главы 2-7). Если не указано ничего другого, то диапазоны представленных здесь данных являются мировыми сводными показателями. Используются в основном данные за 2008 г., однако могут быть приведены и последние данные за 2009 г. Они представляют примерно средние значения 80% величин, найденных в литературе, что исключает, таким образом, выпадающие показатели. Доступность и качество различных источников данных существенно различаются в зависимости от отдельных технологий по ряду причин.<sup>2</sup> Вследствие этого необходима некоторая экспертная оценка для определения диапазонов репрезентативных данных для отдельных классов технологий и конкретных периодов времени, которые обоснованы в глобальном плане.

Ссылки на отдельные виды информации приведены в сносках. Если полный комплект данных основан на одной конкретной ссылке, она включается в колонку ссылок в зеленой части таблицы. Дополнительная информация о данных, содержащихся в таблице, предоставляется в сносках и в главах 2-7 (см., в частности, разделы 2.7, 3.8, 4.7, 5.8, 6.7 и 7.8).

Нормированная стоимость электроэнергии (НСЭ), тепла (НСТ) и транспортного топлива (НСФ)<sup>3</sup> рассчитывается на основе собранных в этом приложении данных и методики, описанной в приложении II с использованием трех разных реальных дисконтных ставок (3, 7 и 10%). Они представляют полный диапазон возможных значений нормированной стоимости, рассчитываемой от нижних и верхних границ входных данных в этой таблице. Более точно, нижняя граница диапазонов нормированной стоимости основана на нижних пределах диапазонов инвестиций, стоимости эксплуатации и техобслуживания (ЭТО) и (если применимо) сырья и на верхних пределах диапазонов коэффициентов мощности и сроков эксплуатации, а также (если применимо) на верхних пределах диапазонов эффективности преобразования и доходах побочного продукта, указанных в этой таблице. Более высокая граница диапазонов нормированной стоимости соответственно основана на верхних пределах диапазонов инвестиций, стоимости ЭТО и (если применимо) сырья и на нижних пределах диапазонов коэффициентов мощности и сроков эксплуатации, а также, если применимо, на нижних пределах диапазонов эффективности преобразования и дохода побочного продукта.<sup>4</sup>

Эти цифры нормированной стоимости (закрашенные фиолетовым цветом части таблиц) рассматриваются в разделах 1.3.2 и 10.5.1 основного доклада. Большинство глав, посвященных вопросам технологий (главы 2-7), предоставляют более подробную информацию о степени чувствительности видов нормированной стоимости к определенным входным параметрам за пределами дисконтных ставок (см., в частности, разделы 2.7, 3.8, 4.7, 5.8, 6.7 и 7.8). Результаты этих анализов чувствительности предоставляют дополнительную информацию об относительном весе большого количества параметров, которые определяют нормированную стоимость в более конкретных условиях.

Кроме анализа чувствительности для конкретных технологий, приводимых в соответствующих главах (главы 2-7), и рассмотрения в разделах 1.3.2 и 10.5.1, на рисунках А.III.2 – А.III.4 (а,б) дополнительно показана чувствительность нормированной стоимости, используя так называемые столбчатые диаграммы (рисунки А.III.2-А.III.4а), а также их «негативы» (рисунки А.III.2-А.III.4б).

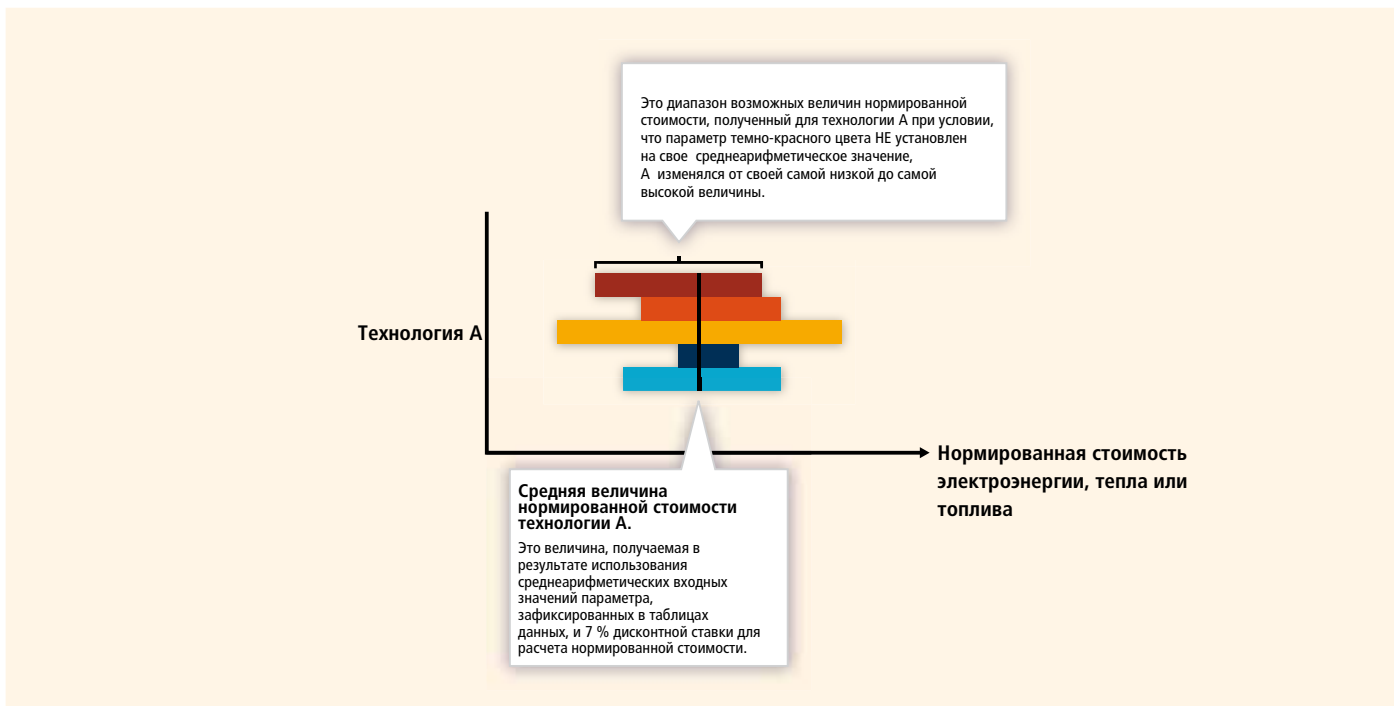
На рисунках А.III.1а и А.III.1б представлены схематичные варианты столбчатых диаграмм и их «негативов», соответственно с объяснениями того, как их надо корректно читать.

<sup>1</sup> Индивидуальные ответы не могут быть гарантированы, однако все сообщения, поступающие по электронной почте, а также соответствующий материал, прилагаемый к этим сообщениям, будут архивироваться и предоставляться в соответствующем виде авторам, участвующим в процессе подготовки ДО5.

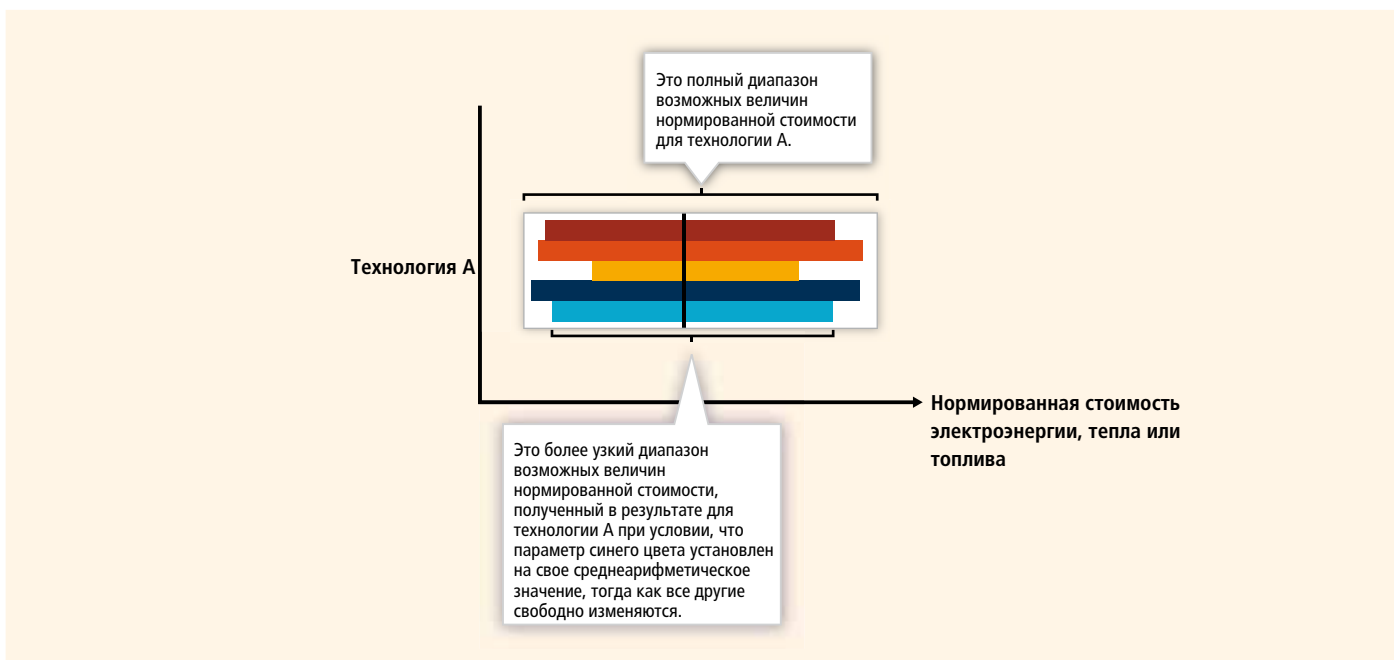
<sup>2</sup> В настоящем докладе использован не унифицированный язык для описания неопределенностей. Тем не менее, авторы настоящего приложения провели тщательную оценку имеющихся данных и осветили ограниченность и неопределенности данных в сносках. Объективное впечатление об объеме справочной базы может быть получено из списка литературы, приведенного в настоящем приложении.

<sup>3</sup> Нормированная стоимость представляет стоимость системы производства энергии в течение своего жизненного цикла. Она рассчитывается как цена единицы продукции, при которой энергия должна производиться из конкретного источника в течение своего жизненного цикла на уровне безубыточности. Нормированная стоимость обычно включает все частные затраты, возникающие в восходящем направлении в цепочке начисления стоимости, но она не включает затраты на поставки конечному потребителю в нисходящем направлении, стоимость внедрения или внешние затраты, связанные с охраной окружающей среды или на другие цели. Субсидии для производства возобновляемой энергии и налоговые кредиты не включаются. Однако косвенные налоги и субсидии на вводимые ресурсы или сырьевые товары, влияющие на цены вводимых ресурсов, и отсюда на частную стоимость, не могут полностью исключаться.

<sup>4</sup> Этот подход предполагает, что входные параметры для расчета НСЭ/НСТ/НСФ не зависят друг от друга. Это упрощенное предположение, которое подразумевает, что более низкие диапазоны НСЭ/НСТ/НСФ (как сочетание входных величин в наилучшем случае) могут иногда быть ниже наиболее часто имеющихся место значений, тогда как верхний диапазон НСЭ/НСТ/НСФ (как сочетание входных величин в наихудшем случае) может в некоторых случаях быть выше того, что обычно считается экономически привлекательным с перспективы частных инвесторов. Степень, до которой этот подход вводит структурное смещение в диапазонах НСЭ/НСТ/НСФ, тем не менее, уменьшается при применении достаточно консервативного подхода к диапазону входных величин (частично включая экспертную оценку), т.е. по возможности где-то при ограничении входных величин до среднего 80% диапазона.



**Рисунок А.III.1а** | Столбчатая диаграмма. Начиная со средней величины нормированной стоимости при 7 % ставке, становится возможным более широкий диапазон величин нормированной стоимости, если отдельные параметры изменяются в полном диапазоне величин, которые могут принимать эти параметры в различных условиях. Если НСЭ/НСТ/НСФ технологии очень чувствительны к изменению определенного параметра, то соответствующий столбец будет широким. Это означает, что изменение этого определенного параметра может привести к величинам НСЭ/НСТ/НСФ, имеющим значительные отклонения от средней величины НСЭ/НСТ/НСФ. Если НСЭ/НСТ/НСФ технологии устойчивы к изменениям соответствующего параметра, то столбцы будут узкими, и в результате изменения этого параметра могут возникнуть лишь небольшие отклонения от средней величины НСЭ/НСТ/НСФ, однако следует отметить, что отсутствие столбцов или узкие столбцы могут также явиться результатом отсутствия или ограниченного изменения входных параметров.



**Рисунок А.III.1б** | «Негатив» столбчатой диаграммы. Начиная с низких и высоких границ полного диапазона величин нормированной стоимости при 3% и 10% ставке, соответственно, остается возможным более узкий диапазон величин нормированной стоимости, если отдельные параметры имеют свои фиксированные соответственные средние величины. Если НСЭ/НСТ/НСФ технологии очень чувствительны к изменению определенного параметра, то соответствующий столбец, который остается, будет в значительной степени более узким. Такие параметры имеют особое значение при определении НСЭ/НСТ/НСФ в более конкретных условиях. Если НСЭ/НСТ/НСФ технологии устойчивы к изменениям соответствующего параметра, то оставшийся диапазон будет близким к полному диапазону возможных величин НСЭ/НСТ/НСФ. Такие параметры менее важны при более точном определении НСЭ/НСТ/НСФ. Однако следует отметить, что отсутствие отклонений или небольшие отклонения от полного диапазона могут также явиться результатом отсутствия или ограниченного изменения входных параметров.

Таблица А.III.1 | Параметры экономической эффективности технологий производства электроэнергии из ВИЭ.<sup>1</sup>

Ресурс	Технология	Входные данные										Выходные данные		
		Типичный размер устройства (МВт) <sup>1)</sup>	Инвестиционные затраты (долл. США/кВт)	Стоимость ЭТО, фиксированная годовая (долл. США/кВт) и/или (без сырья) переменная (центы США/кВтч)	Доход продукта (центы США/кВтч) <sup>ii)</sup>	Стоимость сырья (долл. США/ГДЖ <sub>сырья</sub> БТС <sup>iv)</sup> )	Эффективность преобразования сырья <sup>iii)</sup> (%)	Коэффициент мощности (%)	Экономический расчетный срок эксплуатации (годы)	Ссылки	НСЭ <sup>v)</sup> (Центы США/кВтч)			
											Дисконтная ставка	3%	7%	10%
Биоэнергия	Специальная биоэнергетика, ЦКС <sup>ii)</sup>	25–100	2 700–4 100 <sup>iii)</sup>	87 долл. США/кВт и 0,40 центов США/кВтч	н.п. <sup>viii)</sup>	1,25–5,0 <sup>k)</sup>	28	70–80	20		6,1–13	6,9–15	7,9–16	
	Специальная биоэнергетика, стокер <sup>ii)</sup>	См. выше	2 600–4 000 <sup>iii)</sup>	84 долл. США/кВт и 0,34 центов США/кВтч	н.п. <sup>viii)</sup>	См. выше	27	См. выше	См. выше	McGowin (2008)	5,6–13	6,7–15	7,7–16	
	Специальная биоэнергетика (стокер КТЭ <sup>ii)</sup> )	См. выше	2 800–4 200 <sup>iii)</sup>	86 долл. США/кВт и 0,35 центов США/кВтч	1,0 <sup>vii)</sup>	См. выше	24	См. выше	См. выше		5,1–13	6,3–15	7,3–17	
	Совместное сжигание: Совместная подача сырья	20–100	430–500 <sup>iii)</sup>	12 долл. США/кВт и 0,18 центов США/кВтч	н.п. <sup>viii)</sup>	См. выше	36	См. выше	См. выше	McGowin (2008)	2,0–5,9	2,2–6,2	2,3–6,4	
	Совместное сжигание: Отдельная подача сырья	См. выше	760–900 <sup>iii)</sup>	18 долл. США/кВт	н.п. <sup>viii)</sup>	См. выше	36	См. выше	См. выше	Bain (2011)	2,3–6,3	2,6–6,7	2,9–7,1	
	КТЭ (ОЦР) <sup>ii)</sup>	0,65–1,6	6 500–9 800	59–80 долл. США/кВт и 4,3–5,1 центов США/кВтч	7,7 <sup>ix)</sup> , xvi)	См. выше	14	55–68	См. выше		8,6–26	12–32	15–37	
	КТЭ (Паровая турбина)	2,5–10	4 100–6 200 <sup>xvii)</sup>	54 долл. США/кВт и 3,5 центов США/кВтч	5,4 <sup>xv)</sup> , xviii)	См. выше	18	См. выше	См. выше	Oberberger et al. (2008)	6,2–18	8,3–22	10–26	
	КТЭ (газификация ДВС) <sup>ix)</sup>	2,2–13	1 800–2 100	65–71 долл. США/кВт и 1,1–1,9 центов США/кВтч	1,0–4,5 <sup>xv)</sup> , xx)	См. выше	28–30	См. выше	См. выше		2,1–11	3,0–13	3,8–14	
	ФЭ (на крыше жилых домов)	0,004–0,01	3 700–6 800 <sup>xvi)</sup>	19–110 долл. США/кВт <sup>xvii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	20–30		12–53	18–71	23–86	
	ФЭ (на крыше промышленных)	0,02–0,5	3 500–6 600 <sup>xvi)</sup>	18–100 долл. США/кВт <sup>xvii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	См. выше		11–52	17–69	22–83	
Прямая солнечная энергия	ФЭ (коммунального масштаба, с фиксированным наклоном)	0,5–100 <sup>xviii)</sup>	2 700–5 200 <sup>xvi)</sup>	14–69 долл. США/кВт <sup>xvii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	15–21 <sup>xviii)</sup>	См. выше	См. раздел 3.8 и сноски	8,4–33	13–43	16–52	
	ФЭ (коммунального масштаба, одноосная)	0,5–100 <sup>xviii)</sup>	3 100–6 200 <sup>xvi)</sup>	16–75 долл. США/кВт <sup>xvii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	15–27 <sup>xviii)</sup>	См. выше		7,4–39	11–52	15–62	
Геотермальная энергия	КСЭ	50–250 <sup>xviii)</sup>	6 000–7 300 <sup>xvi)</sup>	60–82 долл. США/кВт <sup>xvii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	35–42 <sup>xviii)</sup>	См. выше		11–19	16–25	20–31	
	Геотермальная энергия (установки сверхкритической конденсации)	10–100	1 800–3 600 <sup>xix)</sup>	150–190 долл. США/кВт <sup>xvii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	60–90 <sup>xix)</sup>	25–30 <sup>xix)</sup>	См. раздел 4.7 и сноски	3,1–8,4	3,8–11	4,5–13	
Геотермальная энергия	Геотермальная энергия (установки двойного цикла)	2–20	2 100–5 200 <sup>xx)</sup>	См. выше	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	См. выше	См. выше		3,3–11	4,1–14	4,9–17	
	Все виды	<0,1 – >20 000 <sup>xxii)</sup>	1 000–3 000 <sup>xx)</sup>	25–75 долл. США/кВт <sup>xvii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	30–60 <sup>xx)</sup>	40–80 <sup>xxii)</sup>	См. главу 5 и сноски	1,1–7,8	1,8–11	2,4–15	
Гидроэнергия		<1 – >250 <sup>xxiii)</sup>	4 500–5 000 <sup>xxiii)</sup>	100 долл. США/кВт <sup>xvii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	22,5–28,5 <sup>i)</sup>	40 <sup>iii)</sup> , xxviii)	См. раздел 6.7 и сноски	12–16	18–24	23–32	
Энергия океана	Приливного диапазона <sup>xxviii)</sup>	<1 – >250 <sup>xxiii)</sup>	4 500–5 000 <sup>xxiii)</sup>	100 долл. США/кВт <sup>xvii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	н.п. <sup>viii)</sup>	22,5–28,5 <sup>i)</sup>	40 <sup>iii)</sup> , xxviii)	См. раздел 6.7 и сноски	12–16	18–24	23–32	

Продолжение на след. стр. →

Ресурс	Технология	Типичный размер устройства (МВт) <sup>ii</sup>	Инвестиционные затраты (долл. США/кВт)	Стоимость ЭТО, фиксированная годовая (долл. США/кВт) и/или (без сырья) переменная (центы США/кВтч)	Доход побочного продукта (центы США/кВтч) <sup>iii</sup>	Стоимость сырья (долл. США/ГДж <sub>сырце</sub> , БТС) <sup>iv</sup>	Эффективность преобразования сырья <sup>v</sup> (%)	Коэффициент мощности (%)	Экономический расчетный срок эксплуатации (годы)	Ссылки	Выходные данные		
											НСЭ <sup>v</sup> (Центры США/кВтч)	Дисконтная ставка	
											3%	7%	10%
Энергия ветра	Энергия ветра (береговая станция, большие турбины)	5–300 <sup>iii</sup>	1 200–2 100 <sup>iii</sup>	1,2–2,3 цента США/кВт-ч	н.п. <sup>iii</sup>	н.п. <sup>iii</sup>	н.п. <sup>iii</sup>	20–40 <sup>iii</sup>	20 <sup>iv</sup>	См. главу 7	3,5–10	4,4–14	5,2–17
	Энергия ветра (прибрежная станция, большие турбины)	20–120 <sup>iii</sup>	3 200–5 000 <sup>iii</sup>	2,0–4,0 цента США/кВт-ч	н.п. <sup>iii</sup>	н.п. <sup>iii</sup>	н.п. <sup>iii</sup>	35–45 <sup>iii</sup>	См. выше		7,5–15	9,7–19	12–23

Общие замечания/Примечания:

- i Все данные округляют до 2 значимых цифр. В большинстве глав, посвященных технологиям (главы 2-7), представляется дополнительная и/или более подробная информация об экономической эффективности в соответствующих разделах глав о трендах стоимости. Непосредственное сравнение оценок нормированной стоимости, взятых из литературы, должно учитывать лежащие в их основе предположения.
- ii Размеры устройства предназначены представлять имеющиеся в настоящее время/последние размеры. Если ожидается, что будущие размеры будут отличаться от этих величин, это включается в сноску к соответствующим технологиям.
- iii Для станций с комбинированным производством электроэнергии и тепла (КТЭ), производство тепла рассматривается как побочный продукт при расчете нормированной стоимости электроэнергии, предоставляя полную информацию о капитальных затратах как автономной электростанции.
- iv БТС: Большая теплотворная способность. МТС: Меньшая теплотворная способность.
- v НСЭ: Нормированная стоимость электричества. Нормированная стоимость обычно включает все частные виды стоимости, возникающие в восходящем направлении в цепочке начисления стоимости производства электричества, но они не включают стоимость передачи и распределения конечному потребителю. Субсидии на выходную продукцию для производства возобновляемой энергии и налоговые кредиты не включаются. Однако косвенные налоги и субсидии на вводимые ресурсы или сырьевые товары, влияющие на цены вводимых ресурсов, и отсюда на частную стоимость, не могут полностью исключаться. В зависимости от контекста обсуждения НСЭ может также обозначать нормированную стоимость энергии.

Биоэнергия:

- vi Циркулирующий кипящий слой (ЦКС) является слоем турбулентной (течение газа с большой скоростью) циркулирующей жидкости, где твердые частицы улавливаются и возвращаются в слой. Сам слой жидкости представляет скопление небольших твердых взвешенных частиц, поддерживаемых в движении восходящим потоком жидкости, обычно газа.
- vii Справочные данные даны для станции мощностью 50 МВт. В инвестиционных затратах для более крупных и небольших станций был изменен масштаб в соответствии со степенным законом: Конкретные инвестиционные затраты<sub>размер 2</sub> = Инвестиционные затраты<sub>размер 1</sub> × (Размер 2/Размер 1)<sup>n-1</sup>, где поправочный коэффициент n = 0,7. Оценки капитальных затрат включают оборудование для операций с топливом и его подготовки, котельную установку и контроль качества воздуха, паровую турбину и вспомогательные устройства, остальную часть электростанции, общее оборудование и гонорар за технические услуги, непредвиденные расходы по проекту и технологическому процессу, компенсацию денежных средств, использование денежных средств, стоимость владельца, расходы владельца, и налоги и сборы. Сокращение «н.п.» здесь означает «не применимо».
- viii Сырьем является древесина с БТС = 20,0 ГДж/т, МТС = 18,6 ГДж/т.
- x Механический стокер представляет механизм или устройство, подающее топливо в котельную установку.
- xi КТЭ: Комбинированное производство тепла и электроэнергии.
- xii Расчет дохода побочного продукта для крупномасштабной ТЭЦ предполагает, что тепловая мощность, используемая для промышленных применений, составляет 5,38 ГДж тепла на МВтч электроэнергии; цена пара - 4,85 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж (75% закупочной цены пара целлюлозно-бумажного производства США) (МЭА, 2009 г., таблица 7.2); и 75% произведенного тепла продается.
- xiii Справочные данные даны для станции мощностью 50 МВт. В инвестиционных затратах для более крупных и небольших станций был изменен масштаб в соответствии со степенным законом: Конкретные инвестиционные затраты<sub>размер 2</sub> = Инвестиционные затраты<sub>размер 1</sub> × (Размер 2/Размер 1)<sup>n-1</sup>, где поправочный коэффициент n = 0,9 (Peters et al., 2003). Оценки инвестиционных затрат на совместное сжигание были разработаны для существующих модернизированных станций, работающих на угле в США. Они включают стоимость оборудования для операций с топливом и его подготовки, дополнительные расходы на модернизацию котельной установки, остальную часть станции, общие оборудование и инженерно-технические работы, непредвиденные расходы по проекту и технологический процесс, компенсацию денежных средств, использованных во время строительства, расходы владельца и налоги и сборы. Протоколы сметных расходов на совместное сжигание в США не включают пропорционально распределенные затраты на котельную установку.

- xiv ОЦР: Органический цикл Ренкина.
- xv Для расчета дохода побочного продукта для небольших ТЭЦ, горячая вода оценивается исходя из стоимости 12,51 долл. США<sub>2005</sub>/ГДж (среднее значение взято из работ Rauch (2010) и Skjoldborg (2010)), учитывается 33% валового продукта, так как оператор может возместить только часть стоимости, и использование воды носит сезонный характер.
- xvi Тепловая мощность, используемая для горячей воды, составляет 18,51 ГДж тепла на МВтч электроэнергии.
- xvii Справочные данные даны для станции КТЭ мощностью 5 МВт. В инвестиционных затратах для более крупных и небольших станций был изменен масштаб в соответствии со степенным законом: Конкретные инвестиционные затраты<sub>размер 2</sub> = Инвестиционные затраты<sub>размер 1</sub> × (Размер 2/Размер 1)<sup>n-1</sup>, где поправочный коэффициент n = 0,7 (Peters et al., 2003).
- xviii Тепловая мощность, используемая для горячей воды, составляет 12,95 ГДж тепла на МВтч электроэнергии.
- xix ДВС: Двигатель внутреннего сгорания.
- xx Тепловая мощность, используемая для горячей воды, находится в диапазоне 2,373 – 10,86 ГДж/МВтч.

#### Прямая солнечная энергия – фотоэлектрические (ФЭ) системы:

- xxi В 2009 г. оптовые фабричные цены ФЭ модулей понизились более чем на 50%. В результате, рыночные цены для устанавливаемых ФЭ систем в Германии, наиболее конкурентоспособном рынке, понизились более чем на 30% в 2009 г. по сравнению примерно с 10% в 2008 г. (см. раздел 3.8.3). Данные о рыночных ценах 2009 г. из Германии использованы в качестве нижней границы инвестиционных затрат систем, устанавливаемых на крышах жилых домов (Bundesverband Solarwirtschaft e.V., 2010), и для коммунальных систем с фиксированным углом наклона (Bloomberg, 2010г.). На основе данных рынка США 2008 и 2009 гг., предполагается, что инвестиционные затраты на более крупные системы на крышах промышленных зданий ниже на 5%, по сравнению с небольшими системами на крышах жилых зданий (НЛВИЭ, 2011b; см. также раздел 3.8.3). Предполагается, что системы слежения имеют на 15-20% более высокие инвестиционные затраты, чем рассматриваемые здесь одноосные системы без слежения (НЛВИЭ, 2011a; см. также раздел 3.8.3). Средневзвешенные инвестиционные затраты на производственные мощности в США в 2009 г. (НЛВИЭ, 2011b) используются в качестве верхней границы для определения диапазона инвестиционных затрат, типичных примерно для 80% установок в мире в 2009 г. (см. раздел 3.4.1 и раздел 3.8.3.).
- xxii Расходы ЭТО ФЭ систем низкие и даются в диапазоне от 0,5 до 1,5% ежегодно от первоначальных инвестиционных затрат (Breyer et al., 2009; IEA, 2010c).
- xxiii Основным параметром, который влияет на коэффициент потенциала ФЭ системы, является фактическое годовое излучение солнца в кВтч/м<sup>2</sup>/г в данном месте и для данного типа системы. Коэффициенты мощности некоторых недавно установленных систем представлены в работе Sharma (2011г.).
- xxiv Верхний предел коммунальных ФЭ систем представляет современное состояние. Более крупные системы (до 1 ГВт) находятся в стадии предложения и разработки и могут быть реализованы в течение следующего десятилетия.

#### Прямая солнечная энергия – концентрированная солнечная энергия (КСЭ):

- xxv Проектные размеры станций КСЭ могут минимально совпадать с размером одной системы, вырабатывающей электроэнергию (например, система с параболической тарелкой/двигателем 25 кВт). Однако, представленный диапазон является типичным для строящихся или предлагаемых на сегодняшний день систем. Также предлагаются «энергоцентры», состоящие из нескольких установок КСЭ на одной площадке с размерами до 1 ГВт и более (4 x 250 МВт).
- xxvi Диапазоны стоимости представлены для параболических установок с накопителем тепловой энергии 6 часов в 2009 г. Инвестиционные затраты включают прямые плюс косвенные затраты, при этом косвенные затраты включают инженерно-технические затраты, закупочные и строительные наценки, затраты владельца, стоимость земли и налоги. Инвестиционные затраты ниже для установок без накопителей и выше для установок с большой накопительной мощностью. По оценкам МЭА (2010а) низкие инвестиционные затраты составляют 3 800 долл. США<sub>2005</sub>/кВт для установок без накопителей и высокие – 7 600 долл. США<sub>2005</sub>/кВт для установок с большой накопительной мощностью (принятый за основу год обращения денег: 2009 г.). Коэффициенты мощности также меняются, если устанавливается накопитель тепловой энергии (см. примечание xxviii).
- xxvii МЭА (2010а) сообщает о затратах на ЭТО относительно вырабатываемой энергии, составляющих 1,2 – 2,7 цента США/кВтч (принятый за основу год обращения денег: 2009 г.). В зависимости от фактически вырабатываемой энергии, это может привести к низкой или высокой годовой стоимости ЭТО по сравнению с приведенным здесь диапазоном.
- xxviii Коэффициент мощности для параболической установки с накопителем тепловой энергии 6 часов для классов солнечного ресурса, характерных для юго-западной части США. В зависимости от размера мощности накопителя тепловой энергии, коэффициенты мощности, а также инвестиционные затраты значительно меняются. Кроме установок станции, вырабатывающей энергию из энергии солнца в Калифорнии, новые установки КСЭ стали эксплуатироваться только с 2007 г. и далее, поэтому имеется мало данных о фактической эффективности, и большинство публикаций просто дают оценки или прогнозы коэффициентов мощности. Sharma (2011) приводит многолетние (1998-2002 гг.) средние коэффициенты мощности от 12,4 до 27,7% для установок без накопителей тепловой энергии, но с запасом природного газа. МЭА (2010а) заявляет, что установки в Испании с 15 часами накопления тепловой энергии могут давать до 6 600 часов в год. Это эквивалентно 75% коэффициента мощности, если производство идет на полной мощности в течение 6 600 часов. Более крупные накопители также повышают инвестиционные затраты (см. примечание xxvi).

#### Геотермальная энергия:

- xxix Инвестиционные затраты включают: изыскание и подтверждение имеющихся ресурсов; бурение эксплуатационной и нагнетательной скважин; наземное оборудование и инфраструктуру и электростанцию. Для проектов по расширению (т.е. новые установки на том же геотермальном месторождении) инвестиционные затраты могут быть на 10-15% ниже (см. раздел 4.7.1). Диапазоны инвестиционных затрат основаны на работе Bromley et al. (2010) (см. также рисунок 4.7).
- xxx Затраты на ЭТО основаны на работе Hance (2005). В Новой Зеландии, диапазон затрат на ЭТО составляет от 1 до 1,4 центов США /кВтч для установки мощностью 20-50 МВт (Barnett and Quinlivan, 2009), что эквивалентно 83-117 долл. США /кВт/г, т.е. значительно ниже, чем цифры, приведенные Hance (2005). Для дальнейшей информации см. раздел 4.7.2.
- xxxi Текущий (данные за 2008-2009 гг.) мировой коэффициент мощности (КМ) для эксплуатирующихся конденсационных установок (сверхбыстрой) и двойного цикла составляет 74,5%. Исключая некоторые выбросы, нижние и верхние границы можно оценить, как 60 и 90%. Типичные КМ для новых геотермальных станций составляют более 90% (Hance, 2005; DiPippo, 2008; Bertani, 2010). Проекция мирового среднего КМ на 2020 г. составляет 80%, и может быть 85% в 2030 г. и достичь 90% в 2050 г. (см. разделы 4.7.3 и 4.7.5).

Продолжение на след. стр. →

xxxii 25-30 лет – обычный срок жизни геотермальных электростанций по всему миру. Этот период окупаемости позволяет провести реконструкцию или замену стареющей наземной станции в конце срока ее службы, но он не эквивалентен экономическому сроку жизни ресурсов геотермального резервуара, который обычно гораздо больше (например, Larderello, Wairakei, Гейзеры: раздел 4.7.3). Однако в некоторых резервуарах возможность ухудшения ресурсов с течением времени является одним из ряда факторов, влияющих на экономику продолжения эксплуатации станции.

Гидроэнергия:

- xxxiii В среднем в 80% случаев проектные размеры документально оформляются неудовлетворительно для гидроэлектростанций. Указанный здесь диапазон типичен для полного диапазона проектных размеров. Гидроэнергетические проекты всегда характерны для данной площадки, так как они спроектированы для использования напора и расхода на каждой площадке. Поэтому проекты могут быть очень небольшими от нескольких кВт в небольшом потоке до нескольких тысяч МВт, например, 18 000 МВт для проекта «Три ущелья» в Китае (с мощностью по завершении 22 400 МВт) (см. раздел 5.1.2). На сегодняшний день 90% установленной гидроэнергетической мощности и 94% производства гидроэлектроэнергии приходится на гидроэлектростанции размером >10 МВт (IJND, 2010).
- xxxiv Инвестиционные затраты для гидроэнергетических проектов могут быть низкими от 400 до 500 долл. США /кВт, но наиболее реалистичные проекты в настоящее время находятся в диапазоне от 1 000 до 3 000 долл. США/кВт (раздел 5.8.1).
- xxxv Затраты на ЭТО обычно даются, как процент от инвестиционных затрат для гидроэнергетических проектов. Типичные величины находятся в диапазоне от 1 до 4%, тогда как данные в таблице основаны на среднем значении 2,5%, примененном к диапазону инвестиционных затрат. Этого обычно достаточно для покрытия затрат на модернизацию механического и электрического оборудования, как реконструкция турбины, перематка генератора и реинвестирование в системы связи и контроля (раздел 5.8.1).
- xxxvi Коэффициенты мощности (КМ) будут определяться гидрологическими условиями, установленной мощностью и проектом станции, и тем, как эксплуатируется станция (т.е. степень регулирования выходной продукции). Для проектов электростанций, предназначенных для максимального производства электроэнергии (основная нагрузка) и при некотором регулировании КМ будет часто составлять 30-60%. На рисунке 5.20 показаны средние КМ для различных регионов мира. Для электростанций, покрывающих максимум нагрузки, КМ будет намного ниже до 20%, так как эти станции спроектированы с гораздо большей мощностью для удовлетворения максимальных потребностей. КМ для прямоточных систем водоснабжения изменяются в широком диапазоне (20-95%) в зависимости от географических и климатологических условий, технологии и эксплуатационных характеристик (см. раздел 5.8.3).
- xxxvii Гидроэлектростанции, в общем, имеют очень длительные физические сроки эксплуатации. Имеется много примеров гидроэлектростанций, эксплуатирувавшихся более 100 лет при регулярной модернизации электрических и механических систем, но без существенной реконструкции наиболее дорогих общественных сооружений (плотины, туннели и т.д.). По сообщению МЭА (2010d) многие станции, построенные 50-100 лет назад, все еще находятся в эксплуатации. Для крупных гидроэлектростанций, срок службы может, поэтому, безопасно устанавливаться, по меньшей мере, на 40 лет, и срок службы 80 лет используется в качестве верхней границы. Для небольших гидроэлектростанций, обычный срок службы может быть установлен до 40 лет и в некоторых случаях даже меньше. Экономический проектный эксплуатационный ресурс может отличаться от фактических сроков эксплуатации станции, и в значительной степени будет зависеть от того, как осуществляется владение и финансирование гидроэлектростанций (см. раздел 5.8.1).

Энергия океана:

- xxxviii Представленные данные для электростанций приливного диапазона основаны на очень небольшом количестве установок (см. соответствующие сноски). Поэтому все данные должны приниматься во внимание с должной осторожностью.
- xxxix Единственной в мире приливной электростанцией коммунального пользования является электростанция Ля Ранс мощностью 240 МВт, которая успешно эксплуатируется с 1966 г. Другие небольшие проекты затем заказывались в Китае, Канаде и России мощностью 3,9 МВт, 20 МВт и 0,4 МВт, соответственно. Ожидается, что приливная плотина на озере Сихва мощностью 254 МВт, будет сдана в эксплуатацию в 2011 г. и станет затем самой крупной приливной электростанцией в мире. Были определены многочисленные проекты, некоторые из них с очень большими мощностями, в том числе в СК (эстуарий реки Северн, 9,3 ГВт), Индии (1,8 ГВт), Корею (740 МВт) и России (Белое и Охотское моря, 28 ГВт). Ни один из них не считается пока экономичным, и осуществление многих проектов столкнется с возражениями в природоохранном плане (Kerr, 2007). Проекты в эстуарии реки Северн были оценены правительством СК, и их осуществление недавно было отложено.
- xl Более ранняя оценка предполагает коэффициенты мощности в диапазоне 25-35% (Charlier, 2003).
- xli Приливные плотины напоминают гидроэлектростанции, которые в целом имеют очень длительный расчетный срок службы. Многие электростанции были в эксплуатации более 100 лет при регулярной модернизации электрических и механических систем, но без существенной реконструкции наиболее дорогих гражданских структур (плотины, туннели и т.д.). Поэтому предполагается, что приливные плотины имеют такой же экономический расчетный срок эксплуатации, как и крупные гидроэлектростанции, который может быть с безопасностью установлен, по меньшей мере, на 40 лет (см. главу 5).

Энергия ветра:

- xlii Типичный размер устройства принимается в качестве размера электростанции (не турбины). Для береговых ветряных электростанций, станции мощностью от 5 до 300 МВт были обычны в период с 2007 г. по 2009 г., хотя доминируют как небольшие, так и крупные станции. Для прибрежных ветряных электростанций было обычным использование станций мощностью 20-120 МВт с 2007 по 2009 гг., хотя в будущем ожидается постройка ветряных электростанций намного большего размера. Для модульной технологии присущ широкий диапазон размеров станций, вызванный рыночными и географическими условиями.
- xliii Береговые ветряные электростанции самой низкой стоимости были установлены в Китае, при этом стоимость станций в США и Европе была более высокой. Этот диапазон отражает большинство береговых ветряных электростанций, установленных в мире в 2009 г. (самый последний год для которого имеются надежные данные в письменном виде), однако электростанции, установленные в Китае, имеют средние затраты, которые могут быть даже ниже этого диапазона (1 000 – 1 350 долл. США/кВт – обычная цена в Китае). В большинстве случаев, инвестиционные затраты включают стоимость турбин (турбины, транспортировка на площадку и установка), сетевое подключение (кабели, подстанция, подсоединение, но не более, чем общие затраты на расширения передачи энергии), строительные работы (фундаменты, дороги, здания), и другие затраты (инженерно-технические работы, лицензирование, разрешения, оценки воздействия на окружающую среду и оборудование для мониторинга).
- xliv Коэффициенты мощности частично зависят от силы лежащего в основе ветрового ресурса, который изменяется в зависимости от региона и площадки, а также от конструкции турбины.
- xlv Современные ветряные турбины, которые удовлетворяют стандартам Международной электротехнической комиссии, спроектированы на срок эксплуатации 20 лет, а ресурс турбины может даже превышать 20 лет, если затраты на ЭТО остаются на приемлемом уровне. Ветряные электростанции обычно финансируются на период времени 20 лет.
- xlvi Для прибрежных ветряных электростанций, диапазон инвестиционных затрат включает большинство прибрежных ветряных электростанций, установленных в наиболее последние годы (включая 2009 г.), а также станции, завершение установки которых запланировано на начало 2010г. Так как в последние годы затраты возросли, использование стоимости последних и планируемых проектов обоснованно отражает «текущую» стоимость прибрежных ветряных электростанций. В большинстве случаев инвестиционные затраты включают стоимость турбин (турбины, транспортировка на площадку и установка), сетевое подключение (кабели, подстанция, подсоединение, но не более, чем общая стоимость расширения передачи энергии), строительные работы (фундаменты, дороги, здания), и другие затраты (инженерно-технические работы, лицензирование, разрешения, оценки воздействия на окружающую среду и оборудование для мониторинга).

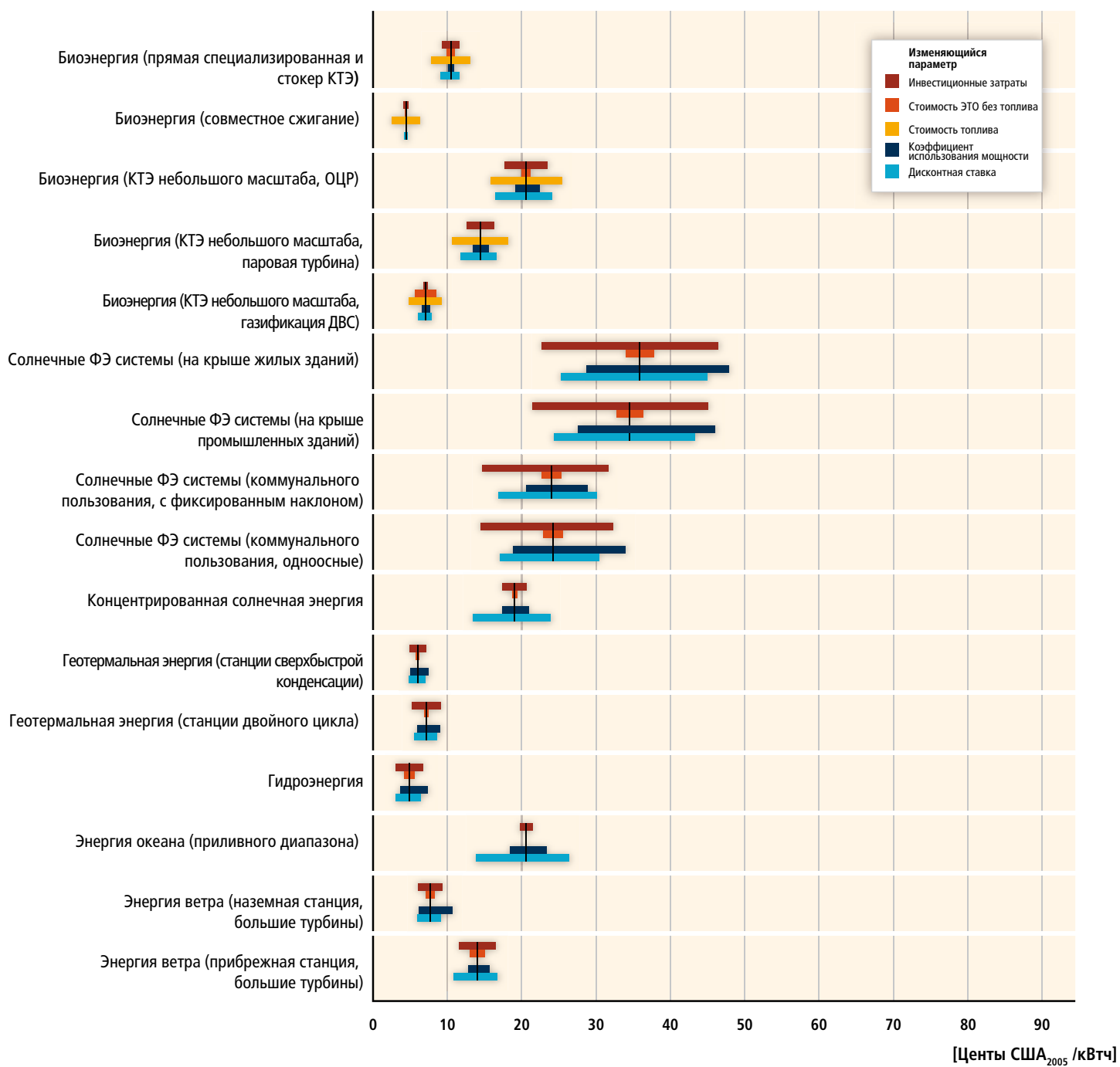


Рисунок А.III.2a | Столбчатая диаграмма для технологий возобновляемой энергии. Для дальнейшего пояснения см. рисунок А.III.1a.



Рисунок А.III.2b | «Негатив» столбчатой диаграммы для технологий возобновляемой энергии. Для дальнейшего пояснения см. рисунок А.III.1b.

Примечание: Верхние границы обеих технологий геотермальной энергии рассчитываются на основе предполагаемого времени строительства 4 года. Для показанного здесь упрощенного подхода, использованного для анализа чувствительности, это предположение не было принято во внимание, что привело к верхним границам, которые были ниже тех, которые основывались на более точной методике. Тем не менее, масштаб диапазонов был изменен для получения таких же результатов, как и при более точном подходе.



Таблица А. III.2 | Параметры экономической эффективности технологий производства тепла из ВИЭ.<sup>1</sup>

Ресурс	Технология	Типичный размер устройства (МВт)	Инвестиционные затраты (долл. США/кВт)	Стоимость ЭТО, фиксированная годовая (долл. США/кВт) и/или переменная (долл. США/ГДж)	Доход побочного продукта (долл. США / ГДж сырье) <sup>ii</sup>	Стоимость сырья (долл. США/ГДж сырье) <sup>ii</sup>	Эффективность преобразования сырья (%)	Коэффициент мощности (%)	Экономический расчетный срок эксплуатации (годы)	Ссылки	Выходные данные		
											НСТ <sup>iii</sup> (долл. США/ГДж)		Дисконтная ставка
											3%	7%	
Биоэнергия	Биомасса (БОБ <sup>iv</sup> )	0,005–0,1 <sup>v</sup>	310–1 200 <sup>vi</sup>	13–43 долл. США/кВт <sup>vii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	10–20	86–95	13–29	10–20	МЭА (2007b)	14–70	15–77	16–84
	Биомасса (МТО <sup>v</sup> , КТЭ)	1–10 <sup>ix</sup>	370–3 000 <sup>x, xii</sup>	15–130 долл. США/кВт <sup>vii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	10–20	20–40 <sup>xiv</sup>	80–91	10–20		1,4–34	1,8–38	2,1–41
	Биомасса (Паровая турбина, КТЭ) <sup>xv</sup>	12–14	370–1 000 <sup>xi</sup>	1,2–2,5 долл. США/кВт <sup>vii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	10–40	10–20	10–40	63–74		10–69	11–70	11–72
	Биомасса (Анаэробное сбраживание, КТЭ)	0,5–5 <sup>ix</sup>	170–1 000 <sup>x, xii</sup>	37–140 долл. США/кВт <sup>vii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	20–30 <sup>xviii</sup>	15–25	20–30 <sup>xviii</sup>	68–91		10–29	10–30	10–32
Солнечная энергия	Солнечное термальное тепло (БГВ <sup>xix</sup> , Китай)	0,0017–0,01 <sup>xx</sup>	120–540 <sup>xxi</sup>	1,5–10 долл. США/кВт <sup>xvii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	10–15 <sup>xxv</sup>	20–80 <sup>xxii</sup>	4,1–13 <sup>xxiv</sup>	10–15 <sup>xxv</sup>	См. раздел 3.8.2 и сноски	2,8–56	3,6–67	4,2–75
	Солнечное термальное тепло (БГВ, термосифон, комбинированные системы)	0,0017–0,07 <sup>xx</sup>	530–1 800	5,6–22 долл. США/кВт <sup>xvii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	15–25	20–80 <sup>xxii</sup>	4,1–13 <sup>xxiv</sup>	15–25	МЭА (2007b)	8,8–134	12–170	16–200
Геотермальная энергия	Геотермальная (Отопление зданий)	0,1–1	1 600–3 900 <sup>xxiii</sup>	8,3–11 долл. США/ГДж <sup>xxiii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	20	н.п. <sup>viii</sup>	25–30	20	См. раздел 4.7.6	20–50	24–65	28–77
	Геотермальная (Центральное теплоснабжение)	3,8–35	600–1 600 <sup>xxiii</sup>	8,3–11 долл. США/ГДж <sup>xxiii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	25	н.п. <sup>viii</sup>	25–30	25		12–24	14–31	15–38
	Геотермальная (Теплицы)	2–5,5	500–1 000 <sup>xxiii</sup>	5,6–8,3 долл. США/ГДж <sup>xxiii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	50	20	н.п. <sup>viii</sup>	20		7,7–13	8,6–14	9,3–16
	Геотермальная (открытые пруды, аквакультуры)	5–14	50–100 <sup>xxiii</sup>	8,3–11 долл. США/ГДж <sup>xxiii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	60	20	н.п. <sup>viii</sup>	20		8,5–11	8,6–12	8,6–12
	Геотермальная тепловые насосы (ГТН)	0,01–0,35	900–3 800 <sup>xxiii</sup>	7,8–8,9 долл. США/ГДж <sup>xxiii</sup>	н.п. <sup>viii</sup>	20	н.п. <sup>viii</sup>	25–30	20		14–42	17–56	19–68

Общие замечания/Примечания:

- i Все данные округляют до 2 значимых цифр. В большинстве глав, посвященных вопросам технологий (главы 2–4), предоставляется дополнительная и/или более подробная информация об экономической эффективности в соответствующих разделах глав о трендах стоимости. Предположения, лежащие в основе некоторых сметных оценок производства, цитируемые непосредственно из литературы, могут, вместе с тем, быть не такими транспарентными, как комплексы данных в настоящем приложении и поэтому к ним необходимо относиться осторожно.
- ii Станции КТЭ вырабатывают как тепло, так и электричество. Расчет нормированной стоимости только одного продукта, т.е. или тепла или электричества может выполняться разными способами. Один из способов заключается в том, чтобы установить (дисконтную) рыночную стоимость для «побочного продукта» и вычесть этот дополнительный доход из оставшихся расходов. Этот способ применяется при расчете НСЭ биоэнергетических станций КТЭ. Расчет НСТ выполнялся другим способом в соответствии с методикой, использованной МЭА (2007 г.), которая послужила в качестве основного эталона для входных данных:

Продолжение на след. стр. →

Вместо рассмотрения электричества как «побочного продукта» и вычитания его стоимости из оставшихся расходов на теплоснабжение, суммарные расходы в течение срока жизни инвестиционного проекта были поделены в соответствии со средней нормой выработки тепла/электричества и учитывались только части инвестиций, приходящихся на тепло и стоимость ЭТО. По этой причине доход «побочного продукта» указывается в таблице по производству тепла. Обе методологии имеют различные преимущества/недостатки.

- iii НСТ: Нормированная стоимость теплоснабжения. Нормированная стоимость не включает стоимость передачи и распределения тепла в случае систем центрального теплоснабжения. Субсидии на выходную продукцию для генерации возобновляемой энергии и налоговые кредиты также исключаются. Однако косвенные налоги и субсидии на вводимые ресурсы или сырьевые товары, влияющие на цены вводимых ресурсов и отсюда на частную стоимость, не могут быть полностью исключены.

Биоэнергия:

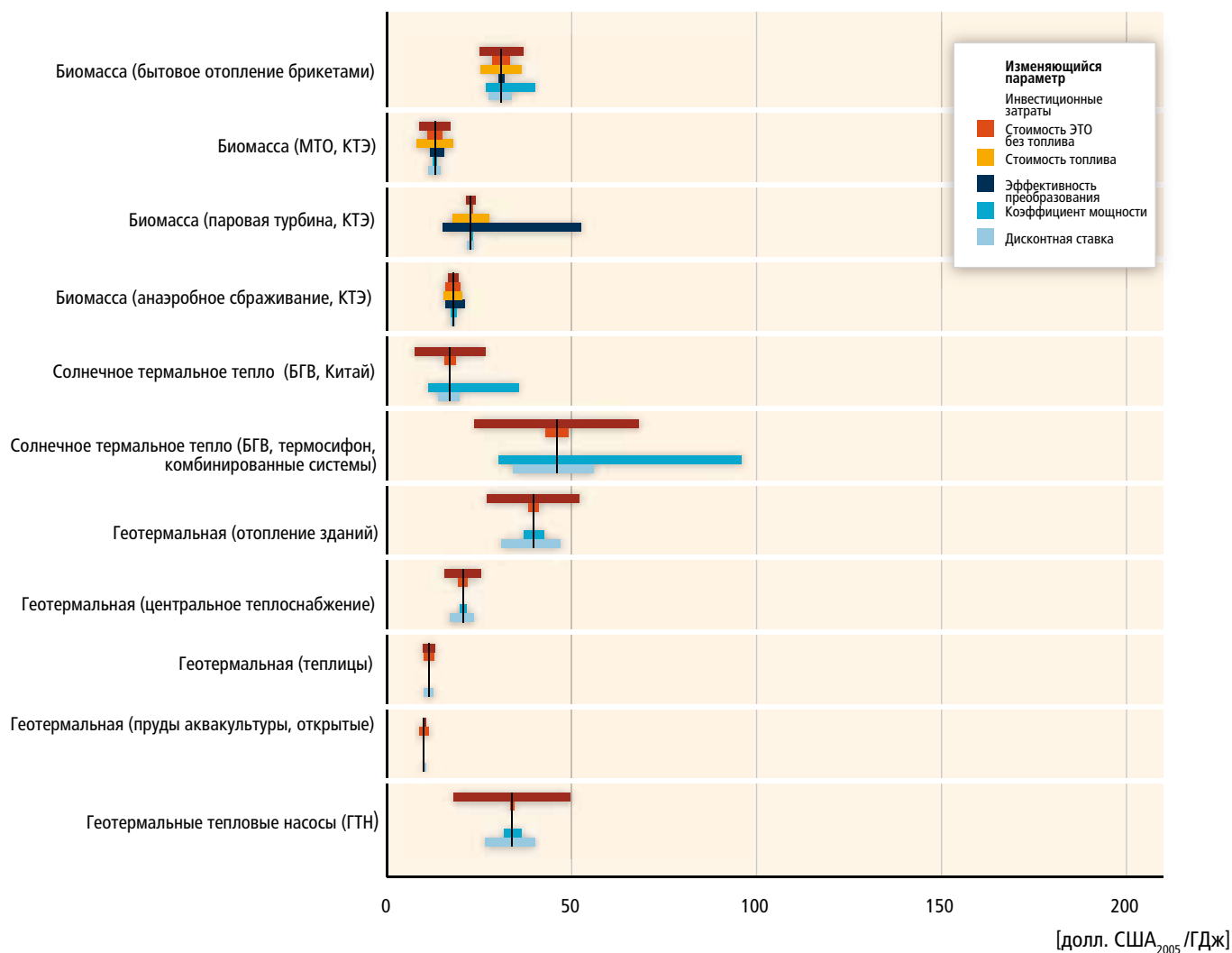
- iv БОБ: Бытовое отопление брикетами.
- v Этот диапазон типичен для жилого дома на одну семью с низким потреблением энергии (5 кВт) или многоквартирного здания (100 кВт).
- vi Инвестиционные затраты системы отопления брикетами из биомассы только для сжигательной установки (включая средства контроля) варьируют от 100 до 640 долл. США<sub>2005</sub>/кВт. Более высокий диапазон, указанный выше, включает строительные работы и накопление топлива и тепла (МЭА, 2007).
- vii Фиксированные ежегодные затраты на ЭТО включают затраты на вспомогательную энергию. Потребности во вспомогательной энергии составляют 10-20 кВтч/кВт<sub>г</sub>. Цены на электричество принимаются от 0,1-0,3 долл. США<sub>2005</sub>/кВтч. Затраты ЭТО на варианты КТЭ включают только долю тепла.
- viii Сокращение «н.п.» означает здесь «не применимо».
- ix МТО: Муниципальные твердые отходы.
- x КТЭ: Комбинированное производство тепла и электроэнергии.
- xi Среднестатистический размер основан на экспертной оценке и стоимостных данных МЭА (2007 г.).
- xii Инвестиционные затраты для вариантов КТЭ включают только долю тепла. Данные по электроэнергии в таблице А.III.1 предоставляют примеры суммарных инвестиционных затрат (см. раздел 2.4.4).
- xiii Инвестиционные затраты на установки МТО в основном определяются стоимостью системы очистки уходящих газов, которая может быть отнесена к удалению отходов, а не к производству тепла (МЭА, 2007г.).
- xiv Мусоросжигательные установки для МТО с выработкой только тепла (какие используются в Дании и Швеции) могут иметь тепловой КПД от 70 до 80%, но они не рассматриваются (МЭА, 2007 г.).
- xv Представленные в этой категории диапазоны в основном основаны на двух заводах в Дании и Австрии и были взяты из данных МЭА (2007 г.).
- xvi Инвестиционные затраты на анаэробное сбраживание основаны на величинах из литературных источников, представленных относительно электроемкости. Для преобразования в теплоемкость использовались электрический КПД 37% и тепловой КПД 55% (МЭА, 2007 г.).
- xvii Для анаэробного сбраживания, цены на топливо основаны на ценах смеси кормовой культуры маиса и сырья удобрений. Другие виды биологического газового сырья включают сортированные по источнику отходы и газ из органических отходов, но они здесь не рассматриваются (МЭА, 2007 г.).
- xviii Эффективность преобразования включает дополнительный вклад тепла (8-20% для тепла, выделяющегося в процессе), а также использование любого субстратного кофактора, который может повысить КПД процесса. Для отходов, сортированных по источнику, КПД будет ниже (МЭА, 2007 г.).

Солнечная энергия:

- xiх БГВ: Бытовое горячее водоснабжение.
- xx 1 м<sup>2</sup> площади коллектора преобразуется в 0,7 кВт<sub>г</sub> установленной мощности (см. раздел 3.4.1).
- xxi 70% от 13,5 млн м<sup>2</sup> объема продаж в 2004 г. было продано со стоимостью ниже 1 500 юаней/м<sup>2</sup> (~190 долл. США<sub>2005</sub>/кВт) (Zhang et al., 2010). Нижняя граница основана на данных, собранных во время стандартизированных опросов в провинции Чжецзян, Китай, в 2008 г. (Han et al., 2010). Более высокая граница основана на данных Chang et al. (2011 г.).
- xxii Фиксированные годовые эксплуатационные затраты принимаются равными 1-3% инвестиционных затрат (МЭА, 2007 г.) плюс годовые затраты на дополнительную энергию. Потребности в годовой дополнительной энергии составляют 2-10 кВтч/м<sup>2</sup>. Цены на электричество принимаются равными 0,1-0,3 долл. США<sub>2005</sub>/кВтч.
- xxiii Эффективность преобразования солнечной термальной энергии имеет тенденцию быть больше в регионах с более низкой интенсивностью солнечного излучения. Это частично компенсирует негативное воздействие более низкой интенсивности солнечного излучения на затраты, так как выработка электроэнергии на м<sup>2</sup> площади коллектора будет одинаковой (Harvey, 2006, p. 461). Величины эффективности преобразования, которые воздействуют на результирующий коэффициент использования мощности, не использовались непосредственным образом в расчетах НСТ.
- xxiv Коэффициенты мощности основаны на предполагаемой годовой выработке энергии, равной 250-800 кВтч/м<sup>2</sup> (МЭА, 2007 г.).
- xxv Ожидаемый расчетный срок службы для китайских солнечных водонагревателей составляет от 10 до 15 лет (Han et al., 2010).

Геотермальная энергия:

- xxvi Для геотермальных тепловых насосов (ГТН) пределы инвестиционных затрат включают установки для жилых и промышленных зданий или организаций. Для промышленных или институциональных установок, принимается, что стоимость включает затраты на бурение, но для жилищных установок затраты на бурение не включаются.
- xxvii Средние затраты на ЭТО, выраженные в долл. США<sub>2005</sub>/кВтч, составляют: 0,03–0,04 для отопления зданий и центрального теплоснабжения и для открытых прудов аквакультуры, 0,02–0,03 для теплиц и 0,028 – 0,032 для ГТН.



**Рисунок А.III.3а** | Столбчатая диаграмма для технологий возобновляемых источников тепла. Для дальнейшего пояснения см. рисунок А.III.1а.

Примечание: Может ввести в заблуждение тот факт, что применения солнечного термального тепла и геотермального тепла не показывают чувствительности к изменениям эффективности преобразования. Это вызвано тем обстоятельством, что вклад солнечной и геотермальной энергии имеет нулевую стоимость, и что эффект более высоких эффективностей преобразования вклада энергии в НСТ работает только за счет повышения годового производства. Изменения в годовом производстве в свою очередь полностью отражены путем изменения коэффициента использования мощности.

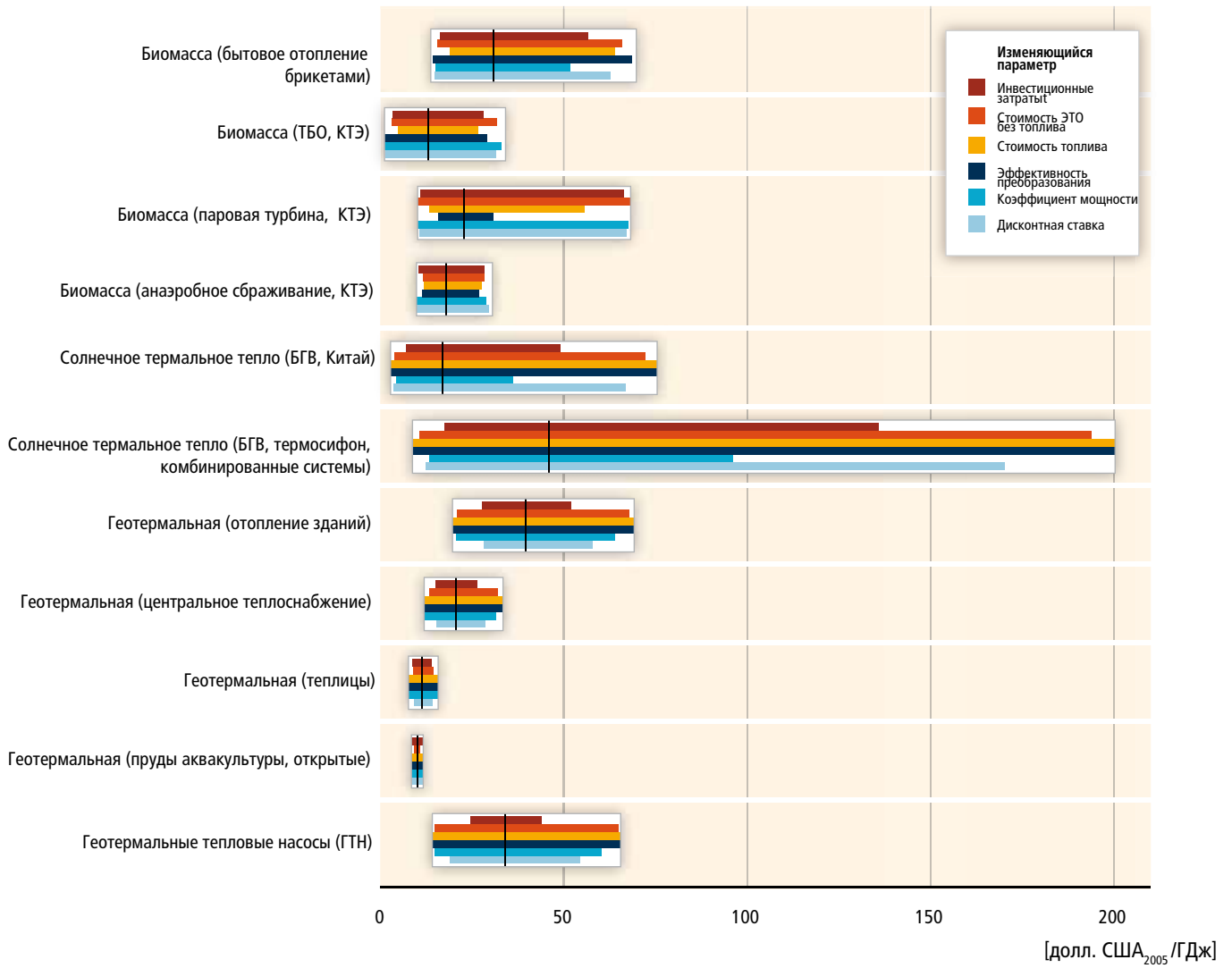


Рисунок А.III.3б | «Негатив» столбчатой диаграммы для технологий возобновляемых источников тепла. Для дальнейшего пояснения см. рисунок А.III.1б.

Таблица А. III.3 | Параметры эффективности для видов биотоплива.<sup>1</sup>

Сырье	Топливо, Регион	Типичный размер устройства (МВт) <sub>ii</sub>	Инвестиционная стоимость (долл. США/кВт) <sub>ii</sub>	Стоимость ЭТО, фиксированная годовая (долл. США/кВт) и переменная без сырья (долл. США/ГДж) <sub>сырье</sub>	Доход побочного продукта (долл. США/ГДж) <sub>сырье</sub>	Стоимость сырья (долл. США/ГДж) <sub>сырье</sub>	Эффективность преобразования сырья <sup>iii</sup> (%) Только продукта (продукт + побочный продукт)	Коэффициент мощности (%)	Экономический расчетный срок службы (годы)	Ссылки	Выходные данные			
											НСФ <sup>iv</sup> долл.США/ГДж <sub>БТС</sub>	Дисконтная ставка		
												3%	7%	10%
	Этанол				Сопутствующий продукт: сахар <sup>v</sup>									
	В целом	170–1 000	83–360	16–35 долл. США/кВт <sub>i</sub> и 0,87 долл. США/ГДж <sub>сырье</sub>	4,3	2,1–7,1	17 (39)	50%	20	Alfstad (2008), Bain (2007), Kline et al. (2007)	2,4–39	3,5–42	4,5–46	
	Бразилия, пример А <sup>vi</sup>	См. выше	100–330	20–32 долл. США/кВт <sub>i</sub> и 0,87 долл. США/ГДж <sub>сырье</sub>	См. выше	2,1–6,5 <sup>iii</sup>	См. выше	См. выше	См. выше	Volkmann and Cesar (2006), Olivero (2006), van den Wall Bake et al. (2009)	2,4–38	3,5–41	4,5–44	
	Аргентина	См. выше	110–340	21–34 долл. США/кВт <sub>i</sub> и 0,87 долл. США/ГДж <sub>сырье</sub>	См. выше	6,5 <sup>iv</sup>	См. выше	См. выше	См. выше	Olivero and Ribero (2006), см. также ряд «в целом» выше	28–39	30–42	31–46	
	Карибский бассейн <sup>vii, viii</sup>	См. выше	110–360	22–35 долл. США/кВт <sub>i</sub> и 0,87 долл. США/ГДж <sub>сырье</sub>	См. выше	2,6–6,2	См. выше	См. выше	См. выше	Rosillo-Calle et al. (2000) см. также ряд «в целом» выше	6,4–38	7,7–42	8,8–46	
Сахарный тростник	Колумбия	См. выше	100–320	20–31 долл. США/кВт <sub>i</sub> и 0,87 долл. США/ГДж <sub>сырье</sub>	См. выше	5,6	См. выше	См. выше	См. выше	McDonald and Schratzenhofer (2001), Goldemberg (1996), см. также ряд «в целом» выше	23–32	24–36	25–39	
	Индия	См. выше	110–340	21–33 долл. США/кВт <sub>i</sub> и 0,87 долл. США/ГДж <sub>сырье</sub>	См. выше	2,6–6,2	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	5,9–37	7,1–41	8,2–44	
	Мексика	См. выше	83–260	16–25 долл. США/кВт <sub>i</sub> и 0,87 долл. США/ГДж <sub>сырье</sub>	См. выше	5,2–7,1	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	19–37	19–40	20–42	
	США	См. выше	100–320	20–31 долл. США/кВт <sub>i</sub> и 0,87 долл. США/ГДж <sub>сырье</sub>	См. выше	6,2	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	27–36	28–40	29–43	

Продолжение на след. стр. →

Сырье	Входные данные										Выходные Данные					
	Топливо, Регион	Типичный размер устройства (МВт)	Инвестиционная стоимость (долл. США/кВт) <sup>ii</sup>	Стоимость ЭТО, фиксированная годовая (долл. США/кВт) и переменная без сырья (долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub> )	Доход побочного продукта (долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub> )	Стоимость сырья (долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub> )	Эффективность преобразования сырья <sup>iii</sup> (%) <small>Только продукта (продукт + побочный продукт)</small>	Коэффициент мощности (%)	Экономический расчетный срок службы (годы)	Ссылки	НСФ <sup>iv</sup> долл.США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	Дисконтная ставка				
												3%	7%	10%		
Кукуруза	Этанол				Побочный продукт: ССЗРВ <sup>vi</sup>											
	В целом	н.п.	160–310	9–27 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 1,98 долл.США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	1,56	4,2–10 <sup>vii</sup>	54 (91)	95%	20	Alfstad (2008), Bain (2007), Kline et al. (2007)	9.3–22	9.5–22	10–23			
	США	140–550 <sup>kv</sup>	160–240	9–18 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 1,98 долл.США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	4,2–10 <sup>vii</sup>	См. выше	См. выше	См. выше	Delta-T Corporation (1997), Ibsen et al. (2005), Jechura (2005), см. также ряд «в целом» выше	9.3–22	9.5–22	10–23			
	Аргентина	См. выше	170–260	9–17 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 1,98 долл.США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	7,5	См. выше	См. выше	См. выше	McAloon et al. (2000), RFA (2011г.), Иллинойский университет (2011г.), см. также ряд «в целом» выше	16–17	16–17	17–18			
	Канада	См. выше	200–310	13–27 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 1,98 долл.США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	4,8–5,7	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	11–15	12–15	12–16			
Пшеница	Этанол				Побочный продукт: ССЗРВ <sup>vi</sup>											
	В целом	150–610	140–280 <sup>vii</sup>	8–25 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 1,41 долл.США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	1,74	5,1–13	49 (91)	95%	20	Alfstad (2008), Bain (2007), Kline et al. (2007)	12–28	12–28	12–28			
	США	См. выше	140–220	8–17 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 1,41 долл.США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	6,3–13	См. выше	См. выше	См. выше	ОЭСР (2002 г.), Sharouri and Salassi (2006), МСХ США (2007), см. также ряд «в целом»	13–28	14–28	14–28			
	Аргентина	См. выше	150–230	8–16 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 1,41 долл.США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	6,5–7	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	14–16	14–16	14–17			
	Канада	См. выше	190–280	12–25 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 1,41 долл.США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	5,1–6,9	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	12–16	12–17	12–17			

Продолжение на след. стр. →

Сырье	Топливо, Регион	Типичный размер устройства (МВт <sub>г</sub> )	Инвестиционная стоимость (долл. США/кВт <sub>г</sub> ) <sup>ii</sup>	Стоимость ЭТО, фиксированная годовая (долл. США/кВт <sub>г</sub> ) и переменная без сырья (долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub> )	Доход побочного продукта (долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub> )	Стоимость сырья (долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub> )	Эффективность преобразования сырья <sup>iii</sup> (%) Только продукта (продукт + побочный продукт)	Коэффициент мощности (%)	Экономический расчетный срок службы (годы)	Ссылки	Выходные данные		
											НСФ <sup>iv</sup> долл. США/ГДЖ <sub>БТС</sub>	Дисконтная ставка	10%
Соевое масло	Биодизель				Побочный продукт: Глицерин <sup>vi</sup>						3%	7%	10%
	В целом	44–440	160–320	9–46 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 2,58 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	0,58	7,0–24	103 (107) <sup>19</sup>	95%	20	Alfstad (2008), Bain (2007), Kline et al. (2007), Haas et al. (2006), Sheehan et al. (2006)	9,4–28	10–28	10–28
	Аргентина	См. выше	170–320	12–42 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 2,58 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	14–16 <sup>x</sup>	См. выше	См. выше	См. выше	Чикагский торговый совет (2006 г.), см. также ряд «в целом» выше	16–19	16–19	17–20
	Бразилия	См. выше	160–310	9–27 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 2,58 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	7,0–18 <sup>x</sup>	См. выше	См. выше	См. выше	Чикагский торговый совет (2006 г.), см. также ряд «в целом» выше	9,4–21	10–21	10–21
Пальмовое масло	США	См. выше	160–300	12–46 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 2,58 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	9,7–24	См. выше	См. выше	См. выше	МСХ США (2006 г.), см. также ряд «в целом» выше	12–28	12–28	12–28
	Биодизель				Побочный продукт: Глицерин <sup>vi</sup>								
	В целом	44–440	160–340	10–46 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 2,58 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	0,58	6,1–45	103 (107)	95%	20	Alfstad (2008), Bain (2007), Kline et al. (2007), Haas et al. (2006), Sheehan et al. (1998)	8,7–48	8,9–48	9,0–49
	Колумбия	См. выше	160–300	10–34 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 2,58 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	6,1–45	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	8,7–48	8,8–48	9,0–49
Древесина, багасса, другие	Карибский бассейн*	См. выше	180–340	13–46 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 2,58 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	11–45	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	14–48	14–48	14–48
	Пиролитическое дизельное топливо <sup>i</sup>				Побочный продукт: Электричество <sup>vii</sup>								
	В целом	110–440	160–240	12–44 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 0,42 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	0,07	0,44–5,5 <sup>viii</sup>	67 (69)	95%	20	Ringer et al. (2006)	2,3–12	2,6–12	2,8–12
	США	См. выше	160–230	19–44 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 0,42 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	1,4–5,5	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	4,0–12	4,3–12	4,5–12
Бразилия	См. выше	160–240	12–24 долл. США/кВт <sub>г</sub> и 0,42 долл. США/ГДЖ <sub>сырье</sub>	См. выше	0,44–5,5	См. выше	См. выше	См. выше	См. ряд «в целом» выше	2,3–11	2,5–11	2,8–11	

Продолжение на след. стр. →

Общие замечания/примечания:

- i Все данные округляют до 2 значимых цифр. Глава 2 предоставляет дополнительную информацию об экономической эффективности в разделе о трендах стоимости. Предположения, лежащие в основе некоторых оценок стоимости производства и цитируемые непосредственно из литературы, могут, вместе с тем, быть не такими транспарентными, как комплекты данных в настоящем приложении, и поэтому к ним необходимо относиться осторожно.
- ii Инвестиционные затраты основаны на коэффициенте использования мощности станции, а не на 100% степени редуцирования пара, что является обычным правилом.
- iii Эффективность преобразования сырья, измеренная в единицах энергии на входе относительно единиц энергии на выходе, указывается только для биомассы. Коэффициенты преобразования для смеси вводимых ресурсов биомассы и органических остатков приводятся в основном ниже.
- iv НСФ: Нормированная стоимость транспортного топлива. Нормированная стоимость видов транспортного топлива включает все частные стоимости, которые начисляются в восходящем направлении в биоэнергетической системе, но не включают стоимость транспортировки и распределения конечным пользователям. Субсидии на выходную продукцию для выработки возобновляемой энергии и налоговые кредиты также исключаются. Однако косвенные налоги и субсидии на вводимые ресурсы или сырьевые товары, влияющие на цены вводимых ресурсов, и тем самым на частную стоимость, не могут полностью исключаться.
- v БТС: Большая теплотворная способность. МТС: Меньшая теплотворная способность.
- vi Цена/выручка от реализации сахара принимается в размере 22 долл. США<sub>2005</sub> /ГДжсахар на основе средней мировой цены 2005-2008 гг. на сахар-рафинад.
- vii Содержание тростникового сахара 14% используется для расчетов в примере А при дополнительном предположении, что 50% всей сахарозы используются для производства сахара (97% эффективность экстракции), а другие 50% всей сахарозы используются для производства этанола (90% эффективность преобразования). Содержание багассы использованного тростника составляет 16%. Использованная БТС для багассы: 18,6 ГДж/т; сахарозы: 17,0 ГДж/т; и полученного тростника: 5,3 ГДж/т.
- viii Стоимость бразильского сырья сократилась на 60% за период времени с 1975 по 2005 гг. (Hettinga et al, 2009). В отношении более подробного обсуждения исторических и будущих стоимостных трендов см. разделы 2.7.2, 2.7.3 и 2.7.4.
- ix Багасса составляет 55,2% использованного сырья. Более подробную информацию о характеристиках сырья можно найти, к примеру, в разделе 2.3.1.
- x Страны инициативного проекта по Карибскому бассейну: Гватемала, Гондурас, Никарагуа, Доминиканская Республика, Коста-Рика, Сальвадор, Гайана и другие.
- xi Завод смешанного производства этанола/сахара: 50/50. Более подробная информация о сахарных заводах содержится в разделе 2.3.4.
- xii ССЗРВ: Сухое сброженное зерно с растворимыми веществами.
- xiii Для международного диапазона кормового сырья, использовались кривые предложений из работы Kline et al. (2007). Для более подробной информации о кривых предложений сырья и других экономических соображениях при оценке ресурсов биомассы см. раздел главы 2.2.3.
- xiv Диапазон размера установки (140-550 МВт эквивалентно 25-100 млн галлонов в год обезвоженного этанола) репрезентативен для производства в США этанола из кукурузы (RFA, 2011).
- xv Цены на кукурузу в США снизились на 63% за период времени с 1975 по 2005 гг. (Hettinga et al., 2009). В отношении более подробного рассмотрения исторических и будущих стоимостных трендов см. также разделы 2.7.2, 2.7.3 и 2.7.4.
- xvi На основе стоимости завода по переработке кукурузы с поправкой на БТС и количества произведенной продукции сухого сброженного зерна (ССЗ) для пшеницы. Более подробную информацию об измельчении можно найти в разделе 2.3.4.
- xvii Основой для установки является соевое масло, а не соевые бобы. Используется тип товарного спреда «краш спред» для трансформации цены соевых бобов в цену соевого масла. БТС соевого масла = 39,6 ГДж/т.
- xviii Глицерин, также называемый глицеролом, представляет простое соединение полиола (пропан-1,2,3-триол) и является основным для всех липидов, известных как триглицериды. Глицерин является побочным продуктом производства биодизельного топлива.
- xix Произведенная продукция выше, чем 100%, так как продукт включает метанол (или другой технический спирт).
- xx Цены на соевое масло оцениваются из цен соевых бобов (Kline et al., 2007) с использованием «краш спреда» (Чикагский торговый совет, 2006 г.).
- xxi Полученный в процессе переработки газ и остаточные твердые вещества (древесный уголь) используются для получения технологического тепла и энергии. Избыточное электричество направляется как побочный продукт.
- xxii Диапазон стоимости сырья основан на ценах остатка багассы и остатка древесины (Kline et al. 2007). Высокий диапазон для пиролиза на основе древесины, низкий диапазон типичен для пиролиза багассы. Более подробную информацию по пиролизу см. в разделе 2.3.3.2. В отношении обсуждения исторических и будущих стоимостных трендов см. также разделы 2.7.2, 2.7.3 и 2.7.4.



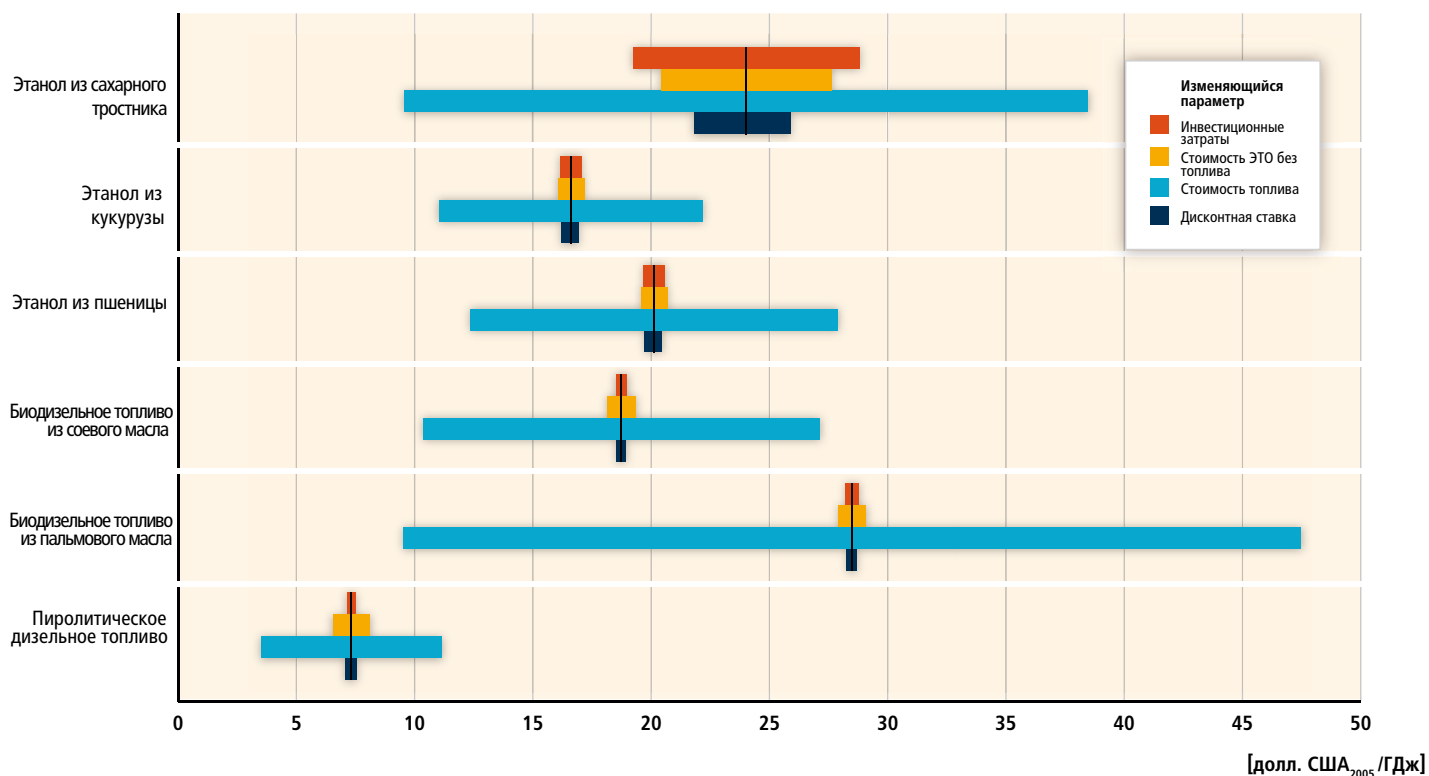


Рисунок А.III.4a | Столбчатая диаграмма для видов биотоплива. Для дальнейшего пояснения см. рисунок А.III.1а.

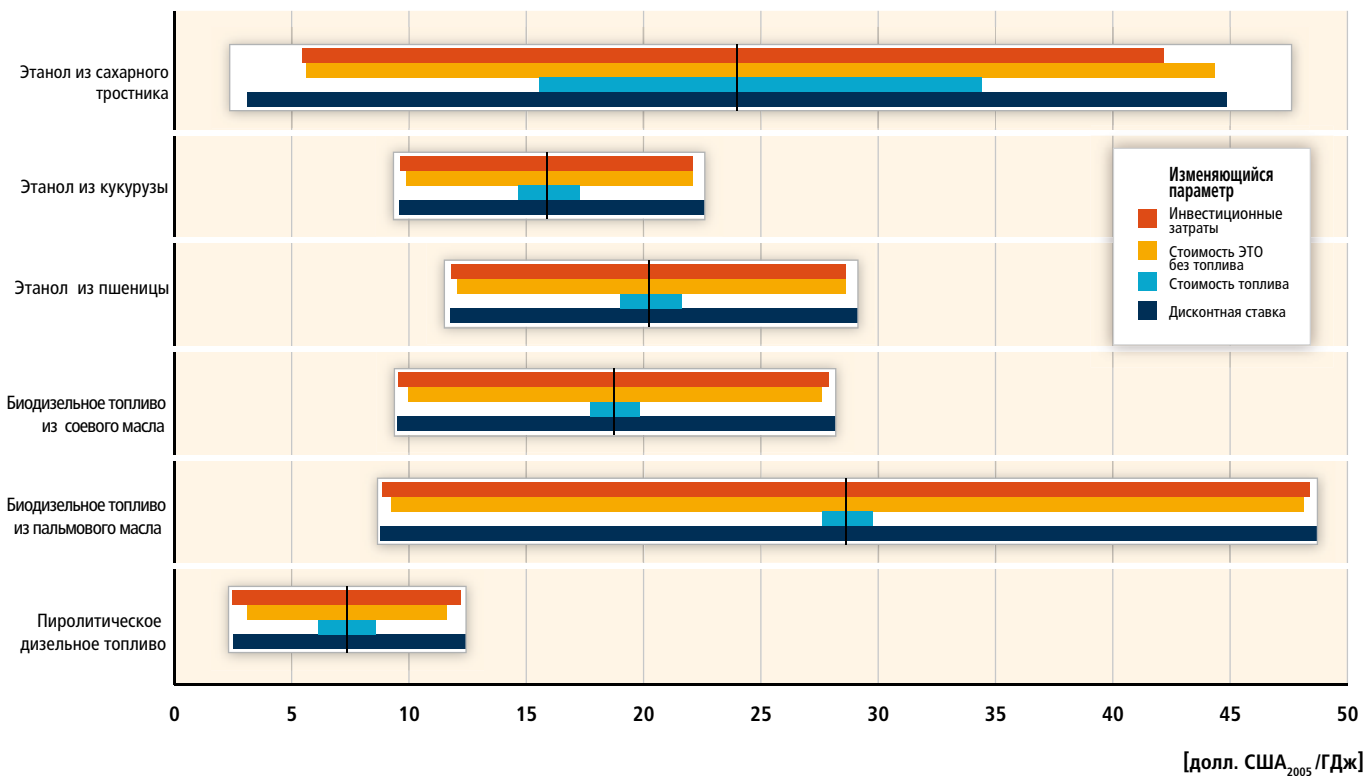


Рисунок А.III.4b | «Негатив» столбчатой диаграммы для видов биотоплива. Для дальнейшего пояснения см. рисунок А.III.1b.

Примечание: Сводные входные данные по различным регионам и соответствующие расчеты НСФ приводят к несколько более высоким диапазонам НСФ, чем те, которые были получены, если сначала рассчитываются величины НСФ для конкретных регионов, и эти региональные величины НСФ соответственно обобщаются. Для выполнения общего анализа чувствительности здесь использовался первый подход. Однако для более широких диапазонов был изменен масштаб в целях получения таких же результатов, как и при последнем подходе, который более точен и используется в остальной части доклада.

## Список литературы

Ссылки в данном списке использовались при оценке данных стоимостных и эксплуатационных параметров отдельных технологий, содержащихся в обобщенном виде в таблицах. Только некоторые из них приводятся в тексте настоящего приложения для подтверждения конкретной информации, включенной в пояснительный текст. Все ссылки классифицированы по типу энергии/энергоносителя и по технологии.

## Электричество

### Биоэнергия

*Комментарий 1:* Дальнейшие ссылки в отношении стоимости оценивались в тексте главы 2. Они были использованы для перекрестного контроля надежности результатов мета-анализа на основе перечисленных здесь источников данных.

- Bain, R.L. (2007).** *World Biofuels Assessment, Worldwide Biomass Potential: Technology Characterizations* (Оценка видов биотоплива в мире. Мировой потенциал биомассы: Характеристики технологий). NREL/MP-510-42467, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 140pp.
- Bain, R.L. (2011).** *Biopower Technologies in Renewable Electricity Alternative Futures*. (Технологии биоэнергетики в будущих альтернативных источниках возобновляемой электроэнергии). National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, in press (в печати).
- Bain, R.L., W.P. Amos, M. Downing, and R.L. Perlack (2003).** *Biopower Technical Assessment: State of the Industry and the Technology* (Техническая оценка биоэнергетики: Состояние промышленности и технологии). TP-510-33123, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 277 pp.
- DeMeo, E.A., and J.F. Galdo (1997).** *Renewable Energy Technology Characterizations*. (Характеристики технологии возобновляемой энергии) TR-109496, U.S. Department of Energy and Electric Power Research Institute, Washington, DC, USA, 283 pp.
- EIA (2009).** *2006 Energy Consumption by Manufacturers—Data Tables*. (Потребление энергии производителями в 2006 г. — Таблицы данных). Table 7.2. Energy Information Administration, US Department of Energy, Washington, DC, USA. Available at: [eia.doe.gov/emeu/mecs/mecs2006/2006tables.html](http://eia.doe.gov/emeu/mecs/mecs2006/2006tables.html).
- McGowin, C. (2008).** *Renewable Energy Technical Assessment Guide*. (Руководство по технической оценке возобновляемых источников энергии) TAG-RE: 2007, Electric Power Research Institute (EPRI), Palo Alto, CA, USA.
- Neij, L. (2008).** *Cost development of future technologies for power generation – A study based on experience curves and complementary bottom-up assessments*. (Рост себестоимости будущих технологий для производства электроэнергии – Исследование, основанное на кривых освоения производства и дополнительных восходящих оценках). Energy Policy, 36(6), pp. 2200-2211.
- OANDA (2011).** *Historical Exchange Rates* (Исторические обменные курсы).
- Obernberger, I., and G. Thek (2004).** *Techno-economic evaluation of selected decentralised CHP applications based on biomass combustion in IEA partner countries*. (Технико-экономическая оценка выбранных децентрализованных применений КТЭ на основе сжигания биомассы в партнерских странах МЭА). BIOS Bioenergiesysteme GmbH, Graz, Austria, 87 pp.
- Obernberger, I., G. Thek, and D. Reiter (2008).** *Economic Evaluation of Decentralised CHP Applications Based on Biomass Combustion and Biomass Gasification*. (Экономическая оценка децентрализованных применений КТЭ на основе сжигания и газификации биомассы). BIOS Bioenergiesysteme GmbH, Graz, Austria, 19 pp.
- Peters, M, K. Timmerhaus, and R. West (2003).** *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fifth Edition*, (Проектирование электростанций и экономика для инженеров-химиков. Пятое издание), McGraw –Hill Companies, NY, USA, 242 pp. (ISBN 0-07-239266-5).
- Rauch, R. (2010).** *Indirect Gasification*. (Вспомогательная газификация). In: IEA Joint Task 32 & 33 Workshop, Copenhagen, Denmark, 7 October 2010. Available at: [www.ieabcc.nl/meetings/task32\\_Copenhagen/09%20TU%20Vienna.pdf](http://www.ieabcc.nl/meetings/task32_Copenhagen/09%20TU%20Vienna.pdf).
- Skjoldborg, B. (2010).** *Optimization of I/S Skive District Heating Plant* (Оптимизация теплоэлектроцентрали I/S Skive). In: IEA Joint Task 32 & 33 Workshop, Copenhagen, Denmark, 7 October 2010. Available at: [www.ieabcc.nl/meetings/task32\\_Copenhagen/11%20Skive.pdf](http://www.ieabcc.nl/meetings/task32_Copenhagen/11%20Skive.pdf).

### Прямая солнечная энергия

- Bloomberg (2010).** *Bloomberg New Energy Finance – Renewable Energy Data*. (Блумберг –финансирование новой энергии – данные о возобновляемой энергии). Available at: [bnf.com/](http://bnf.com/).
- Breyer, C., A. Gerlach, J. Mueller, H. Behacker, and A. Milner (2009).** *Grid-parity analysis for EU and US regions and market segments - Dynamics of grid-parity and dependence on solar irradiance, local electricity prices and PV progress ratio*. (Анализ сетевого паритета для регионов ЕС и США и рыночных сегментов – Динамика сетевого паритета и зависимость от солнечного излучения, местных цен на топливо и ожидаемых результатов внедрения ФЭ.) In: Proceedings of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 21-25 September 2009, Hamburg, Germany, pp. 4492-4500.
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (2010).** *Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (photovoltaik)*. (Статистика немецкой отрасли использования солнечной энергии (фотоэлектричества). Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW Solar), Berlin, Germany, 4 pp.
- IEA (2010a).** *Energy Technology Perspectives: Scenarios & Strategies to 2050*. (Перспективы энергетических технологий: сценарии и стратегии до 2050 г.). International Energy Agency, Paris, France, 710pp.
- IEA (2010b).** *Technology Roadmap, Concentrating Solar Power*. (Дорожная карта технологии, концентрирование солнечной энергии). International Energy Agency, Paris, France, 48 pp.
- IEA (2010c).** *Technology Roadmap, Solar Photovoltaic Energy*. (Дорожная карта технологии, солнечная фотоэлектрическая энергия). International Energy Agency, Paris, France, 48 pp.
- NEEDS (2009).** *New Energy Externalities Development for Sustainability (NEEDS). Final Report and Database*. (Развитие внешних выгод новых видов энергии в целях устойчивости. Окончательный отчет и база данных). New Energy Externalities Development for Sustainability, Rome, Italy.
- NREL (2011a).** *Solar PV Manufacturing Cost Model Group: Installed Solar PV System Prices*. (Группа моделирования стоимости производства солнечных ФЭ панелей: Стоимость установки солнечной ФЭ системы). Presentation to SEGIS\_ADEPT Power Electronic in Photovoltaic Systems Workshop, Arlington, VA, USA, 8 February 2011. NREL/PR-6A20-50955.
- NREL (2011b).** *The Open PV Project*. (Открытый проект по ФЭ системам). Online database. Available at: [openpv.nrel.org](http://openpv.nrel.org).
- Sharma, A. (2011).** *A comprehensive study of solar power in India and world*. (Всестороннее исследование солнечной электроэнергии в Индии и в мире). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(4), pp. 1767-1776.

- Trieb, F., C. Schillings, M. O'Sullivan, T. Pregger, and C. Hoyer-Klick (2009).** *Global potential of concentrating solar power.* (Глобальный потенциал концентрированной солнечной энергии). In: SolarPACES Conference, Berlin, Germany, 15-18 September 2009.
- Viebahn, P., Y. Lechon, and F. Trieb (2010).** *The potential role of concentrated solar power (CSP) in Africa and Europe: A dynamic assessment of technology development, cost development and life cycle inventories until 2050.* (Потенциальная роль концентрированной солнечной энергии (КСЭ) в Африке и Европе: Динамическая оценка развития технологии, роста себестоимости и перечни жизненного цикла до 2050 г.) Energy Policy, doi: 10.1016/j.enpol.2010.09.026.
- ## Геотермальная энергия
- Barnett, P., and P. Quinlivan (2009).** *Assessment of Current Costs of Geothermal Power Generation in New Zealand (2007 basis).* (Оценка текущих затрат на производство геотермальной энергии в Новой Зеландии). Report by SKM for New Zealand Geothermal Association, Wellington, NZ. Available at: [www.nzgeothermal.org.nz/industry\\_papers.html](http://www.nzgeothermal.org.nz/industry_papers.html).
- Bertani, R., 2010:** *Geothermal electric power generation in the world: 2005-2010 update report.* (Производство геотермальной электроэнергии в мире: Обновленный доклад 2005 – 2010 гг.). In: Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010. Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0008.pdf](http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0008.pdf).
- Bromley, C.J., M.A. Mongillo, B. Goldstein, G. Hiriart, R. Bertani, E. Huenges, H. Muraoka, A. Ragnarsson, J. Tester, and V. Zui (2010).** *Contribution of geothermal energy to climate change mitigation: the IPCC renewable energy report.* (Вклад геотермальной энергии в смягчение последствий изменения климата: доклад МГЭИК о возобновляемых источниках энергии). In: Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010. Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0225.pdf](http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0225.pdf).
- Cross, J., and J. Freeman (2009).** *2008 Geothermal Technologies Market Report.* (Доклад о рынке геотермальных технологий 2008 г.). Geothermal Technologies Program of the US Department of Energy, Washington, DC, USA, 46 pp. Available at: [www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/2008\\_market\\_report.pdf](http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/2008_market_report.pdf).
- Darma, S., S. Harsoprayitno, B. Setiawan, Hadyanto, R. Sukhyar, A.W. Soedibjo, N. Ganefianto, and J. Stimac (2010).** *Geothermal energy update: Geothermal energy development and utilization in Indonesia.* (Новая информация о геотермальной энергии: Развитие и использование геотермальной энергии в Индонезии). In: Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-29 April, 2010. Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0128.pdf](http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0128.pdf).
- DiPippo, R. (2008).** *Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact.* (Геотермальные электростанции: принципы, применения, исследования на конкретных примерах и воздействие на окружающую среду). Elsevier, London, UK, 493 pp.
- GTP (2008).** *Geothermal Tomorrow 2008.* (Геотермальное завтра, 2008г.). DOE-GO-102008-2633, Geothermal Technologies Program of the US Department of Energy, Washington, DC, USA, 36 pp.
- Gutiérrez-Negrín, L.C.A., R. Maya-González, and J.L. Quijano-León (2010).** *Current status of geothermics in Mexico.* (Современной состояние геотермики в Мексике) In: Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-29 April 2010. Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0101.pdf](http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0101.pdf).
- Hance, C.N. (2005).** *Factors Affecting Costs of Geothermal Power Development.* (Факторы, влияющие на затраты развития геотермальной энергии). Geothermal Energy Association, Washington, DC, USA, 64 pp. Available at: [www.geo-energy.org/reports/Factors%20Affecting%20Cost%20of%20Geothermal%20Power%20Development%20-%20August%202005.pdf](http://www.geo-energy.org/reports/Factors%20Affecting%20Cost%20of%20Geothermal%20Power%20Development%20-%20August%202005.pdf).
- Hjastarson, A., and J.G. Einarsson (2010).** *Geothermal resources and properties of HS Orka, Reyjanes Peninsula, Iceland.* (Геотермальные ресурсы и свойства HS Orka. П-ов Рейкьянес, Исландия). Independent Technical Report prepared by Mannvit Engineering for Magma Energy Corporation, 151 pp. Available upon request at: [www.mannvit.com](http://www.mannvit.com).
- Kutscher, C. (2000).** *The Status and Future of Geothermal Electric Power.* (Статус и будущее геотермальной электроэнергетики). Publication NREL/CP-550-28204, National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy, Washington, DC, USA, 9 pp. Available at: [www.nrel.gov/docs/fy00osti/28204.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/28204.pdf).
- Lovekin, J. (2000).** *The economics of sustainable geothermal development.* (Экономика устойчивого развития геотермальных источников). In: Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, 28 May – 10 June 2000 (ISBN: 0473068117). Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2000/R0123.PDF](http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2000/R0123.PDF).
- Lund, J.W., K. Gawell, T.L. Boyd, and D. Jennejohn (2010).** *The United States of America country update 2010.* (Новая информация 2010 г. о Соединенных Штатах Америки). In: Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010. Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0102.pdf](http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0102.pdf).
- Owens, B. (2002).** *An Economic Valuation of a Geothermal Production Tax Credit.* (Экономическая оценка налогового кредита геотермального производства). Publication NREL/TP-620-31969, National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy, Washington, DC, USA, 24 pp. Available at: [www.nrel.gov/docs/fy02osti/31969.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/31969.pdf).
- Stefansson, V. (2002).** *Investment cost for geothermal power plants.* (Инвестиционные затраты для геотермальных электростанций). Geothermics, 31, pp. 263-272.
- ## Гидроэнергия
- МЭА (2008a).** *Прогноз мировой энергетики 2008 г. Международное энергетическое агентство,* Париж, Франция, 578 стр.
- МЭА (2008b).** *Перспективы энергетических технологий 2008 г. Сценарии и стратегии до 2050 г. Международное энергетическое агентство,* Париж, Франция, 646 стр.
- Avarado-Anchieta, and C. Adolfo (2009).** *Estimating E&M powerhouse costs.* (Оценка затрат электромеханической силовой установки). International Water Power and Dam Construction, 61(2), pp. 21-25.
- BMU (2008).** *Further development of the 'Strategy to increase the use of renewable energies' within the context of the current climate protection goals of Germany and Europe.* (Дальнейшая разработка «Стратегии повышения использования возобновляемых источников энергии» в контексте текущих целей защиты от изменения климата Германии и Европы). German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Bonn, Germany, 118 pp.
- Hall, D.G., G.R. Carroll, S.J. Cherry, R.D. Lee, and G.L. Sommers (2003).** *Low Head/Low Power Hydropower Resource Assessment of the North Atlantic and Middle Atlantic Hydrologic Regions.* (Оценка малонапорных/маломощных гидроэнергетических ресурсов в североатлантических и среднеатлантических гидрологических районах). DOE/ID-11077, U.S. Department of Energy Idaho Operations Office, Idaho Falls, ID, USA.
- IEA (2010d).** *Renewable Energy Essentials: Hydropower.* (Основные сведения о возобновляемой энергии: Гидроэнергетика). International Energy Agency, Paris, France. 4 pp.

- IEA (2010e).** *Projected Costs of Generating Electricity*. (Прогноз затрат на производство электроэнергии). International Energy Agency, Paris, France, 218 pp.
- IJHD (2010).** *World Atlas & Industry Guide*. (Мировой атлас и промышленный справочник). International Journal on Hydropower and Dams (IJHD), Wallington, Surrey, UK, 405 pp.
- Krewitt, W., K. Nienhaus, C. Klebmann, C. Capone, E. Stricker, W. Grauss, M. Hoogwijk, N. Supersberger, U.V. Winterfeld, and S. Samadi (2009).** *Role and Potential of Renewable Energy and Energy Efficiency for Global Energy Supply*. (Роль и потенциал возобновляемой энергии и энергоэффективность для глобального энергоснабжения). Climate Change 18/2009, ISSN 1862-4359, Federal Environment Agency, Dessau-Roßlau, Germany, 336 pp.
- Lako, P., H. Eder, M. de Noord, and H. Reisinger (2003).** *Hydropower Development with a Focus on Asia and Western Europe: Overview in the Framework of VLEEM 2*. (Развитие гидроэнергетики, в особенности в Азии и Западной Европе: Обзор в рамках модели VLEEM 2). Verbundplan ECN-C-03-027. Energy Research Centre of the Netherlands, Petten, The Netherlands.
- REN21 (2010).** *Renewables 2010 Global Status Report*. (Глобальный доклад о статусе возобновляемых источников энергии 2010 г.). Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Paris, France, 80 pp.
- Teske, S., T. Pregger, S. Simon, T. Naegler, W. Graus, and C. Lins (2010).** *Energy [R]evolution 2010 – a sustainable world energy outlook*. (Энергетическая революция 2010 г. Прогноз устойчивой мировой энергии). Energy Efficiency, doi:10.1007/s12053-010-9098-y.
- UNDP/UNDESA/WEC (2004).** *World Energy Assessment: Overview 2004 Update*. (Оценка мировой энергии: обновленный обзор 2004 г.). Bureau for Development Policy, UN Development Programme, New York, New York, USA, 85 pp.
- ### Энергия океана
- Charlier, R.H. (2003).** *Sustainable co-generation from the tides: A review*. (Устойчивая когенерация за счет приливов: Обзор). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 7(3), pp. 187-213.
- ETSAP (2010b).** *Marine Energy Technology Brief E13 - November, 2010*. (Технология морской энергии. Краткая информация E13 – ноябрь 2010 г.). Energy Technology Systems Analysis Programme, International Energy Agency, Paris, France. Available at: [www.etsap.org/E-techDS/PDF/E08-Ocean%20Energy\\_GSgct\\_Ana\\_LCPL\\_rev30Nov2010.pdf](http://www.etsap.org/E-techDS/PDF/E08-Ocean%20Energy_GSgct_Ana_LCPL_rev30Nov2010.pdf).
- Kerr, D. (2007).** *Marine energy*. (Морская энергия). Philosophical Transactions of the Royal Society London, Series A (Mathematical, Physical and Engineering Sciences), 365(1853), pp. 971-92.
- ### Энергия ветра
- Blanco, M.I. (2009).** *The economics of wind energy*. (Экономика энергии ветра). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13, pp. 1372-1382.
- Boccard, N. (2009).** *Capacity factor of wind power realized values vs. estimates*. (Коэффициент использования реализованных величин энергии ветра в сравнении с оценками). Energy Policy, 37, pp. 2679-2688.
- BTM Consult ApS (2010).** *International Wind Energy Development. World Market Update 2009*. (Международное развитие ветровой энергии. Новая информация мирового рынка 2009 г.). BTM Consult ApS, Ringkøbing, Denmark, 124 pp.
- BWEA and Garrad Hassan (2009).** *UK Offshore Wind: Charting the Right Course*. (Ветер в прибрежной зоне СК: нанесение на карту правильного курса). British Wind Energy Association, London, UK, 42 pp.
- China Renewable Energy Association (2009).** *Annual Report of New Energy and Renewable Energy in China, 2009*. (Годовой доклад о новых источниках энергии и возобновляемой энергии в Китае, 2009 г.). China Renewable Energy Association, Beijing, China.
- EWEA (2009).** *Wind Energy, the Facts*. (Энергия ветра, факты). European Wind Energy Association, Brussels, Belgium, 488 pp.
- Goyal, M. (2010).** *Repowering – Next big thing in India*. (Реконструкция электростанций – следующее крупное событие в Индии). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, pp. 1400-1409.
- IEA (2009).** *Technology Roadmap – Wind Energy*. (Технологическая дорожная карта – энергия ветра). International Energy Agency, Paris, France, 52 pp.
- IEA (2010a).** *Energy Technology Perspectives: Scenarios & Strategies to 2050*. (Перспективы энергетических технологий: Сценарии и стратегии до 2050 г.). International Energy Agency, Paris, France, 710pp.
- IEA Wind (2010).** *IEA Wind Energy Annual Report 2009*. (Годовой доклад МЭА об энергии ветра 2009 г.). International Energy Agency Wind, International Energy Agency, Paris, France, 172 pp.
- Lemming, J.K., P.E. Morthorst, N.E. Clausen, and J.P. Hjuler, (2009).** *Contribution to the Chapter on Wind Power in Energy Technology Perspectives 2008, IEA*. (Вклад в главу об энергии ветра в перспективах энергетических технологий 2008 г., МЭА). Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 64 pp.
- Li, J. (2010).** *Decarbonising power generation in China – Is the answer blowing in the wind?* (Обезуглероживание производства электроэнергии в Китае - ответ знает только ветер?). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, pp. 1154-1171.
- Li, J., and L. Ma (2009).** *Background Paper: Chinese Renewables Status Report*. (Справочный доклад: отчет о состоянии китайских источников возобновляемой энергии). Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Paris, France, 95 pp.
- Milborrow, D. (2010).** *Annual power costs comparison: What a difference a year can make*. (Ежегодное сравнение затрат на электроэнергию: какова разница за год). Windpower Monthly, 26, pp. 41-47.
- Musial, W., and B. Ram (2010).** *Large-Scale Offshore Wind Power in the United States: Assessment of Opportunities and Barriers*. (Крупномасштабная энергия ветра в прибрежной зоне в Соединенных Штатах: оценка возможностей и препятствий). National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 240 pp.
- Nielson, P., J.K. Lemming, P.E. Morthorst, H. Lawetz, E.A. James-Smith, N.E. Clausen, S. Strøm, J. Larsen, N.C. Bang, and H.H. Lindboe (2010).** *The Economics of Wind Turbines*. (Экономика ветровых турбин). EMD International, Aalborg, Denmark, 86 pp.
- Snyder, B., and M.J. Kaiser (2009).** *A comparison of offshore wind power development in Europe and the US: Patterns and drivers of development*. (Сравнение развития энергии ветра в прибрежной зоне в Европе и США: (Схемы и побуждающие факторы развития). Applied Energy, 86, pp. 1845-1856.
- UKERC (2010).** *Great Expectations: The Cost of Offshore Wind in UK Waters – Understanding the Past and Projecting the Future*. (Большие ожидания: стоимость энергии ветра в прибрежной зоне в водах СК – понимание прошлого и прогноз на будущее). United Kingdom Energy Research Centre, London, England, 112 pp.
- Wiser, R., and M. Bolinger (2010).** *2009 Wind Technologies Market Report*. (Доклад о рынке технологий энергии ветра 2009 г.). US Department of Energy, Washington, DC, USA, 88 pp.

## Тепло

### Биоэнергия

*Комментарий:* Дальнейшие ссылки в отношении стоимости оценивались в тексте главы 2. Они были использованы для перекрестного контроля надежности результатов мета-анализа на основе перечисленных здесь источников данных.

**Obernberger, I., and G. Thek (2004).** *Techno-economic evaluation of selected decentralised CHP applications based on biomass combustion in IEA partner countries.* (Технико-экономическая оценка выбранных децентрализованных применений КТЭ на основе сжигания биомассы в партнерских странах МЭА). BIOS Bioenergiesysteme GmbH, Graz, Austria, 87 pp.

**IEA (2007).** *Renewables for Heating and Cooling—Untapped Potential.* (Возобновляемые источники энергии для теплоснабжения и охлаждения - неиспользованный потенциал). International Energy Agency, Paris, France, 209 pp.

### Прямая солнечная энергия

**Chang, K.-C., W.-M. Lin, T.-S. Lee, and K.-M. Chung (2011).** *Subsidy programs on diffusion of solar water heaters: Taiwan's experience.* (Программы субсидирования по распространению солнечных водонагревателей). Energy Policy, 39, pp. 563-567.

**Han, J., A.P.J. Mol, and Y. Lu (2010).** *Solar water heaters in China: A new day dawning.* (Солнечные водонагреватели в Китае: начало нового дня). Energy Policy, 38(1), pp. 383-391.

**Harvey, L.D.D. (2006).** *A Handbook on Low-Energy Buildings and District-Energy Systems: Fundamentals, Techniques and Examples.* (Справочник по зданиям с низким энергопотреблением и системам центрального энергоснабжения). Earthscan, Sterling, Virginia, USA, 701 pp.

**IEA (2007).** *Renewables for Heating and Cooling—Untapped Potential.* (Возобновляемые источники энергии для теплоснабжения и охлаждения - неиспользованный потенциал). International Energy Agency, Paris, France, 209 pp.

**Zhang, X., W. Ruoshui, H. Molin, and E. Martinot (2010).** *A study of the role played by renewable energies in China's sustainable energy supply.* (Исследование роли возобновляемых источников энергии в устойчивом энергоснабжении в Китае). Energy, 35(11), pp. 4392-4399.

### Геотермальная энергия

**Balcer, M. (2000).** *Infrastruktura techniczna zakladu geotermalnego w Mszczonowie (in Polish).* In: *Symposium on the Role of Geothermal Energy in the Sustainable Development of the Mazovian and Lodz Regions* (Rola energii geotermalnej w zrywnowazonym rozwoju regionow Mazowieckiego i Lodzkiego), Mineral and Energy Economy Research Institute, Polish Academy of Sciences, Cracow, Poland, 4-6 October 2000, pp. 107-114 (ISBN 83-87854-62-X).

**Lund, J.W. (1995).** *Onion dehydration.* (Дегидратация лука). Transactions of the Geothermal Resources Council, 19, pp. 69-74.

**Lund, J.W., and T.L. Boyd (2009).** *Geothermal utilization on the Oregon Institute of Technology campus, Klamath Falls, Oregon.* (Геотермальное использование в кампусе Орегонского института технологии, водопад Клатамат, Орегон). Proceedings of the 34th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, CA, USA (ISBN: 9781615673186).

**Radeckas, B., and V. Lukosevicius (2000).** *Klaipeda Geothermal demonstration project.* (Геотермальный показательный проект в Клайпеде). In: *Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, 28 May – 10 June 2000*, pp. 3547-3550 (ISBN: 0473068117). Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf/IGStandard/WGC/2000/R0237.PDF](http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGStandard/WGC/2000/R0237.PDF).

**Reif, T. (2008).** *Profitability analysis and risk management of geothermal projects.* (Анализ доходности и управление рисками геотермальных проектов). Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, 28(4), pp. 1-4. Available at: [geoheat.oit.edu/bulletin/bull28-4/bull28-4-all.pdf](http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull28-4/bull28-4-all.pdf).

## Виды биотоплива

*Комментарий:* Дальнейшие ссылки в отношении стоимости оценивались в тексте главы 2. Они были использованы для перекрестного контроля надежности результатов мета-анализа на основе перечисленных здесь источников данных.

### Ссылки общего характера

**Alfstad, T. (2008).** *World Biofuels Study: Scenario Analysis of Global Biofuels Markets.* (Исследование мировых видов биотоплива: Анализ сценариев глобальных рынков биотоплива). BNL-80238-2008, Brookhaven National Laboratory, New York, NY, USA, 67 pp.

**Bain, R.L. (2007).** *World Biofuels Assessment, Worldwide Biomass Potential: Technology Characterizations.* (Оценка видов биотоплива в мире. Мировой потенциал биомассы: Характеристики технологий). NREL/MP-510-42467, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 140 pp.

**Goldemberg, J. (1996).** *The evolution of ethanol costs in Brazil.* (Эволюция стоимости этанола в Бразилии). Energy Policy, 24(12), pp. 1127-1128.

**Hettinga, W.G., H.M. Junginger, S.C. Dekker, M. Hoogwijk, A.J. McAloon, and K.B. Hicks (2009).** *Understanding the reductions in US corn ethanol production costs: An experience curve approach.* (Понимание сокращения затрат на производство этанола из кукурузы в США: Подход с использованием кривой освоения производства). Energy Policy, 37(1), pp. 190-203.

**Kline, K.L., G. Oladosu, A. Wolfe, R.D. Perlack, and M. McMahon (2007).** *Biofuel Feedstock Assessment for Selected Countries.* (Оценка сырья для биотоплива в выбранных странах). ORNL/TM-2007/224, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 243 pp.

### Ссылки на производство этанола из кукурузы

**Delta-T Corporation (1997).** *Proprietary information.* (Конфиденциальная информация). Williamsburg, VA, USA.

**Ibsen, K., R. Wallace, S. Jones, and T. Werpy (2005).** *Evaluating Progressive Technology Scenarios in the Development of the Advanced Dry Mill Biorefinery.* (Оценка сценариев прогрессивной технологии в развитии современной мельницы сухого помола для переработки биомассы). FY05-630, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA.

**Jechura, J. (2005).** *Dry Mill Cost-By-Area: ASPEN Case Summary.* (Стоимость мельницы сухого помола в зависимости от района: Резюме примера ASPEN). National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 2 pp.

**McAloon, A., F. Taylor, W. Lee, K. Ibsen, and R. Wooley (2000).** *Determining the Cost of Producing Ethanol from Corn Starch and Lignocellulosic Feedstocks.* (Определение затрат на производство этанола из кукурузного крахмала и

лигноцеллюлозного сырья). NREL/TP-580-28893, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 43 pp.

**RFA (2011).** *Biorefinery Plant Locations*. (Местонахождение заводов по переработке биомассы). Renewable Fuels Association (RFA), Washington, DC, USA. Available at: [www.ethanolrfa.org/bio-refinery-locations/](http://www.ethanolrfa.org/bio-refinery-locations/).

**University of Illinois (2011).** *farmdoc: Historical Corn Prices*. (Исторические цены на кукурузу). University of Illinois, Urbana, IL, USA. Available at: [www.farmdoc.illinois.edu/manage/pricehistory/price\\_history.html](http://www.farmdoc.illinois.edu/manage/pricehistory/price_history.html).

### Ссылки на производство этанола из пшеницы

**Kline, K., G. Oladosu, A. Wolfe, R. Perlack, V. Dale and M. McMahon (2007).** *Biofuel feedstock assessment for selected countries* (Оценка сырья для биотоплива в выбранных странах), ORNL/TM-2007/224, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 243 pp.

**Shapouri, H., and M. Salassi (2006).** *The Economic Feasibility of Ethanol Production in the United States*. (Экономическая осуществимость производства этанола в Соединенных Штатах). US Department of Agriculture, Washington, DC, USA, 69 pp.

**USDA (2007).** *Wheat Data: Yearbook Tables*. (Данные о пшенице: Таблицы ежегодника). Economic Research Service, US Department of Agriculture (USDA), Washington, DC, USA.

### Ссылки на производство из сахарного тростника

**Bohmann, G.M., and M.A. Cesar (2006).** *The Brazilian opportunity for biorefineries*. (Бразильская возможность для заводов по переработке биомассы). *Industrial Biotechnology*, 2(2), pp. 127-132.

**Oliverio, J.L. (2006).** *Technological evolution of the Brazilian sugar and alcohol sector: Dedin's contribution*. (Технологическая эволюция Бразильского сектора по производству сахара и спирта: вклад компании Дедини). *International Sugar Journal*, 108(1287), pp. 120-129.

**Oliverio, J.L., and J.E. Riberio (2006).** *Cogeneration in Brazilian sugar and bioethanol mills: Past, present and challenges*. (Сопутствующее производство сахара и биоэтанола на заводах в Бразилии). *International Sugar Journal*, 108(191), pp. 391-401.

**Rosillo-Calle, F., S.V. Bajay, and H. Rothman (2000).** *Industrial Uses of Biomass Energy: The Example of Brazil*. (Промышленное использование энергии биомассы на примере Бразилии). Taylor & Francis, London, UK.

**van den Wall Bake (2006).** *Cane as Key in Brazilian Ethanol Industry*. (Тростник в качестве ключевого фактора в Бразильском производстве этанола). Master's Thesis, NWS-1-2006-14, University of Utrecht, Utrecht, The Netherlands.

**van den Wall Bake, J.D., M. Junginger, A. Faaij, T. Poot, and A. Walter (2009).** *Explaining the experience curve: Cost reductions of Brazilian ethanol from sugarcane*. (Объяснение кривой освоения производства. Уменьшение стоимости производства Бразильского этанола из сахарного тростника). *Biomass and Bioenergy*, 33(4), pp. 644-658.

### Ссылки на производство биодизельного топлива

**Chicago Board of Trade (2006).** *CBOT® Soybean Crush Reference Guide*. (Справочное руководство Чикагского торгового совета по отжиму соевого масла). Board of Trade of the City of Chicago, Chicago, IL, USA.

**Haas, M.J., A.J. McAloon, W.C. Yee, and T.A. Foglia (2006).** *A process model to estimate biodiesel production costs*. (Модель процесса для оценки стоимости производства биодизеля). *Bioresource Technology*, 97(4), pp. 671-678.

**Sheehan, J., V. Camobreco, J. Duffield, M. Graboski, and H. Shapouri (1998).** *Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus*. (Перечень жизненных циклов биодизельного и бензинового дизельного топлива для использования в городском автобусе). NREL/SR-580-24089. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA.

### Ссылки на производство масла путем пиролиза

**Ringer, M., V. Putsche, and J. Scahill (2006).** *Large-Scale Pyrolysis Oil Production: A Technology Assessment and Economic Analysis*. (Крупномасштабное производство топлива путем пиролиза: оценка технологии и экономический анализ). TP-510-37779, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 93 pp.

«Смягчение воздействий на изменение климата является одним из основных вызовов XXI века. Преобразование нашей глобальной энергетической системы в такую систему, которая поддерживала бы использование значительной доли энергии из возобновляемых источников, может являться неотъемлемой частью ответа человечества на этот вызов. Настоящий доклад обеспечивает важную основу для такого преобразования».

*– Хартмут Грасл, бывший директор Всемирной программы исследований климата, Институт метеорологии им. Макса Планка*

«Настоящий доклад представляет собой всеобъемлющий и авторитетный вклад в дискуссию о том, смогут ли возобновляемые источники энергии решить проблему климата экономически привлекательным способом. Он представляет собой структурный план для дальнейшего развития сектора возобновляемых источников энергии, и в нем четко обозначена роль этого сектора в смягчении воздействий на изменение климата».

*– Джеффри Хил, Колумбийская школа бизнеса, Колумбийский университет*

«Возобновляемые источники энергии и технологии расширения их использования обеспечивают основной источник энергии для решения многочисленных проблем в области национальной и глобальной устойчивости для всех. Этот доклад имеет неоценимое значение для XXI века».

*– Томас Б. Йоханссон, Университет Лунда, Швеция, и Глобальная энергетическая оценка, МИПСА*

«МГЭИК предоставила нам хорошо проработанную, тщательно представленную оценку расходов, рисков и возможностей возобновляемых источников энергии. Она предоставляет систематический анализ и научную оценку текущих знаний об одном из наиболее многообещающих вариантов сокращения выбросов парниковых газов и смягчения воздействий на изменение климата».

*– Лорд Николас Стерн, профессор экономики и государственного управления, кафедра им. И. Г. Пателя, Лондонская школа экономики и политологии*

«Возобновляемые источники энергии могут являться движущей силой для глобального устойчивого развития. Настоящий Специальный доклад выходит в свет в подходящий момент и содержит идеи и рекомендации для решительного содействия изменению нашего промышленного метаболизма».

*– Клаус Тёпфер, ИАСС Потсдам – Институт углубленных исследований устойчивости*

«Возможно, существует несколько способов для достижения низкоуглеродной экономики, но ни один путь не был так глубоко и всесторонне исследован, как диапазон возможных вкладов со стороны возобновляемых источников энергии в достижение цели, содержащейся в настоящем Специальном докладе МГЭИК».

*– Джон П. Уэйант, Стэнфордский университет*

**И**зменение климата является одним из основных вызовов XXI века. Его наиболее тяжелые последствия можно еще избежать, если будут предприняты усилия для преобразования текущих энергетических систем. Возобновляемые источники энергии обладают большим потенциалом для замещения выбросов парниковых газов, происходящих в результате сжигания ископаемого топлива, и тем самым для смягчения воздействий на изменение климата. При правильном внедрении возобновляемые источники энергии могут внести вклад в социально-экономическое развитие, предоставление доступа к энергии, обеспечение надежного и устойчивого энергоснабжения, а также снижение негативного воздействия энергопоставок на окружающую среду и здоровье человека.

Настоящий Специальный доклад по возобновляемым источникам энергии и смягчению воздействий на изменение климата (СДВИЭ) содержит беспристрастную оценку научной литературы по потенциальной роли возобновляемых источников энергии в деле смягчения воздействий на изменение климата для лиц, определяющих политику, частного сектора, академических исследователей и гражданского общества. Он охватывает шесть видов возобновляемых источников энергии — биоэнергию, прямую солнечную энергию, геотермальную энергию, гидроэнергию, энергию океана и энергию ветра, а также их интеграцию в настоящие и будущие энергетические системы. В нем рассматриваются экологические и социальные последствия, связанные с внедрением таких технологий, а также представлены стратегии по преодолению препятствий как технического, так и не технического характера на пути их внедрения и распространения. Авторы также сопоставляют среднюю стоимость энергии, получаемой из возобновляемых источников, с недавними затратами на энергию, получаемую из невозобновляемых источников.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) — ведущий международный орган по оценке изменения климата. Она была учреждена Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) и Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО), с тем чтобы предоставить миру четкую научную точку зрения на современное состояние знаний об изменении климата и его потенциальных экологических и социально-экономических последствиях.

Полный текст Специального доклада публикуется издательством Кембридж юниверсити пресс ([www.cambridge.org](http://www.cambridge.org)), а электронную версию можно найти на веб-сайте Секретариата МГЭИК ([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)) или получить на компакт-диске из Секретариата МГЭИК. Настоящая брошюра содержит Резюме для политиков и Техническое резюме доклада.